

Syllabus Titre d'Ingénieur

Semestre

Nom du semestre

Semestre 7

Code du semestre

IGENI-M-S07

UE et EC du semestre

IGENI-UE0701

Conception et propriétés des systèmes

IGENI-EC0711

Conception mécanique

IGENI-EC0712

Relations structure propriétés 1

IGENI-UE0702

Mécanique et fabrication

IGENI-EC0721

Introduction à la méthode des Eléments Finis

IGENI-EC0722

Vibrations des structures

IGENI-EC0723

Procédés de mise en forme

IGENI-UE0703

Conduite des systèmes industriels

IGENI-EC0731

Recherche et optimisation combinatoire: modèles et méthodes

IGENI-EC0732

Evaluation des performances

IGENI-EC0733

Gestion de production par la méthode MRP

IGENI-EC0734

Asservissement continu : méthodes fréquentielles

IGENI-EC0735

Robotique industrielle

IGENI-UE0704

Instrumentation des systèmes

IGENI-EC0741

Informatique industrielle (micro contrôleur)

IGENI-EC0742

Electronique de mesure

IGENI-EC0743

Conversion statique de l'énergie électrique 1

IGENI-EC0744

Modélisation des systèmes mécatroniques

IGENI-UE0705

Langues

IGENI-EC0751

Anglais des Affaires

IGENI-EC0753

Anglais - Préparation au test TOEIC

IGENI-EC0752ES

Langue vivante 2 Espagnol

IGENI-ECLV2AL

Langue vivante 2 Allemand

IGENI-ECLV2CH

Langue vivante 2 Chinois

IGENI-ECLV2IT

Langue vivante 2 Italien

IGENI-UE0706

Sciences Economiques et Sociales

IGENI-EC0761

Entreprendre

IGENI-EC0762

Gestion des coûts

Syllabus Titre d'Ingénieur

IGENI-UE0707GM

IGENI-EC0771GM

IGENI-EC0772GM

IGENI-EC0773GM

IGENI-EC0774GM

IGENI-EC0775GM

IGENI-EC0778GM

IGENI-EC0779GM

Option Génie Mécanique

Structures composites

Mécanique de la rupture

Transmission de puissance

Conception avancée

Usinage haute performance

Métrologie

Procédés d'obtention directe par fonderie et fabrication additive

IGENI-UE0707MP

IGENI-EC0771MP

IGENI-EC0772MP

IGENI-EC0773MP

IGENI-EC0774MP

IGENI-EC0775MP

Option Génie des Matériaux de Structure et Procédés

Traitements thermiques superficiels

Procédés de coulée et fonderie

Procédés de traitements de surfaces

Mise en forme des polymères et des composites organiques

Métallurgie de la mise en forme

IGENI-UE0707TP

IGENI-EC0771TP

IGENI-EC0772TP

IGENI-EC0773TP

IGENI-EC0774TP

Option Bâtiment et Travaux Publics

Mécanique des sols

Méthodes de construction - DAO

Construction métallique

Béton armé

IGENI-UE0707SI

IGENI-EC0771SI

IGENI-EC0773SI

IGENI-EC0774SI

IGENI-EC0775SI

IGENI-EC0776SI

IGENI-EC0777SI

Option Conception des Systèmes Intégrés

Capteurs logiciels

Traitement du signal 1

Réseaux et transmission de l'information numérique, Instrumentation Intelligente

Ingénierie d'intégration des systèmes

Asservissement numérique

Commande des machines et des convertisseurs

IGENI-UE0707GI

IGENI-EC0771GI

IGENI-EC0772GI

IGENI-EC0773GI

Option Génie Industriel

Recherche et optimisation combinatoire : algorithmes avancés et applications

Evaluation des performances

MRP avancé, juste à temps et lean

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

| | |
|----------------------------|--------------|
| Code UE | IGENI-UE0701 |
| Crédits ECTS | 4 |
| Coefficient interne à l'UE | 3,9 |

Présentation de l'UE

| | |
|-----------------------------|---|
| Nom de l'UE | CONCEPTION ET PROPRIETES DES SYSTEMES INDUSTRIELS |
| Nom(s) du/des enseignant(s) | |

| Volume Horaire/Format | Format | Heures |
|-----------------------|---------------------|------------------|
| | CM | 17 H |
| | TD | 42 H |
| | TP | 0 H |
| | Projet encadré | 0 H |
| | Projet en autonomie | 0 H |
| | Total | 59 heures |

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Thèmes et Objectifs de la formation visés

Principaux thèmes abordés

- Démarche de conception de systèmes mécaniques en contexte industriel
- Analyse fonctionnelle et élaboration de cahiers des charges
- Choix technologiques et modélisation de systèmes mécaniques
- Sélection et utilisation de matériaux métalliques et polymères
- Relations entre structure, propriétés mécaniques et thermiques des matériaux
- Intégration des matériaux dans la conception en tenant compte de critères de durabilité, recyclabilité et éco-responsabilité

Principaux objectifs généraux visés

- Savoir conduire un projet de conception mécanique de manière structurée, depuis l'expression du besoin jusqu'à la présentation de la solution retenue.
- Être capable d'analyser les propriétés mécaniques et thermiques de matériaux métalliques et polymères, en lien avec leur structure, afin de faire des choix de matériaux adaptés à un cahier des charges.
- Intégrer une démarche de conception éco-responsable, prenant en compte la recyclabilité des matériaux et leur impact environnemental.
- Développer des compétences transversales en communication technique, modélisation numérique et analyse fonctionnelle.

Acquis d'apprentissage visés

Compétence(s)

Compétence principale :

À l'issue de l'UE, les étudiants seront en mesure, dans un contexte de projet de conception mécanique industrielle, de concevoir un système mécanique répondant à un cahier des charges fonctionnel, en montrant qu'ils sont capables d'intégrer les contraintes fonctionnelles, techniques et environnementales, et de formaliser leur travail sous forme de livrables professionnels.

Compétence complémentaire 1 :

À l'issue de l'UE, les étudiants seront en mesure, lorsqu'ils doivent sélectionner des matériaux pour un système mécanique, de justifier leurs choix en s'appuyant sur l'analyse des relations structure-propriétés des alliages métalliques et polymères, en montrant qu'ils maîtrisent les fondamentaux de la science des matériaux appliquée à la conception.

Compétence complémentaire 2 :

À l'issue de l'UE, les étudiants seront en mesure, lors de la phase de développement de produit, de proposer des solutions éco-responsables en matière de conception et de choix de matériaux, en montrant leur capacité à intégrer les enjeux de durabilité et de recyclabilité dans la conception de systèmes industriels.

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

| | |
|----------------------------|--------------|
| Code EC | IGENI-EC0711 |
| Code UE | IGENI-UE0701 |
| Coefficient interne à l'EC | 2,1 |

| | |
|---------------------------|---------|
| Coordinateur ENIT de l'EC | JP Faye |
|---------------------------|---------|

Présentation de l'EC

| | |
|-----------------------------|--|
| Nom de l'EC | Conception mécanique |
| Nom(s) du/des enseignant(s) | Jean-Pierre Duclos, Jean-Pierre Faye, Florian Leclert, Bernard Lorrain, Amevi Tongne |

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

Acquis d'apprentissage visés

| | |
|---------------|--|
| Compétence(s) | <p>A l'issue de cet enseignement, l'étudiant doit être capable de mettre en œuvre la démarche de projet de conception mécanique sur un thème industriel, jusqu'à la concrétisation du système retenu.</p> <p><i>At the end of this course, the student must be able to implement the mechanical design project approach on an industrial theme until the selected system is implemented.</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 | <p>Savoir élaborer la conception d'un système mécanique, depuis l'analyse du besoin avec le client : analyse fonctionnelle, cahiers des charges... jusqu'aux dessins d'ensembles, note de calculs, livrables demandés, rapport d'étude et soutenance finale. Une attention toute particulière est portée sur l'utilisation de matériaux éco-responsables avec un grand souci pour les aspects de recyclabilité</p> <p><i>Know how to develop the design of a mechanical system, from the analysis of the need with the client: functional analysis, specifications, etc. to detailed drawings, deliverables, study report and final defense. Particular attention is paid on the use of eco-responsible materials with a great attention to recyclability aspects</i></p> |
| Contenus | <p>Analyse du besoin : cahier des charges préparatoire - cahier des charges fonctionnel - Recherche de solutions et choix technologiques. Pré définition du modèle géométrique, pré dimensionnement (actionneurs, guidages...), choix de composants standards. Création de la maquette numérique et soutenance de projet</p> <p><i>Analysis of the need: preparatory specifications - functional specifications</i> <i>Search for solutions, choice.</i> <i>Pre-definition of the geometric model.</i> <i>Pre-dimensioning (actuators, guides...)</i> <i>Choice of standard components</i> <i>Creation of the digital model</i> <i>Project support</i></p> |
| Méthodes et/ou moyens pédagogiques | <p>Après une courte présentation générale de la formation, élaboration des cahiers des charges préparatoire et fonctionnel, par binômes. Un projet retenu pour l'ensemble de la promotion est choisi par les enseignants avant le démarrage de la formation.</p> <p>La recherche de solutions débutera par binôme, puis la formation de groupes de 5 à 6 étudiants permettra d'engager les phases de conception et de dimensionnement du projet retenu.</p> <p><i>After a short general presentation of the course, preparatory and functional specifications are drawn up in pairs. A project for the entire class is chosen by the teaching staff before the start of the course.</i> <i>The search for solutions begins in pairs, then groups of 5 or 6 students are formed to begin the design and dimensioning phases of the selected project.</i></p> |

Prérequis pour l'EC

| | |
|------------------|--|
| Prérequis | <p>Construction mécanique, statique, cinématique, dynamique, résistance des matériaux des semestres précédents</p> <p><i>Mechanical engineering, static, kinematics, dynamics, strength of materials from previous semesters</i></p> |
|------------------|--|

Travail personnel hors présentiel

| | |
|------------------------|--|
| Volume horaire | <p>Cliquez ici et entrez le nombre d'heures de travail personnel 4 à 8 Heures</p> |
| Type de travail | <p>Préparation de la soutenance finale et rédaction d'un rapport pour le groupe d'étude</p> <p><i>Preparation of the final presentation and drafting of a report for the study group</i></p> |

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Ressources bibliographiques

L Fanchon : Guide des sciences et technologies industrielles (Edition Nathan) _A Chevalier : Guide du dessinateur industriel (Edition Hachette)

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

| | |
|----------------------------|--------------|
| Code EC | IGENI-EC0712 |
| Code UE | IGENI-UE0701 |
| Coefficient interne à l'EC | 1,8 |

| | |
|---------------------------|-----------------|
| Coordinateur ENIT de l'EC | Yannick BALCAEN |
|---------------------------|-----------------|

Présentation de l'EC

| | |
|-----------------------------|----------------------------------|
| Nom de l'EC | Relations structure propriétés 1 |
| Nom(s) du/des enseignant(s) | Yannick BALCAEN, Valérie NASSIET |

| Volume Horaire/Format | Format | Heures |
|--------------------------|---------------------|------------------|
| | CM | 17 H |
| | TD | 10 H |
| | TP | H |
| | Projet encadré | H |
| | Projet en autonomie | H |
| | Total | 27 heures |

Acquis d'apprentissage visés

| | |
|---------------|--|
| Compétence(s) | <p>Matériaux métalliques :</p> <p>Dans cette première partie de l'enseignement (cf. relation structure propriétés 2, le semestre suivant), seront abordées les propriétés mécaniques, en chargements statiques, et à température ambiante, des alliages métalliques ferreux et non ferreux en fonction de leur état microstructural.</p> <p>A l'issue de cet enseignement, l'étudiant devra être en mesure d'identifier les mécanismes de durcissement des alliages industriels, et de mettre en œuvre les mécanismes qui lui sont accessibles pour satisfaire un cahier des charges</p> |
| | <p>Matériaux polymères</p> <p>L'objectif central est de relier les propriétés mécaniques (module viscosité, contrainte, énergie dissipée, ...) en chargement statique (fluage, relaxation) et dynamique ainsi que les propriétés thermiques des polymères à leurs structures. La structure sera déclinée en termes de morphologie, de fonctions chimiques, d'agencement des séquences chimiques dans une macromolécule.</p> |
| | <p><i>Metallic materials:</i></p> <p><i>In this first part of the course (see structure-properties relationship 2, next semester), the mechanical properties of ferrous and non-ferrous metallic alloys under static loading and at room temperature will be discussed, depending on their microstructural state. At the end of this course, students should be able to identify the hardening mechanisms of industrial alloys, and to implement the mechanisms available to them to meet specifications</i></p> |
| | <p><i>Polymer materials</i></p> <p><i>The central objective is to link the mechanical properties (viscosity modulus, stress, dissipated energy, etc.) under static (creep, relaxation) and dynamic loading, as well as the thermal properties of polymers to their structures. Structure will be defined in terms of morphology, chemical functions and the arrangement of chemical sequences in a macromolecule.</i></p> |

Modalités d'évaluation

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

Langue d'enseignement

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

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Objectifs de la formation visés

Objectifs généraux

Alliages métalliques :

Les étudiants disposeront d'une part d'un aperçu des techniques de caractérisation des propriétés mécaniques des alliages métalliques, d'autre part du détail des mécanismes de durcissement des matériaux métalliques. Ils sauront ainsi mettre en œuvre les alliages métalliques, et pourront choisir pertinemment parmi ceux à leur disposition

Polymères :

Les étudiants disposeront des connaissances nécessaires pour comprendre la structure chimique des moléculaires et leur arrangement supramoléculaire afin de pouvoir choisir un grade de polymère suivant la propriété mécanique ou thermique recherchée. Ils disposeront aussi d'outils de calcul pour la prédiction de la valeur de certaines paramètres matériau à partir de la structure chimique du polymère.

Metal alloys:

Students will gain an overview of techniques for characterizing the mechanical properties of metal alloys, as well as a detailed understanding of the hardening mechanisms of metallic materials. They will then know how to use metal alloys, and will be able to make the right choice from among those available to them.

Polymers:

Students will have the knowledge needed to understand the chemical structure of molecules and their supramolecular arrangement, so as to be able to choose a grade of polymer according to the mechanical or thermal property required. They will also have access to calculation tools for predicting the value of certain material parameters from the polymer's chemical structure.

Contenus

Alliages métalliques (11h de cours) :

Chapitre 1 : Caractérisation des propriétés mécaniques des matériaux métalliques (3h)

- Rappels et compléments autour de l'essai de traction
- Précisions et méthodes de choix des essais de dureté
- Intérêt des essais de résilience par choc Charpy

Chapitre 2 : Étude des mécanismes de durcissement (6h)

- Mécanismes de déformation des alliages métalliques,
- Comportement des polycristaux métalliques,
- Effets microstructuraux et mécaniques des solutions solides,
- Mécanismes de précipitation et effet sur les propriétés mécaniques
- Transformations massives et martensitique

Chapitre 3 : Application aux alliages métalliques courants (2h)

Polymères (Cours 6h)

Partie 1 : Rappels et compléments sur la chimie de polymérisation, l'organisation spatiale des macromolécules thermoplastiques et thermodurcissables et les raisons thermodynamiques et chimique de ces organisations

Partie 2 : Par raisonnement structure-propriétés, Rôle de la chimie et de l'agencement spatiale des molécules sur un ensemble de propriétés mécaniques dont la définition et les techniques de mesure sont travaillés.

Partie 3 : Même approche pour les propriétés thermiques des polymères.

Metal alloys (11h course) :

Chapter 1: Characterization of mechanical properties of metallic materials (3h)

- Reminders and complements on tensile testing
- Details and methods for selecting hardness tests
- The benefits of Charpy impact resilience testing

Chapter 2: Study of hardening mechanisms (6h)

- Deformation mechanisms of metal alloys,
- Behavior of metallic polycrystals,
- Microstructural and mechanical effects of solid solutions,
- Precipitation mechanisms and effect on mechanical properties
- Mass and martensitic transformations

Chapter 3: Application to common metal alloys (2h)

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

| | |
|------------------------------------|--|
| | <p><i>Polymers (6h lecture)</i></p> <p><i>Part 1: Reminders and supplements on polymerization chemistry, the spatial organization of thermoplastic and thermosetting macromolecules and the thermodynamic and chemical reasons for these organizations.</i></p> <p><i>Part 2: Using structure-property reasoning, the role of chemistry and the spatial arrangement of molecules on a set of mechanical properties whose definition and measurement techniques are worked on.</i></p> <p><i>Part 3: Same approach for thermal properties of polymers.</i></p> |
| Méthodes et/ou moyens pédagogiques | <p>Alliages métalliques : À la suite du cours magistral, les étudiants travaillent sur deux familles d'alliages communs lors de deux séances de travaux dirigés. La troisième séance est une mise en situation autour de deux alliages spécifiques.</p> <p>Polymères : Les étudiants s'exercent sur la mise en œuvre des concepts et outils travaillés en cours magistral sous forme de travaux dirigés pendant deux séances de deux heures.</p> <p>Metal alloys : <i>Following the lecture, students work on two common alloy families in two tutorials. The third session focuses on two specific alloys.</i></p> <p>Polymers: <i>Students work on the application of the concepts and tools worked on in the lecture in the form of two two-hour tutorials.</i></p> |

Prérequis pour l'EC

| | |
|------------------|--|
| Prérequis | <p>Enseignements de science des matériaux S3 (IGENI-EC0323), S4 (IGENI-EC0434) et S5 (IGENI-EC0531)</p> <p>Enseignements de science des matériaux S4 (IGENI-EC0434), matériaux composites à matrice organique (IGENI-EC0532)</p> <p><i>Materials science courses S3 (IGENI-EC0323), S4 (IGENI-EC0434) and S5 (IGENI-EC0531)</i></p> <p><i>Material science courses S4 (IGENI-EC0434), organic matrix composites (IGENI-EC0532)</i></p> |
|------------------|--|

Travail personnel hors présentiel

| | |
|------------------------|---|
| Volume horaire | 6 à 8 Heures |
| Type de travail | <p>Les étudiants apprendront le cours magistral, et pourront s'exercer sur des annales d'examens en libre accès.</p> <p><i>Students will learn from lectures, and will be able to practice on freely-available exam papers.</i></p> |

Ressources bibliographiques

- Précis de métallurgie, Par BARRALIS et MAEDER ; éd. Nathan-AFNOR ; 2005, ISBN 978-2-12-260131-0
- Éléments de métallurgie physique, tomes 3, 4 et 5, Par ADDA, DUPOUY, PHILIBERT, et QUERE ; éd. CEA ; 1978, ISBN 2-7272-0008-0
- Aide-mémoire - Transformation des matières plastiques, Auteur [Michel Biron](#), Edition DUNOD
- Précis de matières plastiques : Structures-propriétés, mise en œuvre, normalisation, Auteurs : Jean-Pierre Trotignon, A. Dobraczinsky, M. Piperaud, J. Verdu, Edition Nathan
- Présentation matériaux industriels, matériaux polymères, Auteur Carrega Marc, Editeur : Dunod
- Matériaux polymères : propriétés mécaniques et physiques, principe de mise en œuvre, Auteurs : Hans - Henning Kausch, Nicole Heymans, Christopher J. G. Plummer, Pierre Decroly, Collection : Traité des Matériaux, Edition : presses polytechniques et universités romandes

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

| | |
|----------------------------|--------------|
| Code UE | IGENI-UE0702 |
| Crédits ECTS | 4 |
| Coefficient interne à l'UE | 3,5 |

Présentation de l'UE

| | |
|-----------------------------|--|
| Nom de l'UE | MECANIQUE ET FABRICATION |
| Nom(s) du/des enseignant(s) | Foued Abroug Lionel Arnaud Maher Baili Olivier Dalverny Emmanuel De Luycker Jean-Pierre Faye Marina Fazzini Clement Keller Olivier Pantale Amevi Tongne |

| Volume Horaire/Format | Format | Heures |
|-----------------------|---------------------|--------------------|
| | CM | 19,5 H |
| | TD | 20 H |
| | TP | 13 H |
| | Projet encadré | 0 H |
| | Projet en autonomie | 0 H |
| | Total | 52,5 heures |

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Thèmes et Objectifs de la formation visés

Principaux thèmes abordés

Cette UE vise à fournir aux étudiants une base solide en ingénierie mécanique, en couvrant les aspects théoriques et pratiques de la mise en forme des métaux, de la MEF et de l'analyse des vibrations

This course aims to provide a solid grounding in mechanical engineering, covering theoretical and practical aspects of metal forming, FEM and vibration analysis.

Principaux objectifs généraux visés

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

- Connaître les différents procédés de mise en forme des métaux, tels que le forgeage, le laminage et l'emboutissage
- Connaître les fondements théoriques de la MEF
- Connaître les phénomènes vibratoires de base, notamment les vibrations libres, forcées et la résonance
- Savoir utiliser un outil informatique (CATIA V5) pour simuler les procédés de mise en forme
- Savoir réaliser des études linéaires simples en mécanique des solides et des structures, ainsi qu'en thermique, à l'aide d'un logiciel de MEF commercial comme Abaqus
- Savoir modéliser analytiquement des vibrations avec un modèle numérique simple (RdM7)

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

- *understand the various metal forming processes, such as forging, rolling and stamping*
- *understand the theoretical foundations of FEM*
- *be familiar with basic vibratory phenomena, in particular free and forced vibrations and resonance*
- *be able to use a computer tool (CATIA V5) to simulate forming processes*
- *be able to carry out simple linear studies in solid and structural mechanics, as well as in thermal engineering, using commercial FEM software such as Abaqus*
- *be able to model vibrations analytically using a simple numerical model (RdM7)*

Acquis d'apprentissage visés

Compétence(s)

À l'issue de cette UE, les étudiants seront en mesure, face à un problème d'ingénierie mécanique, de :

- Analyser le problème et identifier les procédés de mise en forme, les analyses de structure et les phénomènes vibratoires pertinents
- Sélectionner et appliquer les méthodes de calcul et les outils de simulation appropriés (CATIA V5, Abaqus, RdM7) pour modéliser et analyser le problème
- Interpréter les résultats des simulations et des calculs, en tenant compte des limites des modèles utilisés
- Proposer des solutions techniques optimisées en intégrant les aspects de mise en forme, de résistance des matériaux et de comportement vibratoire
- Communiquer efficacement leurs résultats et leurs recommandations, à l'oral comme à l'écrit, en utilisant un langage technique précis et adapté à l'auditoire
-

At the end of this course, students will be able, when faced with a mechanical engineering problem, to :

- *Analyze the problem and identify the relevant forming processes, structural analyses and vibratory phenomena.*
- *Select and apply appropriate calculation methods and simulation tools (CATIA V5, Abaqus, RdM7) to model and analyze the problem.*
- *Interpret simulation and calculation results, considering the limitations of the models used*
- *Propose optimized technical solutions, integrating aspects of shaping, strength of materials and vibratory behavior*
- *Communicate their results and recommendations effectively, both orally and in writing, using precise technical language adapted to the audience.*

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

| | |
|----------------------------|--------------|
| Code EC | IGENI-EC0721 |
| Code UE | IGENI-UE0702 |
| Coefficient interne à l'EC | 1,5 |

| | |
|---------------------------|----------------|
| Coordinateur ENIT de l'EC | Marina FAZZINI |
|---------------------------|----------------|

Présentation de l'EC

| | |
|-----------------------------|--|
| Nom de l'EC | Introduction à la méthode des Eléments Finis <i>Introduction to the Finite Element Method</i> |
| Nom(s) du/des enseignant(s) | Olivier DALVERNY Emmanuel DE LUYCKER Marina FAZZINI Clément KELLER Olivier PANTALE Amevi TONGNE |

| Volume Horaire/Format | Format | Heures |
|-----------------------|---------------------|------------------|
| | CM | 6 H |
| | TD | 6 H |
| | TP | 11 H |
| | Projet encadré | H |
| | Projet en autonomie | H |
| | Total | 23 heures |

Acquis d'apprentissage visés

| | |
|---------------|--|
| Compétence(s) | <p>A l'issue de cet enseignement, les étudiants seront en mesure de conduire des études linéaires simples (mécanique des solides et des structures, thermique) à travers, notamment, la validation du dimensionnement d'une structure de manière analogue à celle mise en œuvre dans un bureau d'études.</p> <p><i>At the end of this course, students will be able to carry out simple linear studies (solid and structural mechanics, thermics), in particular by validating the dimensioning of a structure in a way similar to that used in a design office.</i></p> |
|---------------|--|

Modalités d'évaluation

| | |
|----------------------|-----------------------------------|
| Formule d'évaluation | $(1 \cdot DS1 + 1 \cdot TP1) / 2$ |
|----------------------|-----------------------------------|

Langue d'enseignement

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

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Objectifs de la formation visés

| | |
|--|---|
| <p>Objectifs généraux</p> | <p>Connaître cette méthode de calcul numérique très utilisée en BE ou en centres de recherche Connaître en partie ses fondements théoriques Avoir un aperçu des applications possibles Pouvoir communiquer avec les spécialistes Savoir conduire des études linéaires simples avec un code de référence du commerce : Abaqus</p> <p><i>Be able to use this numerical calculation method, which is widely used in engineering departments and research centers.</i> <i>Be partially familiar with its theoretical foundations.</i> <i>Get an overview of possible applications.</i> <i>Be able to communicate with specialists.</i> <i>Know how to carry out simple linear studies using a commercial reference code: Abaqus.</i></p> |
| <p>Contenus</p> | <p>1 : Présentation de la méthode des éléments finis - Comparaison avec : différences finies, techniques sans maillage et éléments de frontière - Formulation variationnelle : principes de puissances virtuelles, des chaleurs virtuelles - Méthodes linéaires de résolution en statique, en thermique</p> <p>2 : Phases de calculs de la MEF - Préprocesseur, solveur et analyse des résultats - Vérification des simulations numériques - Illustration simplifiée par programmation avec Scilab</p> <p>3 : Travaux pratiques de modélisation numérique - Prise en main d'un code de calcul linéaire (Natrán/Patran) - Etapes de construction d'un modèle numérique - Maillage éléments finis</p> <p><i>1: Introduction to the finite element method</i> <i>- Comparison with: finite differences, meshless techniques and boundary elements</i> <i>- Variational formulation: principles of virtual power and virtual heat</i> <i>- Linear methods for static and thermal resolution</i></p> <p><i>2: FEM calculation phases</i> <i>- Preprocessor, solver and results analysis</i> <i>- Verification of numerical simulations</i> <i>- Simplified programming illustration with Scilab</i></p> <p><i>3: Practical work on numerical modeling</i> <i>- Getting to grips with a linear calculation code (Natrán/Patran)</i> <i>- Steps in building a numerical model</i> <i>- Finite element mesh</i></p> |
| <p>Méthodes et/ou moyens pédagogiques</p> | <p>Les étudiants disposent d'une copie des supports de cours de type powerpoint et du fascicule de TD (imprimée et en accès libre sur moodle). Les sujets de TP sont disponibles sur Moodle. Les TD et TP sont réalisés en bureau d'étude à l'aide des logiciels Scilab et Abaqus</p> <p><i>Students are provided with a copy of the PowerPoint-type course material and the TD booklet (printed and freely available on Moodle). Practical exercises are available on Moodle.</i> <i>TD and TP are carried out in the design office using Scilab and Abaqus software.</i></p> |

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Prérequis pour l'EC

| | |
|------------------|---|
| Prérequis | Base de la mécanique des milieux continus, de thermique <i>Basics of continuum mechanics, thermics</i> |
|------------------|---|

Travail personnel hors présentiel

| | |
|------------------------|--|
| Volume horaire | 6 Heures |
| Type de travail | Révision et préparation de rapport <i>Revision and report preparation</i> |

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Ressources bibliographiques

The finite element method, O.C. Zienkiewicz, Mac Graw Hill

Une présentation de la méthode des éléments finis, G. Daht, G. Touzot, Maloine Editeur

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

| | |
|----------------------------|--------------|
| Code EC | IGENI-EC0722 |
| Code UE | IGENI-UE0702 |
| Coefficient interne à l'EC | 1,2 |

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

Présentation de l'EC

| | |
|-----------------------------|--|
| Nom de l'EC | Vibrations des structures <i>Vibrations of structures</i> |
| Nom(s) du/des enseignant(s) | Lionel ARNAUD, Jean-Pierre FAYE |

| Volume Horaire/Format | Format | Heures |
|-----------------------|---------------------|--------------------|
| | CM | 7,5 H |
| | TD | 8 H |
| | TP | 2 H |
| | Projet encadré | H |
| | Projet en autonomie | H |
| | Total | 17,5 heures |

Acquis d'apprentissage visés

| | |
|---------------|---|
| Compétence(s) | <p>À l'issue de cet EC, les étudiants seront capables dans une situation concrète de vibrations, de modéliser analytiquement avec un modèle numérique simple (utilisation de RdM7), d'identifier les modèles les plus adaptés et d'interpréter les résultats de leurs calculs analytiques et simulations numériques.</p> <p><i>At the end of this course, students will be able to model vibrations in a concrete situation, analytically with a simple numerical model (using RdM7), identify the most suitable models and interpret the results of their analytical calculations and numerical simulations.</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

| | |
|--|---|
| <p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Objectifs généraux</p> | <p>Connaître les phénomènes vibratoires de base : vibrations libres, vibrations forcées, résonance Apprendre à manipuler différents types de modélisation des systèmes soumis aux vibrations : analytique (1DDL, 2DDL, 1D, E.F.) Apprendre à comparer et critiquer la validité de différents modèles possibles pour un même système. Avoir appliqué tous ces concepts sur un cas d'étude choisi personnellement par chaque élève.</p> <p><i>Understand basic vibration phenomena: free vibrations, forced vibrations, resonance Learn to handle different types of modeling of systems subjected to vibration: analytical (1DDL, 2DDL, 1D, E.F.) Learn to compare and criticize the validity of different possible models for the same system. To have applied all these concepts to a case study chosen personally by each student.</i></p> |
| <p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Contenus</p> | <p>Séquence 1 : Systèmes discrets à un degré de liberté (2h cours + 2h TD) - Équation de la dynamique, vibration libre (avec conditions initiales), fréquence propre. - Vibrations forcées, Facteur d'Amplification Dynamique</p> <p>Séquence 2 : Systèmes discrets à 2 degrés de liberté ou plus (2h cours + 2h TD) - Équations couplées de la dynamique, analyse modale. - Réponse en vibrations libres et entretenues.</p> <p>Séquence 3 : Systèmes continus unidimensionnels avec quelques solutions analytiques (2h cours + 2h TD) - Vibrations de traction/compression des poutres droites : équations d'équilibre (avec conditions aux limites), modes propres - Vibrations transversales des poutres : analyse d'une solution simple (encastree-libre)</p> <p>Séquence 4 : Méthodes énergétiques afin d'obtenir des solutions numériques approchées : (2h cours + 2h TD) - Théorème de l'énergie cinétique et de l'énergie mécanique appliquée aux vibrations - Expression de l'énergie mécanique de structures élémentaires (masse, ressort, poutres). - Initiation à la méthode des Éléments Finis dans le cas des vibrations, et nature des approximations en jeu. Applications numériques en TP informatique.</p> <p>Sequence 1: Discrete systems with one degree of freedom (2h lecture + 2h TD) - Equation of dynamics, free vibration (with initial conditions), natural frequency - Forced vibration, Dynamic Amplification Factor</p> <p>Séquence 2: Discrete systems with 2 or more degrees of freedom (2h lecture + 2h TD) - Coupled equations of dynamics, modal analysis - Free and sustained vibration response. Free and sustained vibration response.</p> <p>Sequence 3: One-dimensional continuous systems with some analytical solutions (2h lecture + 2h TD) - Tension/compression vibrations of straight beams: equilibrium equations (with boundary conditions), eigenmodes - Transverse vibrations of beams: analysis of a simple solution (embedded-free)</p> <p>Sequence 4: Energy methods to obtain approximate numerical solutions: (2h lecture + 2h TD) - Theorem of kinetic energy and mechanical energy applied to vibrations - Expression of the mechanical energy of elementary structures (mass, spring, beams). - Introduction to the Finite Element Method in the case of vibrations, and the nature of the approximations involved. Numerical applications in computer simulation.</p> |
| <p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Méthodes et/ou moyens pédagogiques</p> | <p>Chaque élève choisit librement un sujet d'étude, et applique la démarche proposée à son cas d'étude.</p> <p><i>Each student is free to choose a subject for study, and applies the proposed approach to his or her case study.</i></p> |

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Prérequis pour l'EC

Prérequis

Travail personnel hors présentiel

Volume horaire

≈ 0h-2h-4h selon les élèves **Heures**

Type de travail

Rédaction d'un rapport
(parfois : réalisation de mesures dimensionnelles ou vibratoires, assisté par le professeur, sur le système qu'ils ont choisi d'étudier)

*Write a report
(sometimes: carrying out dimensional or vibratory measurements, assisted by the teacher, on the system they have chosen to study)*

Ressources bibliographiques

Essentiellement : moodle.enit.fr : plateforme de formation avec support de cours, exercices de révisions interactifs, et exemples de rapports, certains corrigés.

B. Drouin, J-M Senicourt : De la mécanique vibratoire à la méthode des éléments finis

R-W Clough, J Penzien : Dynamique des Structures

Christian Lalanne, Vibrations et chocs mécaniques, tomes 1-6.

B. Drouin, J-M. Senicourt. De la mécanique vibratoire classique à la méthode des éléments finis.

R-W. Clough, J. Penzien. Dynamique des Structures

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

| | |
|----------------------------|--------------|
| Code EC | IGENI-EC0723 |
| Code UE | IGENI-UE0702 |
| Coefficient interne à l'EC | 0,8 |

| | |
|---------------------------|-------------|
| Coordinateur ENIT de l'EC | Maher BAILI |
|---------------------------|-------------|

Présentation de l'EC

| | |
|-----------------------------|----------------------------|
| Nom de l'EC | Procédés de mise en forme |
| Nom(s) du/des enseignant(s) | Maher BAILI - Foued ABROUG |

| 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 l'EC, les étudiants seront capables :</p> <ul style="list-style-type: none"> - d'identifier les pièces obtenues par forge libre, estampage ou matriçage, - estimer les efforts de forgeage des différentes opérations élémentaires ainsi que leurs coûts respectifs, - concevoir une matrice optimale pour la réalisation de la pièce finie par le procédé d'estampage ou de matriçage. |
| | <p>At the end of the course, students will be able to:</p> <ul style="list-style-type: none"> - identify parts produced by open-die forging, die forging, or impression-die forging, - define and identify all the basic open-die forging operations required to produce the preform of the final part, in the most optimal order possible, - estimate the forging forces for the various basic operations as well as their respective costs, - design an optimal die for manufacturing the finished part using the die forging or impression-die forging process. |

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

- Identifier un certain nombre de pièces obtenues par forge libre, estampage ou matriçage parmi celles obtenues par les procédés conventionnels,
 - Définir et désigner toutes les opérations élémentaires de forge libre permettant de réaliser l'ébauche de la pièce finale, dans un ordre, le plus optimal possible,
 - Estimer les efforts de forgeage des différentes opérations élémentaires ainsi que leurs coûts respectifs,
 - Concevoir une matrice optimale pour la réalisation de la pièce finie par le procédé d'estampage ou de matriçage.
-
- *identify parts produced by open-die forging, die forging, or impression-die forging among those made using conventional processes,*
 - *define and identify all the basic open-die forging operations required to produce the preform of the final part, in the most optimal order possible,*
 - *estimate the forging forces for the various basic operations as well as their respective costs,*
 - *Design an optimal die for manufacturing the finished part using the die forging or impression-die forging process.*

Contenus

Cours

- Cours 1 (2h) : Introduction, travaux des métaux en feuille par déformation plastique (pliage, emboutissage).
- Cours 2 (2h) : travaux des métaux par déformation dans la masse (laminage, forgeage).
- Cours 3 (2h) : travaux des métaux par déformation dans la masse (estampage, matriçage), présentation des différents engins de frappe.

TD

- TD 1 (3h) : choix de la pièce, proposition des opérations élémentaires de forge libre.
- TD 2 (3h) : conception et modélisation de la matrice optimale.

Lecture Courses

- *Lecture 1 (2h): Introduction; sheet metal forming by plastic deformation (bending, deep drawing).*
- *Lecture 2 (2h): Bulk metal forming processes (rolling, forging).*
- *Lecture 3 (2h): Bulk metal forming processes (die forging, impression-die forging); presentation of different forging machines.*

Tutorials (TD)

- *Tutorial 1 (3h): Selection of the part; proposal of basic open-die forging operations.*
- *Tutorial 2 (3h): Design and modeling of the optimal die.*

Méthodes et/ou moyens pédagogiques

~
~
~

Le cours est magistral.

Les TD sont réalisés en s'appuyant sur une feuille de route : chaque binôme travaille sur une pièce différente qu'il a préalablement choisie et validée avec l'enseignant tout en suivant une procédure établie.

~
~

The course is lecture-based.

The tutorials are carried out using a roadmap: each pair of students works on a different part that they have previously selected and validated with the instructor, while following an established procedure.

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Prérequis pour l'EC

| | |
|------------------|--|
| Prérequis | Cours de fabrication et procédés. <i>Course on Manufacturing and Processes.</i> |
|------------------|--|

Travail personnel hors présentiel

| | |
|------------------------|--|
| Volume horaire | 6 Heures |
| Type de travail | ~ Apprentissage du cours estimé à 2h. ~ Rédaction d'un rapport de Projet à la fin des deux séances des travaux dirigés estimé à 4h. ~ ~ <i>Learning the course, estimated at 2 hours.</i> <i>Drafting of a project report at the end of the two tutorial sessions, estimated at 4 hours.</i> |

Ressources bibliographiques

- ~ C. MARTY et J.M. LINARES, Industrialisation des produits mécaniques, Tome 3 Procédés de fabrication, Ed. HERMES ISBN 2-7462-0019-8
- ~ Techniques de l'ingénieur - Mise en Forme.
- ~ J.P. Cordebois et P. Quaegebeur, Les techniques de forge, cours en production automatisée, Conservatoire National des Arts et Métiers.
- ~ Chamouard, Estampage et forge (Tomes 1, 2 et 3), Ed Dunod.
- ~ J. Husson, Ed PYC, Pratique du forgeage.
- ~ M. Darcy, Ed Delagrave, Manuel pratique de forge.

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

| | |
|----------------------------|--------------|
| Code UE | IGENI-UE0703 |
| Crédits ECTS | 4 |
| Coefficient interne à l'UE | 5,1 |

Présentation de l'UE

| | |
|-----------------------------|-----------------------------------|
| Nom de l'UE | CONDUITE DES SYSTEMES INDUSTRIELS |
| Nom(s) du/des enseignant(s) | |

| Volume Horaire/Format | Format | Heures |
|-----------------------|---------------------|------------------|
| | CM | 33 H |
| | TD | 16 H |
| | TP | 26 H |
| | Projet encadré | 0 H |
| | Projet en autonomie | 0 H |
| | Total | 75 heures |

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Thèmes et Objectifs de la formation visés

Principaux thèmes abordés

- Optimisation et planification des systèmes de production
- Équilibrage des lignes de production
- Évaluation des performances des systèmes à événements discrets
- Modélisation et analyse des systèmes automatisés (réseaux de Petri, asservissements, robotique)
- Méthode MRP et gestion des ressources de production
- Conception et pilotage de cellules robotiques industrielles
- Modélisation, identification et commande des systèmes dynamiques
- Intégration des capteurs, actionneurs et correcteurs dans des systèmes automatisés

Principaux objectifs généraux visés

Cette UE vise à permettre aux étudiants :

- D'acquérir une vision globale de la conduite et de la gestion des systèmes industriels complexes.
- De maîtriser les outils et méthodes de modélisation, d'analyse et d'optimisation des performances des systèmes de production.
- De développer des compétences pratiques en simulation, planification et automatisation des processus industriels.
- D'intégrer des solutions robotiques, d'asservissement et de gestion de la production dans un contexte industriel réel.

Acquis d'apprentissage visés

Compétence(s)

Compétence 1 (transversale) :

À l'issue de l'UE, les étudiants seront en mesure, lorsqu'ils seront confrontés dans leur futur métier à la nécessité de concevoir, analyser et optimiser des systèmes industriels complexes, de modéliser ces systèmes, d'évaluer leurs performances, et de proposer des solutions d'amélioration intégrant des technologies robotiques, d'asservissement et de gestion, en montrant une maîtrise des méthodes quantitatives et des outils de simulation adaptés.

Compétence 2 (liée à l'automatisation et au pilotage) :

À l'issue de l'UE, les étudiants seront en mesure, lorsqu'ils seront en charge de l'automatisation ou de la modernisation d'un processus industriel, de concevoir et programmer des cellules robotiques intégrées et d'implémenter des lois de commande efficaces, en montrant leur capacité à garantir à la fois la performance, la sécurité et l'adéquation aux contraintes industrielles.

Compétence 3 (liée à la gestion de production) :

À l'issue de l'UE, les étudiants seront en mesure, lorsqu'ils devront planifier la production et allouer les ressources dans un contexte d'entreprise industrielle, d'utiliser les outils de planification MRP, de gestion des données de production et d'équilibrage de ligne, en montrant leur capacité à assurer un fonctionnement fluide et optimisé des systèmes de production.

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

| | |
|----------------------------|--------------|
| Code EC | IGENI-EC0731 |
| Code UE | IGENI-UE0703 |
| Coefficient interne à l'EC | 0,7 |

| | |
|---------------------------|--------------|
| Coordinateur ENIT de l'EC | Raymond Houe |
|---------------------------|--------------|

Présentation de l'EC

| | |
|-----------------------------|--|
| Nom de l'EC | Recherche et optimisation combinatoire modèles et méthodes |
| Nom(s) du/des enseignant(s) | Laurent Geneste, Raymond Houe |

| Volume Horaire/Format | Format | Heures |
|-----------------------|---------------------|------------------|
| | CM | 4 H |
| | TD | 6 H |
| | TP | 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 étudiant-e-s seront en mesure :</p> <ul style="list-style-type: none">de concevoir et d'exploiter un plan d'expériences simpled'équilibrer une ligne d'assemblage simple <p>At the end of this course, students will be able to:</p> <ul style="list-style-type: none">design and use a simple experimental designbalance a simple assembly line |
|---------------|--|

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

- Comprendre la problématique et les enjeux des plans d'expériences
- Savoir exploiter un plan d'expériences et avoir des notions sur la conception de plans d'expériences fractionnaires
- Être capable de définir conceptuellement une ligne d'assemblage et ses composantes essentielles.
- Savoir modéliser et résoudre un problème d'équilibrage de ligne en appliquant les méthodes appropriées.
- avoir analyser et évaluer une solution d'équilibrage afin d'identifier ses forces et faiblesses.

- *Understand the problems and issues involved in designs of experiments*
- *Be able to use a design of experiments and understand the design of fractional designs of experiments*
- *Be able to conceptually define an assembly line and its essential components.*
- *Be able to model and solve a line balancing problem by applying the appropriate methods.*
- *Be able to analyse and evaluate a balancing solution in order to identify its strengths and weaknesses.*

Contenus

Chapitre 1 : méthode des plans d'expériences (2h CM, 4h TD)

- 1.1 Intérêt pratique et principes généraux des plans d'expériences
- 1.2 Détermination d'un modèle numérique à partir d'un plan d'expériences
- 1.3 Conception d'un plan d'expériences par réduction de plan complet en tenant compte des pertes d'information engendrées par la réduction

Chapitre 2 : équilibrage de lignes de production (2h CM, 4h TD)

- 2.1 Généralités sur les systèmes de production
 - (a) Concepts fondamentaux
 - (b) Cas des lignes d'assemblage : caractéristiques et spécificités
- 2.2 Problématique de l'équilibrage des lignes d'assemblage
 - (a) Définition et typologie des problèmes d'équilibrage de ligne
 - (b) Enjeux et objectifs de l'équilibrage
- 2.3 Méthodes de résolution
 - (a) Méthodes exactes (formulation par la programmation linéaire et résolution par le simplexe)
 - (b) Méthodes approchées (principe et mise en œuvre de l'algorithme RPW)

Chapter 1: Design of experiments (2h CM, 4h TD)

- 1.1 Practical interest and general principles of design of experiments
- 1.2 Determination of a numerical model from a design of experiments
- 1.3 Design of a design of experiments by reduction of a complete design, taking into account the loss of information caused by the reduction

Chapter 2: Balancing of production lines (2h CM, 4h TD)

- 2.1 General information on production systems
 - (a) Fundamental concepts
 - (b) The case of assembly lines: characteristics and specificities
- 2.2 The problem of balancing assembly lines
 - (a) Definition and typology of line balancing problems
 - (b) Stakes and objectives of balancing
- 2.3 Solving methods
 - (a) Exact methods (formulation by linear programming and simplex solving)
 - (b) Approximate methods (principle and implementation of the RPW algorithm)

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Méthodes et/ou moyens pédagogiques

Les séances de cours permettent l'introduction des concepts fondamentaux et les séances de TD permettent à la fois l'application et l'approfondissement de ces concepts.

The lecture sessions introduce the fundamental concepts and the practical sessions allow these concepts to be applied and developed in greater depth.

Prérequis pour l'EC

Prérequis

Aucun

Travail personnel hors présentiel

Volume horaire

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

Type de travail

Révisions pour l'examen

Revision for the exam

Ressources bibliographiques

Les plans d'expériences par la méthode Taguchi, Maurice Pillet, Paris : les Éditions d'Organisation, 1997 (disponible à la bibliothèque de l'ENIT)

Introduction aux plans d'expériences, Jacques Goupy, Paris : Dunod, 2001 2^{ème} édition - Technique et ingénierie, Série Conception (disponible à la bibliothèque de l'ENIT)

Supply Chain Engineering. Useful Methods and Techniques, Alexandre Dolgui and Jean-Marie Proth, 2010

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

| | |
|----------------------------|--------------|
| Code EC | IGENI-EC0732 |
| Code UE | IGENI-UE0703 |
| Coefficient interne à l'EC | 0,8 |

| | |
|---------------------------|----------------|
| Coordinateur ENIT de l'EC | Kamal MEDJAHER |
|---------------------------|----------------|

Présentation de l'EC

| | |
|-----------------------------|--|
| Nom de l'EC | Evaluation des performances |
| Nom(s) du/des enseignant(s) | Khanh T. P. NGUYEN, Sylvain POUPRY, Kamal MEDJAHER |

| 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 de cet enseignement, l'étudiant sera capable de distinguer un système à événements discrets d'un système continu, de modéliser un système à événements discrets à l'aide des réseaux de Petri ordinaires et d'évaluer ses performances. Il pourra également analyser et proposer des améliorations afin d'optimiser les performances du système.</p> <p><i>Upon completion of the course, the student will be able to distinguish between a discrete event system and a continuous system, model a discrete event system using ordinary Petri nets, and evaluate its performance. They will also be able to analyze and propose improvements to optimize the system's performance.</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

L'objectif général de ce cours est d'introduire les principes fondamentaux de l'évaluation des performances des systèmes à événements discrets. Il permet aux étudiants de comprendre les différences entre les systèmes continus et discrets, d'explorer les réseaux de Petri comme outil de modélisation et d'analyse, et d'acquérir une méthodologie rigoureuse pour évaluer et optimiser le fonctionnement des systèmes complexes.

Domaine Cognitif : Comprendre et maîtriser les concepts fondamentaux

- Identifier la différence entre un système à événements discrets et un système continu.
- Assimiler les principes des réseaux de Petri ordinaires, leurs définitions et propriétés.
- Comprendre les méthodes d'évaluation des performances appliquées aux systèmes à événements discrets.

Domaine Pragmatique : Appliquer et analyser

- Savoir modéliser un système à événements discrets en utilisant les réseaux de Petri ordinaires.
- Analyser les performances du système modélisé.
- Proposer des stratégies d'amélioration pour optimiser les performances du système.

Domaine Affectif : Adopter une démarche critique et professionnelle

- Développer une rigueur dans l'analyse des performances des systèmes à événements discrets.
- Être conscient des enjeux liés à l'optimisation des systèmes de production.
- Appliquer ces compétences dans un contexte industriel en valorisant l'efficacité des processus.

The main objective of this course is to introduce the fundamental principles of performance evaluation for discrete event systems. It enables students to understand the differences between continuous and discrete systems, explore Petri nets as a modeling and analysis tool, and develop a rigorous methodology for assessing and optimizing the operation of complex systems.

Cognitive Domain: Understanding and Mastering Fundamental Concepts

- Identify the difference between a discrete event system and a continuous system.
- Assimilate the principles of ordinary Petri nets, their definitions, and properties.
- Understand performance evaluation methods applied to discrete event systems.

Pragmatic Domain: Applying and Analyzing

- Be able to model a discrete event system using ordinary Petri nets.
- Analyze the performance of the modeled system.
- Propose improvement strategies to optimize system performances.

Affective Domain: Developing a Critical and Professional Approach

- Develop rigor in analyzing the performance of discrete event systems.
- Be aware of the challenges related to optimizing production systems.
- Apply these skills in an industrial context while emphasizing process efficiency.

Contenus

Cours 1 (2h) : Introduction

- Présentation générale des systèmes à événements discrets
- Importance de l'évaluation des performances
- Introduction aux réseaux de Petri
- Fondements des réseaux de Petri : Définitions et concepts de base

Cours 2 (2h) : Analyse des réseaux de Petri

- Graphe des marquages et dynamique des réseaux
- Structures spécifiques des réseaux de Petri
- Propriétés fondamentales (vivacité, borné, réinitialisation, blocage, etc.)

Cours 3 (1,5h) : Propriétés des réseaux de Petri

- Propriétés fondamentales (accessibilité)
- Techniques de réduction des réseaux
- Équation d'état et analyse structurelle

Travaux Dirigés (TD) : Exercices et études de cas (3 x 2h)

- TD 1 : Modélisation et graphe des marquage des réseaux de Petri
- TD 2 : Analyse des propriétés et réduction des réseaux
- TD 3 : Application des réseaux de Petri à l'évaluation des performances

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

| | |
|------------------------------------|---|
| | <p>Course 1 (2h): Introduction</p> <ul style="list-style-type: none"> • General presentation of discrete event systems • Importance of performance evaluation • Introduction to Petri nets <p>Fundamentals of Petri Nets</p> <ul style="list-style-type: none"> • Definitions and basic concepts <p>Course 2 (2h): Analysis of Petri Nets</p> <ul style="list-style-type: none"> • Marking graph and network dynamics • Specific structures of Petri nets • Fundamental properties (liveness, boundedness, blocking, reinitialization, etc.) <p>Course 3 (1.5h): Properties of Petri Nets</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fundamental properties (accessibility) • Network reduction techniques • State equation and structural analysis <p>Tutorials (TD): Exercises and Case Studies (3 x 2h)</p> <ul style="list-style-type: none"> • TD 1: Modeling and marking graph of Petri nets • TD 2: Analysis of properties and network reduction • TD 3: Application of Petri nets to performance evaluation |
| Méthodes et/ou moyens pédagogiques | <p>L'approche pédagogique adoptée dans ce cours repose sur une combinaison de théorie et de mise en pratique afin d'assurer une compréhension approfondie des concepts et leur application dans des contextes industriels réels.</p> <p>Méthodes pédagogiques :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cours magistraux interactifs : présentation des concepts clés à l'aide de supports visuels et d'exemples concrets. • Travaux dirigés (TD) : résolution d'exercices pratiques et études de cas pour appliquer les notions théoriques. <p><i>The teaching approach for this course is based on a combination of theory and practical application to ensure an in-depth understanding of concepts and their use in real industrial settings.</i></p> <p>Teaching Methods:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Interactive lectures: Presenting key concepts with visual aids and concrete examples. • Tutorials (TD): Solving practical exercises and case studies to apply theoretical notions. |

Prérequis pour l'EC

| | |
|-----------|--|
| Prérequis | <ul style="list-style-type: none"> • Notions de systèmes • Notions de gestion de production • Notions d'algèbre linéaire <ul style="list-style-type: none"> • Basic concepts of systems • Basic concepts of production management • Basic concepts of linear algebra |
|-----------|--|

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

- René David, Hassane Alla. Du Grafcet au réseaux de Petri. Editions HERMES, 2ème édition, 1997.
- Annie Choquet-Geniet. Les réseaux de Petri : Un outil de modélisation Cours et exercices corrigés. Dunod, 2006.
- Wolfgang Reisig. Understanding Petri Nets: Modeling Techniques, Analysis Methods, Case Studies. Springer, 2013
- René David, Hassane Alla. Du Grafcet au réseaux de Petri. Editions HERMES, 2ème édition, 1997.
- Annie Choquet-Geniet. Les réseaux de Petri : Un outil de modélisation Cours et exercices corrigés. Dunod, 2006.
- Wolfgang Reisig. Understanding Petri Nets: Modeling Techniques, Analysis Methods, Case Studies. Springer, 2013

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

| | |
|----------------------------|--------------|
| Code EC | IGENI-EC0733 |
| Code UE | IGENI-UE0703 |
| Coefficient interne à l'EC | 0,8 |

| | |
|---------------------------|----------------|
| Coordinateur ENIT de l'EC | Agnès LETOUZEY |
|---------------------------|----------------|

Présentation de l'EC

| | |
|-----------------------------|--|
| Nom de l'EC | Gestion de production par la méthode MRP |
| Nom(s) du/des enseignant(s) | Agnès LETOUZEY, Thierry COUDERT, Sina NAMAKIARAGHI, Cédric BELER |

| 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>A l'issue de cet enseignement, un étudiant sera capable de comprendre et de mettre en pratique les principes de base de la méthode MRP (Manufacturing Resource Planning), méthode de gestion de production la plus utilisée en entreprise.</p> <p><i>On completion of this course, students will be able to understand and apply the basic principles of MRP (Manufacturing Resource Planning), the most widely used production management method.</i></p> |
|---------------|---|

Modalités d'évaluation

| | |
|----------------------|---------------------------|
| Formule d'évaluation | $(2 * DS1 + 1 * TP1) / 3$ |
|----------------------|---------------------------|

Langue d'enseignement

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

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Objectifs de la formation visés

| | |
|---|--|
| Objectifs généraux | |
| Contenus | <p>Cours 1 : Généralités, Historique – Problématique, Les données : données techniques, données de flux, macro-données Cours 2 : méthode MRP, fonctions MRP (PIC, PDP, CBN) Cours 3 : Fonctions MRP (PdC, Ordonnancement, Lancement, Suivi), Conditions d'application TP : Application avec SAP ERP</p> <p><i>Course 1: General information, History - Issues, Data: technical data, flow data, macro-data</i> <i>Course 2: MRP method, MRP functions (PIC, PDP, CBN)</i> <i>Course 3: MRP functions (PdC, Scheduling, Launching, Tracking), Application conditions</i> <i>Practical: Application with SAP ERP</i></p> |
| Méthodes et/ou moyens pédagogiques | |

Prérequis pour l'EC

| | |
|------------------|--------------|
| Prérequis | IGENI-EC0444 |
|------------------|--------------|

Travail personnel hors présentiel

| | |
|------------------------|--|
| Volume horaire | 1 Heures |
| Type de travail | Finir les manipulations du TP et compléter le rapport de TP <i>Finishing the practical work and completing the practical report</i> |

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Ressources bibliographiques

Courtois A., Pillet M. et Martin C., Gestion de production. Eyrolles. 2006
Javel G., L'organisation et la gestion de production, Dunod. 2010.
Giard V., Gestion de la Production et des Flux, Economica, 2003.

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

| | |
|----------------------------|--------------|
| Code EC | IGENI-EC0734 |
| Code UE | IGENI-UE0703 |
| Coefficient interne à l'EC | 1,6 |

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

Présentation de l'EC

| | |
|-----------------------------|--|
| Nom de l'EC | Asservissement continu – méthodes fréquentielles (<i>Classical control – frequency domain methods</i>) |
| Nom(s) du/des enseignant(s) | Manitrarivo Micky RAKOTONDRABE |

| Volume Horaire/Format | Format | Heures |
|-----------------------|---------------------|------------------|
| | CM | 8 H |
| | TD | 4 H |
| | TP | 10 H |
| | Projet encadré | H |
| | Projet en autonomie | H |
| | Total | 22 heures |

Acquis d'apprentissage visés

| | |
|---------------|---|
| Compétence(s) | <p>A l'issue de l'EC, les étudiants seront capables de :</p> <ul style="list-style-type: none"> - modéliser les systèmes linéaires et invariants par représentation différentielle et par fonctions de transfert, - identifier les paramètres de quelques modèles classiques, - reconnaître rapidement les réponses de quelques systèmes classiques, - analyser la stabilité et les performances des systèmes classiques, - synthétiser des correcteurs de structures PID avec quelques méthodes classiques de types analytiques et de types empiriques. |
| | <p>As outcomes, the students will be able to:</p> <ul style="list-style-type: none"> - model linear and time-invariant systems using differential representation and transfer functions, - identify parameters of some classical models, - quickly recognize the responses of some classical systems, - analyze the stability and the performances of some classical systems, - design controllers with PID structures using some usual analytical methods and some usual empirical methods. |

Modalités d'évaluation

| | |
|----------------------|-----------------------------------|
| Formule d'évaluation | $(1 \cdot DS1 + 1 \cdot TP1) / 2$ |
|----------------------|-----------------------------------|

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

- Savoir modéliser les systèmes et donner les modèles différentiels et modèles de transferts,
 - Savoir identifier les paramètres des modèles classiques de systèmes,
 - Savoir analyser la stabilité d'un système et les performances d'un asservissement,
 - Savoir implémenter un correcteur de structure PID,
 - Savoir appliquer quelques méthodes classiques analytiques et empiriques pour calculer les paramètres d'un correcteur de structure PID.
-
- Know how to model systems and provide their differential models and transfer functions,
 - Know how to identify the parameters of some classical models,
 - Know how to analyze the stability of a system and the performances of a closed loop control system,
 - Know how to implement a PID structured controller,
 - Know how to apply classical analytical and empirical methods to compute the parameters of a PID structured controller.

Contenus

- Cours :
- Modélisation et réponses fréquentielles (2h)
 - Analyse de la stabilité et performances (2h)
 - Correcteurs de structure PID et synthèse classiques (2h)
 - Méthodes analytique de synthèses de correcteurs
- TD sur ordinateur (4h)
- TP :
- TP sur deux maquettes tournantes (8h = 2 x 4h)
 - Présentations orales des travaux de TP (2h)
- Lectures:
- Modeling and frequency domain responses (2h)
 - Stability and performances analysis (2h)
 - PID structured controllers and classical design (2h)
 - Analytical methods to design controllers (2h)
- TD:
- Tutorial on computer (4h)
- Practical labs:
- On benchmarks (8h = 2x4h)
 - Defense of the practical labs works (2h)

Méthodes et/ou moyens pédagogiques

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Prérequis pour l'EC

Prérequis

- Au lieu de faire des rapports pour les TP, chacun des binomes/trinomes présente son travail de TP à la troisième séance.
- There is no report for the practical labs. Instead, each team of two/three presents its practical labs work during the last session.

Travail personnel hors présentiel

Volume horaire

3h

Type de travail

- Préparation de la présentation.
- Preparation of the defense/presentation.

Ressources bibliographiques

Automatique : commande des systèmes linéaires, Philippe de Larminat, Hermès, ISBN : 2-86601-515-0, 2eme édition, 1996.

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

| | |
|----------------------------|--------------|
| Code EC | IGENI-EC0735 |
| Code UE | IGENI-UE0703 |
| Coefficient interne à l'EC | 1,2 |

| | |
|---------------------------|-------------------|
| Coordinateur ENIT de l'EC | Mourad Benoussaad |
|---------------------------|-------------------|

Présentation de l'EC

| | |
|-----------------------------|-------------------------------------|
| Nom de l'EC | Robotique industrielle |
| Nom(s) du/des enseignant(s) | Mourad Benoussaad, Farid Noureddine |

| Volume Horaire/Format | Format | Heures |
|--------------------------|---------------------|------------------|
| | CM | 10 H |
| | TD | H |
| | TP | 8 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 dans le cadre d'une automatisation/robotisation d'une ligne de production de concevoir, programmer et optimiser le choix de systèmes robotiques industriels en intégrant la modélisation, la planification des trajectoires et le bon choix de capteurs pour améliorer la production.</p> <p>Plus en détails, à l'issue de cet enseignement, les étudiants seront capables de :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Concevoir et programmer des cellules robotiques industrielles, incluant les bras manipulateurs et leur intégration. • Analyser des espaces articulaires et opérationnels et modélisation pour optimiser les performances des robots. • Appliquer les principes de la modélisation géométrique directe pour déterminer les configurations robotiques. • Planifier et optimiser les trajectoires des robots pour diverses tâches et applications industrielles. • Identifier, sélectionner et implémenter différents types de capteurs et actionneurs pour améliorer les fonctionnalités des robots. <p><i>At the end of this course, students will be able to design, program, and optimize the selection of industrial robotic systems within the framework of automating/robotizing a production line, integrating modeling, trajectory planning, and the appropriate choice of sensors to enhance production.</i></p> <p><i>More specifically, students will be able to:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Design and program industrial robotic cells, including manipulator arms and their integration.</i> • <i>Analyze and model joint and operational spaces to optimize robotic performance.</i> • <i>Apply the principles of direct geometric modeling to determine robotic configurations.</i> • <i>Plan and optimize robot trajectories for various tasks and industrial applications.</i> • <i>Identify, select, and implement different types of sensors and actuators to enhance robotic functionalities.</i> |
| | |

Modalités d'évaluation

| | |
|----------------------|---------------------------|
| Formule d'évaluation | $(2 * DS1 + 1 * TP1) / 3$ |
|----------------------|---------------------------|

Langue d'enseignement

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

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Objectifs de la formation visés

Objectifs généraux

Domaine cognitif (connaissances et compétences intellectuelles)

- Développer une compréhension approfondie des concepts fondamentaux de la modélisation géométrique directe et des espaces articulaires et opérationnels.
- Analyser et modéliser les systèmes robotiques pour optimiser leur conception et leurs performances dans des environnements industriels.
- Concevoir des cellules robotiques intégrées en utilisant des outils de programmation adaptés pour inclure des manipulateurs, capteurs, et actionneurs variés.
- Identifier les solutions technologiques appropriées (capteurs, actionneurs, systèmes de commande) pour améliorer les fonctionnalités robotiques dans des contextes spécifiques.
- Maîtriser la planification et l'optimisation des trajectoires pour répondre aux besoins des applications industrielles.

Domaine pragmatique (compétences pratiques et applications)

- Concevoir, configurer et programmer des cellules robotiques en intégrant des bras manipulateurs et des périphériques dans des scénarios industriels concrets.
- Expérimenter et valider des modèles théoriques de configurations robotiques à l'aide de simulations et de tests pratiques.
- Mettre en œuvre des solutions de planification de trajectoires en respectant les contraintes industrielles et les exigences d'optimisation.

Domaine affectif (valeurs, attitudes et engagement)

- Encourager l'innovation et la créativité dans la conception et la programmation des cellules robotiques.
- Développer une sensibilité à la sécurité dans le contexte de la robotique industrielle
- Développer une sensibilité aux implications éthiques et sociales liées à l'automatisation et à la robotisation industrielle.
- Valoriser le travail collaboratif et multidisciplinaire dans la résolution de problèmes complexes en robotique.
- Cultiver une attitude proactive et une curiosité continue envers les avancées technologiques dans le domaine de la robotique industrielle.

Cognitive Domain (Knowledge and Intellectual Skills)

- *Develop a deep understanding of the fundamental concepts of forward kinematic modeling and joint and task spaces.*
- *Analyze and model robotic systems to optimize their design and performance in industrial environments.*
- *Design integrated robotic cells using appropriate programming tools to incorporate manipulators, sensors, and various actuators.*
- *Identify suitable technological solutions (sensors, actuators, control systems) to enhance robotic functionalities in specific contexts.*
- *Handle trajectory planning and optimization to meet the requirements of industrial applications.*

Pragmatic Domain (Practical Skills and Applications)

- *Design, configure, and program robotic cells by integrating manipulator arms and peripherals in real industrial scenarios.*
- *Experiment with and validate theoretical models of robotic configurations through simulations and practical tests.*
- *Implement trajectory planning solutions while adhering to industrial constraints and optimization requirements.*

Affective Domain (Values, Attitudes, and Engagement)

- *Foster innovation and creativity in the design and programming of robotic cells.*
- *Develop a strong sensitivity to safety in the context of industrial robotics.*
- *Cultivate awareness of the ethical and social implications of automation and industrial robotics.*
- *Value collaborative and multidisciplinary teamwork in solving complex robotics problems.*
- *Nurture a proactive attitude and continuous curiosity toward technological advancements in industrial robotics.*

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Contenus

Cours n° 1 : 2 heures

Chapitre 1 : Introduction aux cellules robotiques
1.1 Définitions et composants principaux
1.2 Rôles et applications industrielles

Cours n° 2 : 2 heures

Chapitre 2 : Bras manipulateurs et espaces articulaires
2.1 Types de bras manipulateurs
2.2 Analyse des espaces articulaires et opérationnels

Cours n° 3 : 2 heures

Chapitre 3 : Modélisation géométrique directe
3.1 Introduction aux modèles géométriques
3.2 Applications pratiques

Cours n° 4 : 2 heures

Chapitre 4 : Planification de trajectoire
4.1 Espace de planification
4.2 Types des trajectoires

Cours n° 5 : 2 heures

Chapitre 5 : Capteurs et actionneurs
5.1 Types de capteurs : position, vitesse, force, vision
5.2 Actionneurs : moteurs, systèmes hydrauliques, systèmes pneumatiques, ...

Lecture 1: 2 hours

Chapter 1: Introduction to Robotic Cells
1.1 Definitions and Main Components
1.2 Roles and Industrial Applications

Lecture 2: 2 hours

Chapter 2: Manipulator Arms and Joint Spaces
2.1 Types of Manipulator Arms
2.2 Analysis of Joint and tasks Spaces

Lecture 3: 2 hours

Chapter 3: Forward kinematic Modeling
3.1 Introduction to Kinematic Models
3.2 Practical Applications

Lecture 4: 2 hours

Chapter 4: Trajectory Planning
4.1 Planning spaces
4.2 Trajectory types

Lecture 5: 2 hours

Chapter 5: Sensors and Actuators
5.1 Types of Sensors: Position, Velocity, Force, Vision
5.2 Actuators: Motors, Hydraulic Systems, Pneumatic Systems, etc.

Méthodes et/ou moyens pédagogiques

- Cours magistraux avec supports visuels
- Évaluation formative continue à travers des QCM, suivi de discussions
- Études de cas industriels pour une application concrète
- Utilisation de logiciels de simulation spécialisés tels que SimPro et Delmia
- Travaux pratiques sur des robots industriels

- Lectures with visual support
- Ongoing formative assessment through multiple-choice questions (MCQs) followed by discussions
- Industrial case studies for practical application
- Use of dedicated simulation software such as SimPro and Delmia
- Hands-on practical work on industrial robots

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Prérequis pour l'EC

Prérequis

- Bases en mathématiques appliquées (géométrie et algèbre linéaire)
- Notions fondamentales en mécanique des solides
- Connaissance préalable des systèmes automatisés

Foundations in applied mathematics (geometry and linear algebra)

Fundamental concepts in solid mechanics

Prior knowledge of automated system concepts

Travail personnel hors présentiel

Volume horaire

10 Heures

Type de travail

- Révisions des notions abordées en cours
- Réalisation de travaux pratiques et projets en équipe
- Préparation d'exercices sur Moodle (tests interactifs)

- *Review of concepts covered in lectures*
- *Completion of practical work and team projects*
- *Preparation of exercises on Moodle (interactive tests)*

Ressources bibliographiques

1. Khalil W, Dombre E. Modeling, identification and control of robots. Butterworth-Heinemann Ed., Rev. 2004.
2. Khalil W, Dombre E. Modélisation identification et commande des robots. Hermès - Lavoisier, 2^{ème} édition. 1999.

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

| | |
|----------------------------|--------------|
| Code UE | IGENI-UE0704 |
| Crédits ECTS | 4 |
| Coefficient interne à l'UE | 4,2 |

Présentation de l'UE

| | |
|-----------------------------|------------------------------|
| Nom de l'UE | INSTRUMENTATION DES SYSTEMES |
| Nom(s) du/des enseignant(s) | |

| Volume Horaire/Format | Format | Heures |
|-----------------------|---------------------|------------------|
| | CM | 16 H |
| | TD | 4 H |
| | TP | 44 H |
| | Projet encadré | 0 H |
| | Projet en autonomie | 0 H |
| | Total | 64 heures |

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Thèmes et Objectifs de la formation visés

| | |
|--|--|
| Principaux thèmes abordés | <p>Structure, programmation et mise en œuvre de microcontrôleurs dans un contexte industriel (Arduino/AVR). Fonctions électroniques linéaires et non linéaires : modélisation, analyse et dimensionnement. Conversion statique de l'énergie électrique : principes, structures élémentaires, dimensionnement et enjeux énergétiques. Modélisation des systèmes mécatroniques : transferts d'énergie, bond graphs, structuration fonctionnelle. Intégration et interaction des composants capteurs/actionneurs dans une chaîne de mesure/commande. Gestion de projet et communication technique dans un contexte professionnalisant.</p> |
| Principaux objectifs généraux visés | <p>L'UE vise à permettre aux futurs ingénieurs :</p> <ul style="list-style-type: none">• D'analyser et concevoir des systèmes d'acquisition et de traitement de données dans un environnement mécatronique.• De mettre en œuvre des solutions électroniques, informatiques et énergétiques adaptées à des applications industrielles.• De mobiliser des méthodes de modélisation pour décrire, simuler et améliorer le comportement énergétique de systèmes complexes.• D'articuler les fonctions de commande, de conversion d'énergie et de modélisation au sein d'un projet instrumenté.• De développer leur autonomie, leur rigueur méthodologique et leur capacité à justifier leurs choix techniques. |

Acquis d'apprentissage visés

| | |
|----------------------|--|
| Compétence(s) | <p>Compétence principale : À l'issue de l'UE, les élèves ingénieurs seront en mesure, dans le cadre de la conception et du prototypage de systèmes industriels intégrant capteurs, actionneurs et convertisseurs, de concevoir, dimensionner, modéliser et programmer un système instrumenté en mobilisant une approche systémique et une maîtrise des outils matériels et logiciels. Ils démontreront leur compétence en réalisant un prototype opérationnel et en justifiant leurs choix techniques sur les plans fonctionnel, énergétique et algorithmique.</p> <p>Compétences complémentaires 1 : À l'issue de l'UE, les élèves ingénieurs seront en mesure, lors de la présentation et de la documentation technique d'un projet, de communiquer en anglais de façon professionnelle à l'écrit (rapport) et à l'oral (exposé avec support visuel), en montrant une maîtrise linguistique de niveau B1/B2.</p> <p>Compétences complémentaires 1 : À l'issue de l'UE, les élèves ingénieurs seront en mesure, lorsqu'ils analysent un système mécatronique, de représenter les transferts de puissance par une modélisation bond graph et de formuler les équations d'état correspondantes, en montrant une compréhension fonctionnelle et énergétique des composants du système.</p> |
|----------------------|--|

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

| | |
|----------------------------|--------------|
| Code EC | IGENI-EC0741 |
| Code UE | IGENI-UE0704 |
| Coefficient interne à l'EC | 1,7 |

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

Présentation de l'EC

| | |
|-----------------------------|--|
| Nom de l'EC | Informatique Industrielle (micro controleur) |
| Nom(s) du/des enseignant(s) | F. Bellouvet / T. Louge/ M. Kouki |

| Volume Horaire/Format | Format | Heures |
|-----------------------|---------------------|------------------|
| | CM | 0 H |
| | TD | 0 H |
| | TP | 12 H |
| | Projet encadré | H |
| | Projet en autonomie | H |
| | Total | 12 heures |

Acquis d'apprentissage visés

| | |
|---------------|---|
| Compétence(s) | <p>A l'issue de cet enseignement, l'élève ingénieur doit être capable de :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Connaître la structure et le fonctionnement simplifié d'un microcontrôleur type AVR. - Comprendre le contenu d'un code donné en langage C et Wiring destiné à un microcontrôleur type AVR. - Exploiter rationnellement l'environnement de développement (IDE) des cartes Arduino en vue de programmer celles-ci. - Etablir le diagramme d'état d'une application industrielle simple nécessitant l'acquisition de données et le pilotage d'actionneurs. - Elaborer le logigramme puis le code en C/wiring à partir d'un diagramme d'état. - Mettre au point un prototype sur matériel didactique exploitant une carte arduino interfacée par des capteurs, actionneurs et interfaces homme/machine. <p>At the end of this course, the student engineer should be able to :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Know the structure and simplified operation of an AVR-type microcontroller. - Understand the content of a given code in C and Wiring language intended for an AVR type microcontroller. - Make rational use of the development environment (IDE) for Arduino boards in order to program them. - Draw up the state diagram for a simple industrial application requiring data acquisition and actuator control. - Draw up the logigram and then the code in C/wiring from a state diagram. - Develop a prototype on training equipment using an arduino board interfaced with sensors, actuators and man/machine interfaces. |
|---------------|---|

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Modalités d'évaluation

Formule d'évaluation

(1*CC1+1*PJ1)/2

Langue d'enseignement

Langue

Français/French

Objectifs de la formation visés

Objectifs généraux

Ce cours, structuré selon le paradigme de la classe inversée, est strictement basé sur des sessions d'exercices pratiques en laboratoire et se concentre sur la réalisation d'applications industrielles concrètes.

L'objectif principal de ce cours est de développer quatre compétences principales :

- Connaître la structure d'un microcontrôleur Atmel 2560, et le rôle de tous ses éléments constitutifs.
- Identifier les principales parties d'un code C Arduino, et comprendre les fonctions réalisées.
- Utiliser quelques bibliothèques C et C++ pour gérer les interfaces capteurs, actionneurs et homme-machine dans des applications simples.
- Mettre en œuvre une méthodologie de développement (diagramme d'état) dans le cadre d'un projet industriel mené en groupe.

This course, structured according to the flipped classroom paradigm, is strictly based on practical laboratory exercise sessions and focuses on the realisation of concrete industrial applications.

The main objective of this course is to develop four main skills:

- *Knowing the structure of an Atmel 2560 microcontroller, and the role of all its constituent parts.*
- *Identify the main parts of an Arduino C code, and understand the functions performed.*
- *Use a number of C and C++ libraries to manage sensor, actuator and man-machine interfaces in simple applications.*
- *Implement a development methodology (state diagram) as part of a group industrial project.*

Contenus

Le cours totalise 26 heures réparties en deux parties :

- Les sessions d'apprentissage : Cinq sessions de 3 heures sont consacrées à l'apprentissage des GPIO et de la gestion du temps, de l'utilisation des interruptions, des protocoles de transmission et des fonctions analogiques. Les exercices sont basés sur le paradigme du diagramme d'état.

- Les sessions de projet : Trois sessions de 3 heures sont consacrées à la conception d'un projet personnel sous la supervision des enseignants, et à son prototypage. La dernière session de 2 heures est réservée à la présentation du projet.

The course totals 26 hours divided into two parts:

- Learning sessions: Five 3-hour sessions are devoted to learning about GPIOs and time management, the use of interrupts, transmission protocols and analogue functions. The exercises are based on the state diagram paradigm.

- Project sessions: Three 3-hour sessions are devoted to designing and prototyping a personal project under the supervision of the teachers. The final 2-hour session is reserved for presenting the project.

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Méthodes et/ou moyens pédagogiques

Ce cours, structuré selon le paradigme de la classe inversée, est strictement basé sur des sessions d'exercices pratiques en laboratoire et se concentre sur la réalisation d'applications industrielles concrètes.

This course, structured according to the flipped classroom paradigm, is strictly based on practical laboratory exercise sessions and focuses on the realisation of concrete industrial applications.

Prérequis pour l'EC

Prérequis

Ce cours est une introduction à l'informatique industrielle. Il s'appuie sur des connaissances transversales en algorithmique IGENI-EC0143 / IGENI-EC0442, en logique combinatoire et séquentielle: IGENI-EC0245 / IGENI-EC0443, et en électronique embarquée IGENI-EC0144 / IGENI-EC0244.

This course is an introduction to industrial computing. It is based on cross-disciplinary knowledge of algorithms (IGENI-EC0143 / IGENI-EC0442), combinational and sequential logic (IGENI-EC0245 / IGENI-EC0443) and embedded electronics (IGENI-EC0144 / IGENI-EC0244).

Travail personnel hors présentiel

Volume horaire

10h

Type de travail

6h de travail préparatoire de lecture des documents de cours + 4h de mise au point du prototype du projet.

6 hours of preparatory work reading course documents + 4 hours developing the project prototype.

Ressources bibliographiques

Cliquez ici et entrez les ressources bibliographiques

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

| | |
|----------------------------|--------------|
| Code EC | IGENI-EC0704 |
| Code UE | IGENI-UE0742 |
| Coefficient interne à l'EC | 0,9 |

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

Présentation de l'EC

| | |
|-----------------------------|-------------------------|
| Nom de l'EC | Fonctions électroniques |
| Nom(s) du/des enseignant(s) | F. Bellouvet |

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

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Acquis d'apprentissage visés

Compétence(s)

A l'issue de la séance de cours, l'élève ingénieur doit être capable, dans le contexte d'une approche systémique formelle de :

- Donner la caractéristique entrée/sortie idéalisée du bloc fonctionnel réalisant la fonction prescrite
- Tracer l'évolution temporelle, au synchronisme du temps, des signaux d'entrée et de sortie d'un bloc fonctionnel, à partir de sa caractéristique entrée/sortie.
- Proposer un champ d'application industriel correspondant à une fonction électronique donnée.
- Justifier le comportement linéaire ou non linéaire d'un amplificateur opérationnel en fonction des types de réactions opérées.
-

A l'issue des séances de TD, l'élève ingénieur doit être capable, dans le contexte de structures impliquant un ou plusieurs amplificateurs opérationnels :

- Dessiner le schéma d'une structure adaptée permettant de réaliser la fonction désirée
- Etablir la relation entrée sortie de la structure étudiée en appliquant les méthodes usuelles d'analyse des circuits électriques
- Dimensionner les éléments propres à la structure
- Identifier les divergences entre réalisation matérielle et comportement fonctionnel idéalisé attendu.

A l'issue des séances de TP, l'élève ingénieur doit être capable, à partir d'un cahier de spécifications donné de :

- Choisir une structure adaptée pour réaliser le bloc fonctionnel associé
- Dimensionner les éléments constitutifs de la structure pour lui permettre de correspondre au cahier des charges
- Réaliser un montage validant expérimentalement le comportement fonctionnel attendu sur matériel didactique.

At the end of the lesson, the student engineer must be able, in the context of a formal systems approach, to:

- *Give the idealised input/output characteristic of the functional block performing the prescribed function*
- *Trace the temporal evolution, in time synchronism, of the input and output signals of a functional block, from its input/output characteristic.*
- *Suggest a field of industrial application corresponding to a given electronic function.*
- *Justify the linear or non-linear behaviour of an operational amplifier as a function of the types of feedback used.*

At the end of the practical sessions, the student engineer must be able to, in the context of structures involving one or more operational amplifiers:

- *Draw the diagram of a suitable structure enabling the desired function to be performed*
- *Establish the input/output relationship of the structure studied by applying the usual methods of analysis of electrical circuits*
- *Size the elements specific to the structure*
- *Identify the discrepancies between the material produced and the idealized functional behaviour expected.*

At the end of the practical sessions, the student engineer must be able, on the basis of a given set of specifications, to :

- *Choose a suitable structure to produce the associated functional unit*
- *Size the components of the structure to enable it to meet the specifications*
- *Produce an assembly to validate experimentally the expected functional behaviour on teaching equipment.*

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Modalités d'évaluation

Formule d'évaluation

(1*DS1+1*TP1)/3

Langue d'enseignement

Langue

Français/French

Objectifs de la formation visés

Objectifs généraux

Cet enseignement présente les fonctions générales linéaires et non linéaires de l'électronique analogique.

L'approche modulaire fonctionnelle sera privilégiée permettant ainsi d'envisager de façon systémique l'analyse et le dimensionnement d'une structure électronique.

Le format des activités d'apprentissage proposées vise à développer l'autonomie, promouvoir l'argumentation des élèves ingénieurs.

This course presents the general linear and non-linear functions of analogue electronics.

A modular functional approach will be favoured, enabling a systemic approach to the analysis and dimensioning of an electronic structure.

The format of the proposed learning activities aims to develop the autonomy and promote the argumentation of engineering students.

Contenus

- Fonctions linéaires :
Amplification, filtrage, oscillateur harmonique
- Fonctions non linéaires :
Comparaison, écretage, détection et mise en forme temporelle
- Linear functions:
Amplification, filtering, harmonic oscillator
- Non-linear functions:
Comparison, scaling, detection and temporal shaping

Méthodes et/ou moyens pédagogiques

- Classe interactive en TD avec critiques actives des solutions proposées.
- Evaluation sommative sous la forme d'un DS visant à évaluer les compétences théoriques acquises en cours et TD.
- Evaluation sommative en fin de séance de TP visant à évaluer les compétences pratiques acquises en cours de séance.
- *Interactive class with active criticism of proposed solutions.*
- *Summative assessment in the form of a DS designed to assess the theoretical skills acquired during the course.*
- *Summative assessment at the end of the practical session to evaluate the practical skills acquired during the session.*

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Prérequis pour l'EC

| | |
|------------------|---|
| Prérequis | IGENI-EC0144 Génie électrique IGENI-EC0244 Structures électriques en courant continu IGENI-EC0445 Circuits électriques en régime alternatif |
|------------------|---|

Travail personnel hors présentiel

| | |
|------------------------|--|
| Volume horaire | 1h |
| Type de travail | Reprise des exercices à l'issue de chaque séance de TD Apprentissage des notions vues en cours <i>Review of exercises at the end of each tutorial session</i> <i>Learning the concepts covered in class</i> |

Ressources bibliographiques

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

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

| | |
|----------------------------|--------------|
| Code EC | IGENI-EC0743 |
| Code UE | IGENI-UE0704 |
| 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 1 The fundamental knowledge of Power Electronics' structure. |
| Nom(s) du/des enseignant(s) | Paul-Etienne Vidal, Davy Colin, Babacar Leye |

| Volume Horaire/Format | Format | Heures |
|-----------------------|---------------------|------------------|
| | CM | 6 H |
| | TD | H |
| | TP | 4 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 seront capables de comprendre les modalités et les facteurs de dimensionnement à utiliser pour la conversion de l'énergie électrique par l'intermédiaire des convertisseurs statiques, dans le cas de structures élémentaires et idéales.</p> <p><i>On completion of this course, students will be able to understand the design methods for the conversion of electrical energy, using static converters, namely power electronics' devices, in the case of elementary and ideal structures.</i></p> |
|---------------|---|

Modalités d'évaluation

| | |
|----------------------|-------------------|
| Formule d'évaluation | $(1*CC1+1*TP1)/2$ |
|----------------------|-------------------|

Langue d'enseignement

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

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Objectifs de la formation visés

| | |
|---|---|
| Objectifs généraux | <p>Prendre conscience des architectures à mettre en place selon le type de conversion souhaité et leur fonctionnement.</p> <p>Connaître les contraintes à prendre en compte lors des phases de choix des éléments internes du convertisseur.</p> <p>Saisir le fonctionnement et les problématiques associées à la conversion de l'énergie électrique.</p> <p>Rédiger des rapports en anglais et exposer son travail devant un auditoire à l'aide de support visuel avec une maîtrise de la langue anglaise se situant au niveau B1/B2</p> <p><i>Become aware of the architectures to be implemented according to the type of conversion required and their operation.</i></p> <p><i>Understand the constraints to be taken into account when selecting the converter's internal components.</i></p> <p><i>Understand the operation and problems associated with electrical energy conversion.</i></p> <p><i>Write reports in English and present your work to an audience using visual aids, with a command of the English language at B1/B2 level.</i></p> |
| Contenus | <ul style="list-style-type: none"> - Cours de 6 heures (3*2 heures) - Travaux Pratiques de 4 heures <p>L'enseignement contient une partie introductive qui positionne cette discipline vis-à-vis des enjeux de la transition énergétique et de la décarbonation des moyens de transports.</p> <ul style="list-style-type: none"> - 6-hour course (3*2 hours) - 4 hours of practical work segmented in theoretical, simulation and experiment sections. <p><i>The course contains an introduction section that positions this discipline in relation to the challenges of energy transition and the CO₂ reduction of transport applications.</i></p> |
| Méthodes et/ou moyens pédagogiques | <ul style="list-style-type: none"> • Le cours est structuré tel qu'il contient une partie « Transmissive » et une partie « réflexive ». • Les travaux pratiques se concentrent sur une fonction de conversion particulière. Chaque étude et proposent 3 points d'étude : théorie, simulation et relevé expérimental <ul style="list-style-type: none"> - <i>The course is structured in such a way that it contains a 'Transmissive' part and a 'Reflective' part.</i> - <i>The practical work focuses on a particular conversion function. Each study proposes 3 points of study: theory, simulation and experimental survey.</i> |

Prérequis pour l'EC

| | |
|------------------|--|
| Prérequis | <p>Méthode pour le traitement des circuits électriques</p> <p><i>Method for processing electrical circuits</i></p> |
|------------------|--|

Travail personnel hors présentiel

| | |
|------------------------|---|
| Volume horaire | 6 Heures |
| Type de travail | <p>Révision du cours. Apprentissage du contenu. Mise en forme et finalisation du rapport de travaux pratique</p> <p><i>Reviewing the course. Learning the content. Formatting and finalising the practical work report.</i></p> |

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,
- 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 EC | IGENI-EC0744 |
| Code UE | IGENI-UE0704 |
| Coefficient interne à l'EC | 0,9 |

| | |
|---------------------------|-----------------|
| Coordinateur ENIT de l'EC | Baptiste TRAJIN |
|---------------------------|-----------------|

Présentation de l'EC

| | |
|-----------------------------|--|
| Nom de l'EC | Modélisation des systèmes mécatroniques <i>Modeling mechatronic systems</i> |
| Nom(s) du/des enseignant(s) | Baptiste TRAJIN, Majid KHALILI DERMANI |

| Volume Horaire/Format | Format | Heures |
|-----------------------|---------------------|------------------|
| | CM | 8 H |
| | TD | H |
| | TP | 6 H |
| | Projet encadré | H |
| | Projet en autonomie | H |
| | Total | 14 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 enjeux de la gestion énergétique et de la modélisation pour l'identification des pertes et l'amélioration des rendements - Comprendre les transferts de puissance dans les systèmes mécatroniques ainsi que la notion d'énergie and des variables associées : stockage et dissipation - Comprendre la structuration d'un système mécatronique - Analyser les transferts de puissance dans un système mécatronique - Appliquer la modélisation bond graph |
| | <p>At the end of this course, students will be able to :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Understand the power transfers in mechatronic systems and the notion of energy and their associated variables : storage and dissipation; - Understand the structure of a mechatronic system with all auxiliaries. - Analyse power transfers in mechatronic systems; - Apply bond graph theory. |

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 | <p>Dans un système mécatronique incluant une alimentation de puissance, les convertisseurs statiques, un moteur, une transmission de puissance, une charge et les effets thermiques résultants, déterminer les bond graph associé et le système d'équations d'états</p> <p>Pour un système mécatronique incluant des régulateurs linéaires, analyser et critiquer les résultats de simulation temporelle des variables énergétiques.</p> <p><i>For a mechatronic system including power supply, filters, power converters, motor, power transmission, load and associated thermal effects, determine the associated bond graph and linear state space equations;</i></p> <p><i>For a mechatronic system with linear controllers, analyse and explain simulation results along time for the variables linked to energy;</i></p> |
| Contenus | <p>Chapitre 1 : Energie et puissance à différentes échelles</p> <p>Chapitre 2 : Modélisation bond graph</p> <p><i>Chapter 1 : Power and energy at different scales</i></p> <p><i>Chapter 2: Bond graph modelling</i></p> |
| Méthodes et/ou moyens pédagogiques | <p>Cours transmissif incluant des travaux dirigés</p> <p>Travaux pratiques</p> <p><i>Lessons including exercices</i></p> <p><i>Practical work</i></p> |

Prérequis pour l'EC

| | |
|------------------|---|
| Prérequis | <p>Electricité</p> <p>Conversion statique</p> <p>Automatique et régulation</p> <p>Machines électriques tournantes</p> <p>Equations différentielles</p> <p><i>Electricity</i></p> <p><i>Static converters</i></p> <p><i>Automation and linear controllers</i></p> <p><i>Rotating electric machines</i></p> <p><i>Differentiels equations</i></p> |
|------------------|---|

Travail personnel hors présentiel

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

| | |
|------------------------|---|
| Volume horaire | 6 Heures |
| Type de travail | Révisions et rédaction de rapports <i>Editing and report writing</i> |

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Ressources bibliographiques

D. K. Cheng, "Analysis of linear systems", Addison-Wesley Publishing Company, Reading (MA), 1963.

L. W. Couch, "Digital and analog communication systems", Prentice Hall, New Jersey, 4th ed., 1993.

R. H. Engelmann, W. H. Middendorf, "Handbook of Electric Motors", Marcel Dekker, New York, 1995.

S. C. Gupta, "Transform and state variable methods in linear systems", Huntington, New-York, 1971.

D. C. Karnopp, D. L. Margolis, R. C. Rosenberg, "System dynamics : modelling and simulation of mechatronic systems", Wiley, New-York, 4th ed., 2006.

D. C. White, H. H. Woodson, "Electromechanical energy conversion", Wiley, New-York, 1959.

V. Damic, J. Montgomery, "Mechatronics by Bond Graphs, An Object-Oriented Approach to Modelling and Simulation", Springer, 2015.

W. Borutzky, "Bond Graph Methodology, Development and Analysis of Multidisciplinary Dynamic System Models", Springer, 2010.

R. W. Erickson, "Fundamentals of Power Electronics", second ed., Kluwer academic publishers, 2001.

M. H. Rashid, "Power Electronics: Circuits, Devices and Applications", 4th ed., Pearson, 2013.

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

| | |
|----------------------------|--------------|
| Code UE | IGENI-UE0705 |
| Crédits ECTS | 4 |
| Coefficient interne à l'UE | 3,2 |

Présentation de l'UE

| | |
|-----------------------------|---|
| Nom de l'UE | LANGUES |
| Nom(s) du/des enseignant(s) | Luis Martinez Arconada, Stéphane Barthe, Marie Jezierski-Espinosa, Line Langlois, Rosemary Palliser |

| Volume Horaire/Format | Format | Heures |
|-----------------------|---------------------|------------------|
| | CM | H |
| | TD | 47 H |
| | TP | 0 H |
| | Projet encadré | 0 H |
| | Projet en autonomie | 0 H |
| | Total | 47 heures |

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Thèmes et Objectifs de la formation visés

| | |
|--|---|
| <p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Principaux thèmes abordés</p> | <p>Allemand : Le paysage économique des DACH-Länder (pays germanophones), le monde de l'entreprise, la description d'entreprise, le développement durable, l'actualité germanophone et internationale.</p> <p>Espagnol : Les principaux outils industriels pour une communication professionnelle : le rapport, le diaporama et l'affiche.</p> <p>Anglais : Les aspects linguistiques et culturels en lien avec le monde du travail et la vie de l'entreprise.</p> <p><i>German</i> : <i>The economic landscape of the DACH-Länder (German-speaking countries), the world of business, company descriptions, sustainable development, German-language and international news.</i></p> <p><i>Spanish</i> : <i>The main industrial tools for professional communication: report, slideshow and poster.</i></p> <p><i>English</i> : <i>linguistic and cultural aspects relating to the world of work and corporate life.</i></p> |
| <p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Principaux objectifs généraux visés</p> | <p>Allemand :</p> <p>Domaine cognitif : comprendre le paysage économique de l'Allemagne actuelle, connaître le vocabulaire économique et du monde de l'entreprise / avoir des notions de l'actualités récentes et être capable d'en discuter ou de donner son avis</p> <p>Domaine pragmatique : savoir parler d'une entreprise et de son rôle / savoir présenter un évènement récent de manière claire et détaillé en utilisant le vocabulaire approprié lié à cet évènement – Comprendre des documents authentiques de différentes natures (article, vidéo, audio ...)</p> <p>Domaine affectif : avoir conscience de la diversité du groupe, être conscient de ses points forts tout en reconnaissant ceux des autres, développer l'entraide et le respect mutuel, développer les attitudes positives qui mènent à un climat propice à l'apprentissage.</p> <p>Espagnol : Créer des capacités cognitives, créatives et intellectuelles pour développer l'esprit de synthèse et argumentation dans le but de communiquer tant à l'écrit qu'à l'oral sans aucune difficulté.</p> <p>Anglais : la maîtrise de la communication orale et écrite afin de permettre aux élèves-ingénieurs de gagner en cohérence et en efficacité</p> <p>German :</p> <p>Cognitive domain : <i>understand the economic landscape of present-day Germany, know the vocabulary used in business and the world of economics / have a knowledge of recent events and be able to discuss them or give an opinion.</i></p> <p>Pragmatic domain : <i>know how to talk about a company and its role / know how to present a recent event in a clear and detailed way using the appropriate vocabulary linked to this event - Understand authentic documents of different kinds (article, video, audio...)</i></p> <p>Emotional domain : <i>being aware of the diversity of the group, being aware of one's own strengths while recognising those of others, developing mutual help and respect, developing positive attitudes that lead to a climate conducive to learning.</i></p> <p>Spanish : <i>Create cognitive, creative and intellectual capacities to develop the spirit of synthesis and argumentation in order to communicate both in writing and orally without any difficulty.</i></p> <p>English : <i>the mastery of oral and written communication in order to enable student engineers to become more coherent and efficient.</i></p> |

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Acquis d'apprentissage visés

Compétence(s)

Allemand

Les étudiants seront capables dans leur futur métier de communiquer en allemand avec des interlocuteurs germanophones et d'exposer leur travail devant un auditoire à l'aide de support visuel avec une maîtrise de la langue allemande d'un niveau B1/B2.

Anglais : les élèves-ingénieurs seront capables de faire preuve d'une meilleure autonomie linguistique et d'une aptitude à interagir et travailler en contexte international.

Espagnol : Les étudiants seront capables, dans leur futur métier en milieu industriel, de comprendre et s'exprimer aisément en utilisant la langue de façon efficace sur des sujets professionnels de façon claire et spontanée et avec cohérence.

German : *Students will be able to communicate in German with German-speaking people and present their work to an audience using visual aids, with a command of German at B1/B2 level.*

Spanish : *Students will be able, in their future career in an industrial environment, to understand and express themselves easily by using the language effectively on professional subjects in a clear, spontaneous and coherent manner.*

English : *students will be able to demonstrate greater linguistic autonomy and the ability to interact and work in an international context.*

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

| | |
|----------------------------|--------------|
| Code EC | IGENI-EC0751 |
| Code UE | IGENI-UE0705 |
| Coefficient interne à l'EC | 2,1 |

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

Présentation de l'EC

| | |
|-----------------------------|---|
| Nom de l'EC | Anglais des Affaires |
| Nom(s) du/des enseignant(s) | Stéphane BARTHE - Line LANGLOIS - Rosemary PALLISER |

| Volume Horaire/Format | Format | Heures |
|-----------------------|---------------------|------------------|
| | CM | H |
| | TD | 31 H |
| | TP | H |
| | Projet encadré | H |
| | Projet en autonomie | H |
| | Total | 31 heures |

Acquis d'apprentissage visés

| | |
|---------------|--|
| Compétence(s) | <p>Ce module vise à développer les compétences en communication orale et écrite en anglais dans un contexte professionnel. Il permet aux étudiants d'acquérir les techniques essentielles pour structurer et présenter efficacement des idées en anglais, en s'appuyant sur des expériences professionnelles ou de mobilité internationale.</p> <p><i>This module aims to develop oral and written communication skills in English in a professional context. It enables students to acquire the essential techniques for structuring and presenting ideas effectively in English, based on professional experience or international mobility.</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

L'objectif est de préparer les futurs ingénieurs à intégrer efficacement un environnement professionnel international, en leur permettant de communiquer avec aisance dans un contexte technique et managérial.

- **Connaissances (Domaine cognitif)**
 - Connaître le vocabulaire spécifique à l'ingénierie et aux environnements professionnels anglophones.
 - Comprendre les structures grammaticales essentielles en vue de les réinvestir
 - Avoir des notions de communication interculturelle en contexte professionnel.
- **Savoir-faire (Domaine pragmatique)**
 - Savoir traiter, analyser et restituer de l'information en langue anglaise.
 - Présenter / exposer une expérience professionnelle ou de mobilité internationale de manière claire et structurée en anglais.
 - Participer activement à une présentation professionnelle en anglais.
 - Exploiter des ressources en anglais (articles de presse, pages de sites internet, vidéos professionnelles, etc..) pour approfondir ses connaissances.
- **Savoir-être (Domaine affectif)**
 - Être conscient de l'importance de l'anglais dans le monde professionnel et industriel.
 - Développer une attitude proactive dans l'apprentissage et l'amélioration continue de ses compétences linguistiques.
 - Avoir conscience des différences culturelles et savoir s'adapter aux contextes internationaux.
- *The aim is to prepare future engineers to integrate effectively into an international professional environment, by enabling them to communicate with ease in a technical and managerial context.*
- **Knowledge (Cognitive domain)**
 - - Knowing the vocabulary specific to engineering and English-speaking professional environments.
 - - Understand essential grammatical structures with a view to reusing them.
 - - Understand intercultural communication in a professional context.
- **Skills (Pragmatics)**
 - - Be able to process, analyse and present information in English.
 - - Present/explain a professional or international mobility experience in a clear and structured way in English.
 - - Take an active part in a professional presentation in English.
 - - Use English resources (press articles, website pages, professional videos, etc.) to extend his/her knowledge.
- **Personal skills (Affective domain)**
 - - Be aware of the importance of English in the professional and industrial world.
 - - Develop a proactive attitude to learning and continually improving their language skills.
 - - Be aware of cultural differences and know how to adapt to international contexts.

Contenus

Anglais des affaires

- Introduction aux techniques de présentation en anglais
- Importance des compétences de présentation dans le contexte professionnel international
- Les fondamentaux d'une présentation efficace (structure, clarté et impact visuel)
- Introduction à la méthode STAR pour évoquer un contexte professionnel et une problématique, les objectifs, les missions confiées, les étapes et les initiatives entreprises, les résultats mesurables et apprentissages tirés
- Analyse des expériences du Semestre 6 (Stage en entreprise ou de mobilité internationale)
- Travail sur la prise de parole en public
- Conception d'un support de communication adapté aux enjeux de la présentation en mode STAR
- Exercices de mise en situation

Anglais général

- En fonction des séances, les enseignants de Business English M1.1 peuvent être amenés à proposer des activités relevant de l'anglais général.

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

| | |
|------------------------------------|--|
| | <p>Business English</p> <ul style="list-style-type: none"> • Introduction to presentation skills in English • The importance of presentation skills in the international business context • The fundamentals of an effective presentation (structure, clarity and visual impact) • Introduction to the STAR method for presenting a professional context and an issue, objectives, assignments, stages and initiatives undertaken, measurable results and lessons learnt. • Analysis of Semester 6 experience (work placement or international mobility) • Work on public speaking • Design of a communication tool adapted to the challenges of the STAR mode presentation • Situational exercises <p>General English</p> <ul style="list-style-type: none"> • M1.1 Business English teachers may propose activities requiring the use of everyday English |
| Méthodes et/ou moyens pédagogiques | <p>Pour l'enseignement de l'anglais en semestre 7 en École Nationale d'Ingénieurs, conformément aux exigences de la Commission des Titres d'Ingénieur (CTI), les méthodes pédagogiques doivent privilégier une approche professionnalisante et communicative, avec un fort accent sur l'expression orale en contexte professionnel, c'est justement l'ambition du cours du M1.1</p> <p>Le programme d'enseignement inclut des techniques avancées de présentation en lien avec la méthode STAR (<i>Situation, Task, Action, Result</i>), les moyens et méthodes pédagogiques les plus adaptés sont ceux qui relèvent de l'approche actionnelle, communicative et interactive.</p> <p><i>In accordance with the requirements of the Commission des Titres d'Ingénieur (CTI), the teaching methods used to teach English in semester 7 at the École Nationale d'Ingénieurs must give priority to a professional and communicative approach, with a strong emphasis on oral expression in a professional context. This is precisely the aim of the M1 course.</i></p> <p><i>The teaching programme includes advanced presentation techniques based on the STAR method (Situation, Task, Action, Result), and the most suitable teaching methods and resources are those based on the action-oriented, communicative and interactive approach.</i></p> |

Prérequis pour l'EC

| | |
|-----------|--|
| Prérequis | <ul style="list-style-type: none"> – Niveau B2 du CECR – Connaissance de base de la grammaire élémentaire et du lexique général et technique simple – B2 level on the CEFR – Knowledge of elementary grammar and simple general and technical vocabulary |
|-----------|--|

Travail personnel hors présentiel

| | |
|-----------------|--|
| Volume horaire | 25 Heures |
| Type de travail | <p>Travail individuel</p> <ul style="list-style-type: none"> • Apprentissage pour le cours suivant du cours précédent (<i>points de grammaire, structures et lexique</i>) • Exercices lacunaires • Préparation autonome - structuration du rédactionnel <p>Travail collaboratif</p> <p><i>Séances déterminées par les enseignants</i></p> <p><i>Individual work</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Learning the previous lesson (<i>grammar points, structures and vocabulary</i>) for the next lesson - Gap-fill exercises - Independent preparation - structuring writing <p><i>Collaborative work</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Sessions determined by the teachers |

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Ressources bibliographiques

& Supports pédagogiques distribués par les enseignants

: Webographie : ressources pédagogiques en ligne fournies par les enseignants.

Teaching materials distributed by teachers

Webography: online teaching resources provided by teachers.

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

| | |
|----------------------------|----------------|
| Code EC | IGENI-EC0752ES |
| Code UE | IGENI-UE0705 |
| Coefficient interne à l'EC | 1,1 |

| | |
|---------------------------|---------------------------------|
| Coordinateur ENIT de l'EC | MARTINEZ ARCONADA Luis Fernando |
|---------------------------|---------------------------------|

Présentation de l'EC

| | |
|-----------------------------|---|
| Nom de l'EC | Langue vivante 2 Espagnol |
| Nom(s) du/des enseignant(s) | MARTINEZ ARCONADA Luis Fernando accompagné d'intervenant(e/s) extérieur(e/s). |

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

Acquis d'apprentissage visés

| | |
|---------------|---|
| Compétence(s) | À l'issue de l'EC, les étudiants seront capables, dans leur futur métier en milieu industriel, de comprendre une grande gamme de textes longs et exigeants, ainsi que saisir des significations implicites. Peut s'exprimer spontanément et couramment sans trop apparemment devoir chercher ses mots. Peut utiliser la langue de façon efficace et souple dans sa vie sociale, professionnelle ou académique. Peut s'exprimer sur des sujets complexes de façon claire et bien structurée et manifester son contrôle des outils d'organisation, d'articulation et de cohésion du discours, avec une maîtrise de la langue espagnole se situant, dans le cadre européen commun de référence pour les langues, au niveau C1. |
| | <i>Upon completion of the EC, students will be able, in their future career in an industrial environment, to understand a wide range of long and demanding texts, as well as grasp implicit meanings. Can express themselves spontaneously and fluently without too much apparent searching for words. Can use the language effectively and flexibly in their social, professional or academic life. Can express themselves on complex topics in a clear and well-structured way and demonstrate control of the tools of organization, articulation and cohesion of discourse, with a command of the Spanish language at level C1 within the Common European Framework of Reference for Languages.</i> |

Modalités d'évaluation

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

Langue d'enseignement

| | |
|--------|----------------------------------|
| Langue | Espagnol/Français Spanish/French |
|--------|----------------------------------|

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Objectifs de la formation visés

Objectifs généraux

Développer les capacités cognitives en favorisant la création de nouvelles voies d'association d'informations et avoir une analyse critique et jugement pondéré
Développer la capacité créative en acquérant de nouveaux outils de communication
Développer les capacités intellectuelles, en activant la mémoire pour résoudre les situations
Favoriser la concentration et l'ouverture d'esprit dans la réflexion et l'argumentation
Acquérir et améliorer des compétences spécifiques de communication et d'écoute pour exprimer et accepter des opinions personnelles
Aider à accroître la confiance et la motivation dans la vie quotidienne et en milieu industriel en apprenant à prendre en compte l'« autre »
Ouvrir des portes sur le marché du travail international

Develop cognitive abilities by promoting the creation of new ways of associating information and developing critical analysis and balanced judgment.

Develop creative capacity by acquiring new communication tools.

Develop intellectual abilities by activating memory to resolve situations.

Promote concentration and open-mindedness in reflection and argumentation.

Acquiring and improving specific communication and listening skills to express and accept personal opinions.

Help increase confidence and motivation in daily life and in the workplace by learning to take the "other" into account.

Open doors to the international job market.

Contenus

L'assistant ingénieur

Rédiger un rapport sur le stage industriel en tant qu'ingénieur assistant du 6ème semestre en espagnol et faire une soutenance de cette deuxième expérience industrielle. De plus, une affiche sera créée résumant les aspects les plus pertinents de l'entreprise et du travail réalisé.

Les séances seront organisées comme suit :

Séance 1 : Création et validation par l'enseignant en fin de séance du plan de travail (Gantt) dans un tableur (type Excel). Atelier de traduction.

Séances 2-3-4-5-6-7-8 (ou 2-3-4) : atelier de traduction

Séance 7-8 (ou 4) : Atelier de traduction. Exposition des affiches. Présentations.

La présentation orale consistera en une présentation résumée du travail réalisé devant un public désigné ou une caméra si le sujet est confidentiel. La présentation orale se fera en 5 à 6 minutes à l'aide d'un support visuel (diaporama).

La date limite de remise de toute la documentation : rapport, diaporama, affiche (au format numérique et au format imprimé A3) est la dernière semaine de cours. Le plan de travail évolutif doit être remis à la fin de la première séance.

Le rapport sera composé de : une présentation de l'entreprise ou de l'établissement, une présentation du sujet de stage en mentionnant l'existant et le travail à réaliser, un résumé du travail réalisé, une conclusion, un glossaire français-espagnol et un résumé.

Le rapport sera remis en pdf. Celui-ci ne comportera pas plus de 4 000 mots (ni moins de 3 000) et sera accompagné d'illustrations qui aideront à la compréhension du rapport.

Assistant Engineer

Write a report on the sixth-semester industrial internship as an assistant engineer in Spanish and present a thesis defense of this second industrial experience. In addition, a poster will be created summarizing the most relevant aspects of the company and the work performed.

The sessions will be organized as follows:

Session 1: Creation and validation by the instructor at the end of the session of the work plan (Gantt) in a spreadsheet (Excel). Translation workshop.

Sessions 2-3-4-5-6-7-8 (or 2-3-4): Translation workshop

Session 7-8 (or 4): Translation workshop. Poster exhibition. Presentations.

The oral presentation will consist of a summary of the work completed in front of a designated audience or a camera if the topic is confidential. The oral presentation will last 5 to 6 minutes using a visual aid (slideshow). The deadline for submitting all documentation: report, slideshow, poster (in digital and A3 print format) is the last week of classes. The evolving work plan must be submitted at the end of the first session.

The report will consist of: a presentation of the company or institution, a presentation of the internship topic, mentioning the existing framework and the work to be completed, a summary of the work completed, a conclusion, a French-Spanish glossary, and an executive summary.

The report will be submitted in PDF format. It will be no more than 4,000 words (nor fewer than 3,000) and will be

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

| | |
|---|---|
| | <i>accompanied by illustrations to aid in understanding the report.</i> |
| Méthodes et/ou moyens pédagogiques | Utilisation des ressources informatiques pour le recueil d'informations Maîtrise des techniques de rédaction Optimisation des outils de présentation Apprentissage des techniques de prise de parole <i>Using IT resources to gather information Mastering writing techniques Optimizing presentation tools Learning public speaking techniques</i> |

Prérequis pour l'EC

| | |
|------------------|--|
| Prérequis | Avoir suivi l'espagnol en tant que LV2 dans sa formation précédente. <i>have taken Spanish as LV2 in their previous training.</i> |
|------------------|--|

Travail personnel hors présentiel

| | |
|------------------------|---|
| Volume horaire | 15 minutes / jour-day Heures |
| Type de travail | Pratique quotidienne des quatre compétences langagières : compréhension orale, compréhension écrite, expression orale et expression écrite. <i>Daily practice of the four language skills: listening, reading, speaking and writing.</i> |

Ressources bibliographiques

Des conseils sur l'apprentissage de la langue ainsi qu'une bibliographie seront donnés en cours.
Advice on learning the language as well as a bibliography will be given during the course.

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

| | |
|----------------------------|--------------|
| Code EC | IGENI-EC0753 |
| Code UE | IGENI-UE0705 |
| Coefficient interne à l'EC | 2,1 |

| | |
|---------------------------|-------------------|
| Coordinateur ENIT de l'EC | Rosemary Palliser |
|---------------------------|-------------------|

Présentation de l'EC

| | |
|-----------------------------|----------------------------------|
| Nom de l'EC | LV1-Anglais Préparation TOEIC |
| Nom(s) du/des enseignant(s) | Line Langlois, Rosemary Palliser |

| Volume Horaire/Format | Format | Heures |
|-----------------------|---------------------|------------------|
| | CM | H |
| | TD | 31 H |
| | TP | H |
| | Projet encadré | H |
| | Projet en autonomie | H |
| | Total | 31 heures |

Acquis d'apprentissage visés

| | |
|---------------|--|
| Compétence(s) | <p>COMMUNICATION PROFESSIONNELLE</p> <ul style="list-style-type: none"> compréhension écrite et orale de l'anglais professionnel au niveau minimal B2 du CECRL (Cadre Européen Commun de Référence pour les Langues) expression orale en anglais professionnel au niveau minimal B2 du CECRL interaction orale en anglais professionnel au niveau minimal B2 du CECRL |
| | <p>PROFESSIONAL COMMUNICATION</p> <ul style="list-style-type: none"> comprehension of written and spoken English at B2 level or higher on the CEFR (Common European Framework of Reference) oral expression in professional English at B2 level or higher (on the CEFR) oral interaction in professional English at B2 level or higher (on the CEFR) |

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 | <ul style="list-style-type: none">• certification du niveau minimal B2 des compétences de compréhension orale et écrite en langue anglaise par un organisme externe à l'École.• capacité de parler de son expérience professionnelle de manière formelle• <i>certification of B2 level or higher in written and listening comprehension by an external examination organisation</i>• <i>ability to talk about industrial work experience in a formal style and register</i> |
| Contenus | <ul style="list-style-type: none">• introduction au test TOEIC (Test of English for International Communication)• consolidation des bases grammaticales et du vocabulaire courant et spécifique• entraînement à chaque section du test avec corrections commentées• tests blancs• présentation orale du stage en entreprise (niveau assistant ingénieur)• <i>introduction to the TOEIC test</i>• <i>revision of commonly-tested grammar skills and vocabulary</i>• <i>exercises and corrections for each part of the TOEIC test</i>• <i>full practice tests</i>• <i>oral presentation of the student's industrial internship (assistant engineer level)</i> |
| Méthodes et/ou moyens pédagogiques | <ul style="list-style-type: none">• outils pédagogiques interactifs (Kahoot et autres)• <i>interactive pedagogical tools (Kahoot and others)</i> |

Prérequis pour l'EC

| | |
|------------------|---------------|
| Prérequis | Néant None |
|------------------|---------------|

Travail personnel hors présentiel

| | |
|------------------------|--|
| Volume horaire | 15 Heures |
| Type de travail | Étude du contenu du cours, travail lexical et grammatical, préparation de la présentation orale. <i>Review of classwork, vocabulary and grammar revision, preparation of oral presentation.</i> |

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Ressources bibliographiques

J. Marcelin, F. Faivre, C. Garner, M. Ratie, Le Robert et Nathan Grammaire de l'Anglais, Nathan, 2009

L. Langlois et C. Jones, Les points clefs de la grammaire anglaise, Fonctionnement, exemples, erreurs à éviter, Ellipses, 2018

C. Harvey et Danuta Langner, Les 100 fiches de grammaire du test TOEIC® , Hachette Éducation, 2024

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

| | |
|----------------------------|---------------|
| Code EC | IGENI-ECLV2AL |
| Code UE | IGENI-UE0705 |
| 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 | Langue vivante 2 Allemand |
| Nom(s) du/des enseignant(s) | Marie JEZIERSKI-ESPINOSA |

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

Acquis d'apprentissage visés

| | |
|---------------|---|
| Compétence(s) | <p>A l'issue de l'EC, les étudiants seront en mesure d'utiliser le vocabulaire relatif au monde de l'entreprise (Secteur d'activité, type d'entreprise, siège, chiffre d'affaires, nombres d'employés ...)</p> <p>Ils seront en mesure de comprendre les informations liées à une entreprise en particulier et seront capables de présenter une entreprise tant à l'oral qu'à l'écrit.</p> <p><i>At the end of the CE, students will be able to use vocabulary relating to the business world (sector of activity, type of company, head office, turnover, number of employees, etc.).</i></p> <p><i>They will be able to understand information relating to a particular company and will be able to present a company both orally and in writing.</i></p> |
|---------------|---|

Modalités d'évaluation

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

Langue d'enseignement

| | |
|--------|-----------------|
| Langue | Allemand/German |
|--------|-----------------|

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Objectifs de la formation visés

Objectifs généraux

Domaine cognitif :

- Comprendre le paysage économique de l'Allemagne actuelle
- Connaître le vocabulaire de l'économie et du monde de l'entreprise
- Avoir des notions sur l'actualité récente

Domaine pragmatique :

- Savoir parler d'une entreprise et de son rôle
- Savoir présenter un événement récent de manière claire et détaillé en utilisant le vocabulaire approprié lié à cet événement
- Être capable de discuter d'un événement récent et de donner son avis dessus

Domaine affectif :

- Avoir conscience de la diversité du groupe
- Être conscient de ses points forts tout en reconnaissant ceux des autres
- Développer l'entraide et le respect mutuel
- Développer les attitudes positives qui mènent à un climat propice à l'apprentissage

Cognitive domain :

- Understand the economic landscape of present-day Germany
- Knowledge of economic and business vocabulary
- Have a knowledge of recent events

Pragmatic domain :

- Know how to talk about a company and its role
- Be able to present a recent event in a clear and detailed way, using appropriate vocabulary linked to the event.
- Be able to discuss a recent event and give an opinion on it.

Emotional domain :

- Be aware of the diversity of the group
- Be aware of your own strengths while recognising those of others
- Developing mutual support and respect
- Develop positive attitudes that lead to a climate conducive to learning

Contenus

Cours n°1 : 10 heures

Chapitre 1 : das Unternehmen

1.1 Deutsche Familienunternehmen

Panorama des entreprises allemandes les plus compétitives, vocabulaire lié à l'économie, au monde du travail ...

1.2 Unternehmensvorstellung

Cas d'entreprise allemande ou germanophone en particulier : description, missions, enjeux, durabilité ...

Cours n°2 : 6 heures

Chapitre 2 : die Nachrichten

2.1 Aktuelle Nachrichten vorstellen / Diskussion

L'actualité permet d'aborder des thèmes variés (politiques, économiques, sportifs, culturels ...) Elle permet aussi de se questionner sur le monde qui nous entoure et sur la place de l'Allemagne (et des pays germanophones) en Europe et dans le monde.

2.2 Wortschatz und Medien

Diverses activités sur les médias germanophone, le vocabulaire journalistiques, activité de révision à partir des actualités présentées par les étudiants tout le long du semestre.

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

| | |
|---|---|
| | <p>Lesson 1: 10 hours Chapter 1: das Unternehmen 1.1 Deutsche Familienunternehmen Overview of the most competitive German companies, vocabulary relating to the economy, the world of work, etc. 1.2 Unternehmensvorstellung Case study of a German or German-speaking company in particular: description, missions, challenges, sustainability, etc.</p> <p>Lesson 2: 6 hours Chapter 2: die Nachrichten 2.1 Aktuelle Nachrichten vorstellen / Diskussion Current affairs provide an opportunity to discuss a variety of topics (political, economic, sporting, cultural, etc.). They also provide an opportunity to question the world around us and the place of Germany (and German-speaking countries) in Europe and the world. 2.2 Wortschatz und Medien Various activities on the German-speaking media, journalistic vocabulary, revision activity based on news items presented by students throughout the semester.</p> |
| Méthodes et/ou moyens pédagogiques | <p>Méthode active qui vise à mettre en action les étudiants et à les faire collaborer, mettre en commun leurs connaissances.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Alternance entre travail individuel et travaux de groupe. - Jeux de communication (les étudiants sont amenés à présenter une actualité récente, s'ensuit une discussion en classe sur cette actualités (donner son avis, faire le lien avec d'autres événements)) - jeux de rôle - Kahoot <p>An active method designed to get students involved, working together and pooling their knowledge.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Alternating between individual and group work. - Communication games (students are asked to present a recent news item, followed by a class discussion on this news item (giving their opinion, making links with other events)) - role-playing games - Kahoot |

Prérequis pour l'EC

| | |
|------------------|--|
| Prérequis | <p>Avoir un bon niveau A2 ou B1 selon le groupe</p> <p>A good level of A2 or B1 depending on the group</p> |
|------------------|--|

Travail personnel hors présentiel

| | |
|------------------------|--|
| Volume horaire | 2 Heures |
| Type de travail | <p>Présenter une actualité à l'oral devant le groupe, sans note et de manière claire (préparé à l'avance) Se préparer aux évaluations de type compréhension écrite ou orale sur les thème abordés en classe (revoir les activités, apprendre le vocabulaire et les expressions)</p> <p>Present a news item orally in front of the group, clearly and without notes (prepared in advance) Prepare for written and oral comprehension tests on topics covered in class (review activities, learn vocabulary and expressions)</p> |

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Ressources bibliographiques

Perfectionnement ou révision de la langue (A2 / B1 / B2)

- Nicos Weg – Deutsche Welle
- Goethe Institut: [Goethe-Institut Frankreich | Paris](#)

Approfondissement : monde de l'entreprise, actualités

- Documents authentiques issus de la presse et des médias audiovisuels germanophones nationaux et régionaux (articles, blog, vidéo)
- Site authentiques d'entreprises
- Reportage de la DW (Deutsche Welle)

<https://learngerman.dw.com/de/die-langsam-gesprochenen-nachrichten-im-daf-unterricht/a-67714129>

-

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

| | |
|----------------------------|---------------|
| Code EC | IGENI-ECLV2CH |
| Code UE | IGENI-UE0705 |
| 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 | Langue vivante 2 Chinois |
| Nom(s) du/des enseignant(s) | AUBIAN Jie |

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

Acquis d'apprentissage visés

| | |
|----------------------|---|
| Compétence(s) | <p>A l'issue de l'EC, les étudiants seront en mesure d'utiliser le vocabulaire relatif au monde de l'entreprise (Secteur d'activité, type d'entreprise, siège, chiffre d'affaires, nombres d'employés ...)</p> <p>Ils seront en mesure de comprendre les informations liées à une entreprise en particulier et seront capables de présenter une entreprise tant à l'oral qu'à l'écrit.</p> <p><i>At the end of the CE, students will be able to use vocabulary relating to the business world (sector of activity, type of company, head office, turnover, number of employees, etc.).</i></p> <p><i>They will be able to understand information relating to a particular company and will be able to present a company both orally and in writing.</i></p> |
|----------------------|---|

Modalités d'évaluation

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

Langue d'enseignement

| | |
|--------|-----------------|
| Langue | Chinois/Chinese |
|--------|-----------------|

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Objectifs de la formation visés

Objectifs généraux

Domaine cognitif :

- Comprendre le paysage économique de la chine actuelle
- Connaître le vocabulaire de l'économie et du monde de l'entreprise
- Avoir des notions sur l'actualité récente

Domaine pragmatique :

- Savoir parler d'une entreprise et de son rôle
- Savoir présenter un évènement récent de manière claire et détaillé en utilisant le vocabulaire approprié lié à cet évènement
- Être capable de discuter d'un événement récent et de donner son avis dessus

Domaine affectif :

- Avoir conscience de la diversité du groupe
- Être conscient de ses points forts tout en reconnaissant ceux des autres
- Développer l'entraide et le respect mutuel
- Développer les attitudes positives qui mènent à un climat propice à l'apprentissage

Cognitive domain :

- *Understanding China's current economic landscape*
- *Knowledge of economic and business vocabulary*
- *Have a knowledge of recent events*

Pragmatic domain :

- *Know how to talk about a company and its role*
- *Be able to present a recent event in a clear and detailed way, using appropriate vocabulary linked to the event.*
- *Be able to discuss a recent event and give an opinion on it.*

Emotional domain :

- *Be aware of the diversity of the group*
- *Be aware of your own strengths while recognising those of others*
- *Developing mutual support and respect*
- *Develop positive attitudes that lead to a climate conducive to learning*

Contenus

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

| | |
|---|--|
| Méthodes et/ou moyens pédagogiques | <p>Méthode active qui vise à mettre en action les étudiants et à les faire collaborer, mettre en commun leurs connaissances.</p> <ul style="list-style-type: none">– Alternance entre travail individuel et travaux de groupe.– Jeux de communication (les étudiants sont amenés à présenter une actualité récente, s'ensuit une discussion en classe sur cette actualités (donner son avis, faire le lien avec d'autres évènements))– jeux de rôle <p><i>An active method designed to get students involved, working together and pooling their knowledge.</i></p> <ul style="list-style-type: none">– <i>Alternating between individual and group work.</i>– <i>Communication games (students are asked to present a recent news item, followed by a class discussion on this news item (giving their opinion, making links with other events))</i>– <i>role-playing games</i> |
|---|--|

Prérequis pour l'EC

| | |
|------------------|--|
| Prérequis | |
|------------------|--|

Travail personnel hors présentiel

| | |
|------------------------|--|
| Volume horaire | 2 Heures |
| Type de travail | <p>Présenter une actualité à l'oral devant le groupe, sans note et de manière claire (préparé à l'avance) Se préparer aux évaluations de type compréhension écrite ou orale sur les thème abordés en classe (revoir les activités, apprendre le vocabulaire et les expressions)</p> <p><i>Present a news item orally in front of the group, clearly and without notes (prepared in advance)</i> <i>Prepare for written and oral comprehension tests on topics covered in class (review activities, learn vocabulary and expressions)</i></p> |

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Ressources bibliographiques

Perfectionnement ou révision de la langue (A2 / B1 / B2)

- Nicos Weg – Deutsche Welle
- Goethe Institut: [Goethe-Institut Frankreich | Paris](#)

Approfondissement : monde de l'entreprise, actualités

- Documents authentiques issus de la presse et des médias audiovisuels germanophones nationaux et régionaux (articles, blog, vidéo)
- Site authentiques d'entreprises
- Reportage de la DW (Deutsche Welle)

<https://learngerman.dw.com/de/die-langsam-gesprochenen-nachrichten-im-daf-unterricht/a-67714129>

-

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

| | |
|----------------------------|---------------|
| Code EC | IGENI-ECLV2IT |
| Code UE | IGENI-UE0705 |
| 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 | Langue vivante 2 Italien |
| Nom(s) du/des enseignant(s) | Balmoissiere Célia |

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

Acquis d'apprentissage visés

| | |
|---------------|---|
| Compétence(s) | <p>A l'issue de l'EC, les étudiants seront en mesure d'utiliser le vocabulaire relatif au monde de l'entreprise (Secteur d'activité, type d'entreprise, siège, chiffre d'affaires, nombres d'employés ...)</p> <p>Ils seront en mesure de comprendre les informations liées à une entreprise en particulier et seront capables de présenter une entreprise tant à l'oral qu'à l'écrit.</p> <p><i>At the end of the CE, students will be able to use vocabulary relating to the business world (sector of activity, type of company, head office, turnover, number of employees, etc.).</i></p> <p><i>They will be able to understand information relating to a particular company and will be able to present a company both orally and in writing.</i></p> |
|---------------|---|

Modalités d'évaluation

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

Langue d'enseignement

| | |
|--------|-----------------|
| Langue | Italien/Italian |
|--------|-----------------|

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Objectifs de la formation visés

Objectifs généraux

Domaine cognitif :

- Comprendre le paysage économique de l'Italie actuelle
- Connaître le vocabulaire de l'économie et du monde de l'entreprise
- Avoir des notions sur l'actualité récente

Domaine pragmatique :

- Savoir parler d'une entreprise et de son rôle
- Savoir présenter un événement récent de manière claire et détaillé en utilisant le vocabulaire approprié lié à cet événement
- Être capable de discuter d'un événement récent et de donner son avis dessus

Domaine affectif :

- Avoir conscience de la diversité du groupe
- Être conscient de ses points forts tout en reconnaissant ceux des autres
- Développer l'entraide et le respect mutuel
- Développer les attitudes positives qui mènent à un climat propice à l'apprentissage

Cognitive domain :

- *Understanding Italy's current economic landscape*
- *Knowledge of economic and business vocabulary*
- *Have a knowledge of recent events*

Pragmatic domain :

- *Know how to talk about a company and its role*
- *Be able to present a recent event in a clear and detailed way, using appropriate vocabulary linked to the event.*
- *Be able to discuss a recent event and give an opinion on it.*

Emotional domain :

- *Be aware of the diversity of the group*
- *Be aware of your own strengths while recognising those of others*
- *Developing mutual support and respect*
- *Develop positive attitudes that lead to a climate conducive to learning*

Contenus

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

| | |
|---|--|
| Méthodes et/ou moyens pédagogiques | <p>Méthode active qui vise à mettre en action les étudiants et à les faire collaborer, mettre en commun leurs connaissances.</p> <ul style="list-style-type: none">– Alternance entre travail individuel et travaux de groupe.– Jeux de communication (les étudiants sont amenés à présenter une actualité récente, s'ensuit une discussion en classe sur cette actualités (donner son avis, faire le lien avec d'autres évènements))– jeux de rôle <p><i>An active method designed to get students involved, working together and pooling their knowledge.</i></p> <ul style="list-style-type: none">– <i>Alternating between individual and group work.</i>– <i>Communication games (students are asked to present a recent news item, followed by a class discussion on this news item (giving their opinion, making links with other events))</i>– <i>role-playing games</i> |
|---|--|

Prérequis pour l'EC

| | |
|------------------|--|
| Prérequis | |
|------------------|--|

Travail personnel hors présentiel

| | |
|------------------------|--|
| Volume horaire | 2 Heures |
| Type de travail | <p>Présenter une actualité à l'oral devant le groupe, sans note et de manière claire (préparé à l'avance) Se préparer aux évaluations de type compréhension écrite ou orale sur les thème abordés en classe (revoir les activités, apprendre le vocabulaire et les expressions)</p> <p><i>Present a news item orally in front of the group, clearly and without notes (prepared in advance)</i> <i>Prepare for written and oral comprehension tests on topics covered in class (review activities, learn vocabulary and expressions)</i></p> |

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Ressources bibliographiques

Perfectionnement ou révision de la langue (A2 / B1 / B2)

- Nicos Weg – Deutsche Welle
- Goethe Institut: [Goethe-Institut Frankreich | Paris](#)

Approfondissement : monde de l'entreprise, actualités

- Documents authentiques issus de la presse et des médias audiovisuels germanophones nationaux et régionaux (articles, blog, vidéo)
- Site authentiques d'entreprises
- Reportage de la DW (Deutsche Welle)

<https://learngerman.dw.com/de/die-langsam-gesprochenen-nachrichten-im-daf-unterricht/a-67714129>

-

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

| | |
|----------------------------|--------------|
| Code UE | IGENI-UE0706 |
| Crédits ECTS | 4 |
| Coefficient interne à l'UE | 3,7 |

Présentation de l'UE

| | |
|-----------------------------|---|
| Nom de l'UE | SCIENCES ECONOMIQUES ET SOCIALES |
| Nom(s) du/des enseignant(s) | Anne-Edith Bard, Jérôme Colombani, Marie-Andrée Liet, Hélène Ransan, Patrice Ransan |

| Volume Horaire/Format | Format | Heures |
|-----------------------|---------------------|------------------|
| | CM | 1 H |
| | TD | 55 H |
| | TP | 0 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">– Entreprendre * comptabilité : états financiers, BFR, CAF, prix de vente, business plan * marketing : produit, cycle de vie, étude de marché, marketing mix, * droit : les structures juridiques de l'entreprise, l'immatriculation au RCS et la propriété industrielle.– Gestion des coûts Calculs de coûts dans l'entreprise : coûts complets et coûts partiels.– Entreprendre * <i>accounting: financial statements, WCR, cash flow, selling prices, business plan</i> * <i>Marketing: product, life cycle, market research, marketing mix,</i> * <i>Law: company legal structures, registration with the RCS and industrial property.</i>– Cost management <i>Company cost calculations: full costs and partial costs.</i> |
| Principaux objectifs généraux visés | <ul style="list-style-type: none">– Entreprendre (32h) Être capable de mettre en œuvre des notions de marketing, finance et droit dans le cadre d'un projet d'entrepreneuriat de groupe, et de comprendre les principaux enjeux de la création d'entreprise (de l'idée au lancement).– Gestion des coûts (24h) Définir les objectifs et les enjeux de la comptabilité analytique et de l'analyse des coûts en matière de pilotage de la performance. Appliquer les principes des méthodes de calcul de coût et déterminer la meilleure méthode à utiliser pour l'entreprise en fonction de ses besoins d'information.– Entrepreneurship (32 hrs) <i>To be able to apply marketing, finance and legal concepts to a group entrepreneurship project, and to understand the main issues involved in setting up a business (from idea to launch).</i>– Cost management (24h) <i>Defining the objectives and challenges of cost accounting and cost analysis in terms of performance management. Applying the principles of cost calculation methods and determining the best method to use for the company depending on its information needs.</i> |

Acquis d'apprentissage visés

| | |
|----------------------|--|
| Compétence(s) | <ul style="list-style-type: none">– Entreprendre : A l'issue de l'enseignement, l'étudiant sera capable d'aborder la pluridisciplinarité de la création d'entreprise, de construire un projet entrepreneurial et de préparer le lancement du projet.– Gestion des coûts : A l'issue de cet enseignement, les étudiants doivent être capables d'utiliser à bon escient les différentes méthodes de calcul de coûts et de faire évoluer le système de mesure des coûts pour en améliorer l'efficacité dans l'entreprise.– Entrepreneurship : <i>At the end of the course, students will be able to tackle the multidisciplinary aspects of setting up a business, construct an entrepreneurial project and prepare for its launch.</i>– Cost management : <i>At the end of this course, students should be able to make good use of the various methods of calculating costs and to develop the cost measurement system in order to improve its effectiveness within the company.</i> |
|----------------------|--|

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

| | |
|----------------------------|--------------|
| Code EC | IGENI-EC0761 |
| Code UE | IGENI-UE0706 |
| Coefficient interne à l'EC | 2,1 |

| | |
|---------------------------|------------------|
| Coordinateur ENIT de l'EC | Jérôme Colombani |
|---------------------------|------------------|

Présentation de l'EC

| | |
|-----------------------------|--|
| Nom de l'EC | Entreprendre Business |
| Nom(s) du/des enseignant(s) | Anne-Edith Bard, Jérôme Colombani, Marie-Andrée Liet |

| Volume Horaire/Format | Format | Heures |
|-----------------------|---------------------|------------------|
| | CM | 1H |
| | TD | 31 H |
| | TP | H |
| | Projet encadré | H |
| | Projet en autonomie | H |
| | Total | 32 heures |

Acquis d'apprentissage visés

| | |
|---------------|--|
| Compétence(s) | <p>A l'issue de l'enseignement, l'étudiant sera capable de :</p> <ul style="list-style-type: none"> - connaître les notions de base de comptabilité, marketing et droit - de mettre en œuvre les notions abordées dans le cadre d'un projet d'entrepreneuriat de groupe - de comprendre les principaux enjeux de la création d'entreprise (de l'idée au lancement) - d'aller chercher de l'information utile et fiable et de formuler des hypothèses réalistes - de prendre conscience de la pluridisciplinarité d'une activité entrepreneuriale - de présenter son projet et convaincre un jury |
| | <p>At the end of the course, students will be able to :</p> <ul style="list-style-type: none"> - understand basic accounting, marketing and legal concepts - apply the concepts covered in a group entrepreneurship project - understand the main issues involved in setting up a business (from idea to launch) - find useful, reliable information and formulate realistic hypotheses - become aware of the multi-disciplinary nature of entrepreneurial activity - present their project and convince a jury |

Modalités d'évaluation

| | |
|----------------------|-----------------|
| Formule d'évaluation | (3*CC1+2*DS1)/5 |
|----------------------|-----------------|

Langue d'enseignement

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

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Objectifs de la formation visés

Objectifs généraux

La matière s'inscrit dans le Référentiel CTI, notamment dans les champs suivants :

- Avoir une posture entrepreneuriale,
- Faire émerger une opportunité d'entreprendre,
- Construire un projet de création (*au moins un thème sur les enjeux sociétaux et environnementaux*)
- Agir et préparer le lancement de ce projet.

Plus en détails :

Séance d'introduction sur l'entrepreneuriat (1h)

Séances de cours :

-Comptabilité (Anne-Edith Bard - 4 séances de 2h) :

Appréhender les documents comptables obligatoires, la notion de BFR, de CAF et de soldes de gestion.

Les mettre en œuvre de manière pertinente dans le cadre d'un projet de création d'entreprise

-Marketing (Jérôme Colombani - 2 séances de 2h) :

Connaitre le rôle du marketing, ses limites et les principaux outils permettant d'analyser un marché

Préparer l'utilisation de ces outils pour étudier le marché auquel répond le projet de création.

-Droit (Marie-Andrée Liet - 1 séance de 2h) :

Comprendre l'intérêt de choisir la structure juridique de l'entreprise afin de gérer les risques juridiques notamment dans son activité commerciale et dans la gestion de l'activité

Séances d'accompagnement (12h) : mettre au point le projet : de l'idée au business plan

Séance de retour sur le dossier de synthèse des principaux résultats (2h): échanger avec les intervenants sur les erreurs ou imprécisions de ce dossier avant la présentation finale.

Présentation finale devant un jury (3h): savoir convaincre un jury

The subject is in line with the CTI Standards, particularly in the following areas:

- Adopting an entrepreneurial posture,
- Identify an entrepreneurial opportunity,
- Building a creative project,
- Taking action and preparing to launch the project.

More details :

Introductory session on entrepreneurship (1h)

Classroom sessions :

-Accounting (Anne-Edith Bard - 4 sessions of 2h):

Understand mandatory accounting documents, the concept of WCR, cash flow and management balances.

Apply them appropriately to a business start-up project.

-Marketing (Jérôme Colombani - 2 sessions of 2 hours):

Understand the role of marketing, its limits and the main tools used to analyze a market.

Prepare to use these tools to study the market to which the business creation project responds.

-Law (Marie-Andrée Liet - 1 session of 2 hours):

Understand the importance of choosing the right legal structure for your business, in order to manage legal risks, particularly in your commercial activity and business management.

Coaching sessions (12h): fine-tune your project: from idea to business plan

Feedback session on the summary of main results (2h): discuss any errors or inaccuracies in the summary before the final presentation.

Final presentation to a jury (3h): convincing a jury.

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Contenus

Anne-Edith Bard :

Séance 1 : découverte du système comptable et des documents comptables

Séance 2 : notions d'amortissement

Séance 3 : le BFR

Séance 4 : la CAF, les soldes de gestion

Séances d'accompagnement au projet (x3): accompagner les étudiants dans la mise au point de leur idée de création, dans la définition de leurs besoins en investissements, de leurs ressources, dans l'établissement des charges et des recettes (cohérence, pertinence...)

Apports de connaissance supplémentaire : sur le prix de vente, sur le business plan et le financement de la création d'entreprise

Séance de retour du dossier : retour oral sur la partie financière du dossier de leur projet

Jérôme Colombani

Séance 1 : Présentation du rôle du marketing (aide à la conception et à la vente), la notion de produit, de cycle de vie et de gammes.

Séance 2 : Les différents outils du marketing (outils de ciblage, de représentation de la filière, d'analyse de la concurrence, sources d'informations, le Mix)

Séances d'accompagnement au projet (x2):

Etudier avec chaque équipe le réalisme et la faisabilité de leurs idées **avec la prise en compte des notions de développement durable et d'enjeux environnementaux**. Accompagner les étudiants à la mise en place de l'étude du marché. Identifier les difficultés à surmonter pour aller au bout du projet.

Aider les étudiants à préparer la protection de leurs idées en fonction des risques et des besoins.

Apports de connaissance supplémentaire : sur l'étude du marché (cahier des charges et méthodologie) et sur les outils de la Propriété Industrielle (Brevet, marques, dessins, modèles et droits d'auteur)

Séance de retour du dossier : Retour oral sur la partie marketing, propriété industrielle et organisation industrielle et logistique du projet

Marie-Andrée Liet :

Séance 1 : Les structures juridiques de entreprises et immatriculation au RCS

Séances d'accompagnement au projet (x1): application à chaque projet

Anne-Edith Bard :

Session 1: discovering the accounting system and accounting documents

Session 2: depreciation concepts

Session 3: WCR

Session 4: cash flow and management balances

Project support sessions (x3): support students in fine-tuning their business idea, defining their investment needs and resources, and establishing costs and revenues (consistency, relevance, etc.).

Additional knowledge: on selling prices, business plans and financing the creation of a company.

Feedback session: oral feedback on the financial part of their project file.

Jérôme Colombani

Session 1: Presentation of the role of marketing (design and sales support), the notion of product, life cycle and ranges.

Session 2: The different marketing tools (targeting tools, industry representation, competitor analysis, information sources, the Mix).

Project coaching sessions (x2):

Discuss with each team the realism and feasibility of their ideas, taking into account sustainable development concepts. Accompany students in setting up the market study. Identify the difficulties to be overcome to complete the project.

Help students prepare the protection of their ideas according to risks and needs.

Additional knowledge: on market research (specifications and methodology) and on Industrial Property tools (patents, trademarks, designs, models and copyrights).

Feedback session: Oral feedback on the marketing, industrial property and industrial organization and logistics

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

| | |
|------------------------------------|--|
| | <p>aspects of the project.</p> <p>Marie-Andrée Liet : Session 1: Legal structures of companies and RCS registration</p> <p>Project support sessions (x1): application to each project</p> |
| Méthodes et/ou moyens pédagogiques | <p>Parties théoriques complétées par des exercices d'application Accompagnement : questionnement, approfondissement, correction ... des idées, des chiffres proposés au fur et à mesure du projet.</p> <p>Témoignages : Ces interventions sont complétées par les témoignages de créateurs d'entreprises qui interviennent à différents moments (Démarrage de l'EC, séance de travail collective et jury d'évaluation finale)</p> <p><i>Theoretical parts supplemented by application exercises Coaching: questioning, deepening, correcting... ideas and figures proposed as the project progresses.</i></p> <p>Testimonials : <i>These presentations are complemented by testimonials from entrepreneurs who intervene at different times (CE start-up, group work session and final evaluation jury).</i></p> |

Prérequis pour l'EC

| | |
|-----------|--|
| Prérequis | <p>Notions vues au cours de la scolarité à l'ENIT : économie d'entreprise, économie générale, gestion des coûts, communication, génie industriel.</p> <p><i>Notions seen during ENIT studies: business economics, general economics, cost management, communication, industrial engineering.</i></p> |
|-----------|--|

Travail personnel hors présentiel

| | |
|-----------------|--|
| Volume horaire | 15 Heures |
| Type de travail | <p>Travailler la partie cours pour valider ses acquis (6h) Faire avancer son projet entre les séances de travail en équipe, préparer un dossier de synthèse des principaux résultats, préparer une soutenance (9h)</p> <p><i>Work on the course part to validate the knowledge acquired (6h) Make progress on your project between teamwork sessions, prepare a summary of the main results, prepare a presentation (9h)</i></p> |

Ressources bibliographiques

Pour la comptabilité/finance :

*Les fiches outils de la CREATION D'ENTREPRISE

sous la direction de Michelle Jean-Baptiste
Editions Eyrolles

*Tout savoir sur la création d'entreprise

Julie BRUNET
Editions Ellipses7

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

| | |
|----------------------------|--------------|
| Code EC | IGENI-EC0762 |
| Code UE | IGENI-UE0706 |
| Coefficient interne à l'EC | 1,6 |

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

Présentation de l'EC

| | |
|-----------------------------|--------------------------------------|
| Nom de l'EC | Gestion des coûts Cost management |
| Nom(s) du/des enseignant(s) | Patrice Ransan et Hélène Ransan |

| 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>A l'issue de cet EC, les étudiants doivent être capables d'utiliser à bon escient les différentes méthodes de calcul de coûts et de faire évoluer le système de mesure des coûts pour en améliorer l'efficacité dans l'entreprise.</p> <p>At the end of this CE, students should be able to use the various costing methods wisely, and develop the cost measurement system to improve its efficiency within the company.</p> |
|---------------|--|

Modalités d'évaluation

| | |
|----------------------|-------------------------|
| Formule d'évaluation | $(1*CC1+1*CC2+3*DS1)/5$ |
|----------------------|-------------------------|

Langue d'enseignement

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

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Objectifs de la formation visés

Objectifs généraux

Définir les objectifs et les enjeux de la comptabilité analytique et de l'analyse des coûts en matière de pilotage de la performance.

Appliquer les principes des méthodes de calcul de cots et déterminer la meilleure méthode à utiliser pour l'entreprise en fonction de ses besoins d'informations.

Define the objectives and challenges of cost accounting and cost analysis in terms of performance management. Apply the principles of costing methods and determine the best method to use for the company's information needs.

Contenus

Hélène Ransan - 12 heures

Séance TD1 - La notion de coût

Définition d'un coût.

Typologie des coûts.

Etude de cas : reconstitution d'un processus de production d'une entreprise industrielle (travail de groupe).

Séances TD2 à TD4 - Calcul de coûts complets par la méthode des centres d'analyse

Etude de cas : calcul des coûts complets.

Séance TD5 et TD6 - Calcul de coûts complets par la méthode par activités

Contrôle continu - étude de cas.

Analyse des limites de la méthode des centres d'analyse dans un contexte économique changeant.

Découverte de la méthode de calcul de coûts par activités : échanges sur le questionnaire à compléter à la maison à partir de diaporamas commentés.

Etude de cas : analyse d'une méthode de fixation de devis par la méthode des centres d'analyse - critique - calcul du devis avec la méthode par activités et comparaison.

Synthèse sur les apports de la méthode par activités dans un contexte économique changeant.

Patrice Ransan - 12 heures

TD1&2 : Le seuil de rentabilité

1.1. La modélisation des charges

1.2. Le seuil de rentabilité

1.3. Les développements du modèle de base

TD3&4 : Le coût cible

2.1. Caractéristiques de la méthode du coût objectif

2.2. Mise en œuvre de la méthode du coût objectif

2.3. Analyse de la valeur

2.4. Les limites du coût cible

TD5&6 : Le coût marginal + Contrôle continu : étude de cas

3.1. Notion de coût marginal et évolution

3.2. Le coût marginal : un instrument d'aide à la décision

3.3. Intérêt et limites

Hélène Ransan - 12 hours

TD1 session - The notion of cost

Definition of a cost.

Typology of costs.

Case study: reconstruction of an industrial company's production process (group work).

Sessions TD2 to TD4 - Full costing using the cost center method

Case study: full costing.

Sessions TD5 and TD6 - Activity-based costing

Continuous assessment - case study.

Analysis of the limits of the analysis center method in a changing economic context.

Introduction to the activity-based costing method: discussion of the questionnaire to be completed at home, based on commented slideshows.

Case study: analysis of a costing method using the analysis centers method - critique - calculation of costing using the activity-based method and comparison.

Summary of the benefits of the activity-based method in a changing economic context.

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

| | |
|--|---|
| | <p>Patrice Ransan - 12 hours TD1&2 : Break-even point 1.1. Modeling expenses 1.2. The break-even point 1.3. Developing the basic model TD3&4: Target cost 2.1. Characteristics of the target cost method 2.2 Implementing the target cost method 2.3. Value analysis 2.4. The limits of target costing TD5&6: Marginal cost + Continuous assessment: case study 3.1 Notion of marginal cost and evolution 3.2. Marginal cost: a decision-making tool 3.3 Interest and limitations</p> |
| <p>Méthodes et/ou moyens pédagogiques</p> | <p>Reconstitution d'un processus de production avec des étiquettes et à partir d'un texte ou d'une vidéo. Classe inversée : découverte des notions théoriques à la maison et application dans le cadre d'une étude de cas et questionnaire à compléter.</p> <p>Etude de cas issus de leur expérience, analyse des contextes et implications</p> <p><i>Reconstruction of a production process using labels and a text or video. Flipped classroom: discover theoretical concepts at home and apply them in a case study with a questionnaire to complete.</i></p> <p><i>Case studies based on their own experience, analysis of contexts and implications.</i></p> |

Prérequis pour l'EC

| | |
|-------------------------|---|
| <p>Prérequis</p> | <p>Notions de compte de résultat et de charges (module entrepreneuriat - partie comptabilité financière).</p> <p><i>Notions of income statements and expenses (entrepreneurship module - financial accounting section).</i></p> |
|-------------------------|---|

Travail personnel hors présentiel

| | |
|-------------------------------|---|
| <p>Volume horaire</p> | <p>6 Heures</p> |
| <p>Type de travail</p> | <p>Découvrir les principes et les méthodes de calcul de coûts. Faire les exercices d'application. Faires des exercices complémentaires. Réviser le cours.</p> <p><i>Discover the principles and methods of cost calculation. Do application exercises. Do complementary exercises. Review the course.</i></p> |

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Ressources bibliographiques

Ouvrages de DCG

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

| | |
|----------------------------|----------------|
| Code UE | IGENI-UE0707GM |
| Crédits ECTS | 6 |
| Coefficient interne à l'UE | 6,4 |

Présentation de l'UE

| | |
|-----------------------------|--|
| Nom de l'UE | OPTION GENIE MECANIQUE |
| Nom(s) du/des enseignant(s) | M. BARD Denis M. BARRABES Marc M. DALVERNY Olivier M. DE LUYCKER Emmanuel M. GARNIER Christian M. MAZENC Guillaume M. OUAGNE Pierre M. SCHONHOFEN Emmanuel M. SULTAN Charles Tarek M. VIVES Marc M. WAGNER Vincent |

| Volume Horaire/Format | Format | Heures |
|-----------------------|---------------------|-------------------|
| | CM | 38 H |
| | TD | 42 H |
| | TP | 23 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 | <p>Les principaux thèmes abordés dans cette UE couvrent des domaines variés de la mécanique et de l'ingénierie, mettant l'accent sur la modélisation, la conception, le dimensionnement, et l'optimisation des structures et procédés industriels. Plus précisément les thèmes traités sont :</p> <ul style="list-style-type: none">• Structures composites• Mécanique de la rupture• Transmission de puissance• Conception avancée• Usinage haute performance• Métrologie• Procédés d'obtention directe par fonderie et fabrication additive <p><i>The main topics covered in this course cover various areas of mechanics and engineering, with an emphasis on the modeling, design, dimensioning and optimization of industrial structures and processes. More specifically, the topics covered are :</i></p> <ul style="list-style-type: none">• <i>Composite structures</i>• <i>Fracture mechanics</i>• <i>Power transmission</i>• <i>Advanced design</i>• <i>High-performance machining</i>• <i>Metrology</i>• <i>Direct casting and additive manufacturing processes</i> |
| Principaux objectifs généraux visés | <p>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 :</p> <ul style="list-style-type: none">• Savoir dimensionner les composants d'une chaîne de transmission de puissance.• Savoir concevoir une famille de mécanismes paramétrés à partir d'un cahier des charges• Connaître les différentes stratégies d'usinage pour un usinage à hautes performances.• Comprendre les méthodes numériques de traitement des données en métrologie tridimensionnelle.• Connaître les différents procédés de moulage et de fabrication additive.• Modéliser et dimensionner des structures composites par la théorie des stratifiés.• Mettre en œuvre les méthodes de la mécanique linéaire de la rupture pour dimensionner des pièces ou des structures en présence de fissures macroscopiques. <p><i>The main objectives of this course are to model and dimension components and structures, and to study and select processes. Particular focus is placed on :</i></p> <ul style="list-style-type: none">• <i>Know how to dimension the components of a power transmission chain.</i>• <i>Know the different machining strategies for high-performance machining.</i>• <i>Understand digital data processing methods for three-dimensional metrology.</i>• <i>Know the different casting and additive layer manufacturing processes.</i>• <i>Model and dimension composite structures using laminate theory.</i>• <i>Apply linear fracture mechanics methods to dimension parts or structures in the presence of macroscopic cracks.</i> |

Acquis d'apprentissage visés

| | |
|----------------------|--|
| Compétence(s) | <p>A l'issue de l'UE, les étudiants seront capables dans leur futur métier de concevoir, analyser, dimensionner et mettre en œuvre des systèmes mécaniques complexes dans divers domaines. Ils seront en mesure de :</p> <ul style="list-style-type: none">• Modéliser et dimensionner des structures composites en utilisant la théorie des stratifiés.• Modéliser le comportement mécanique et dimensionner des pièces ou des structures en présence de fissures macroscopiques en utilisant les méthodes de la mécanique linéaire de la rupture.• Choisir et dimensionner les composants d'une chaîne de transmission de puissance complexe.• Déterminer les dimensions fonctionnelles d'un mécanisme plan, construire un squelette CAO et effectuer une conception modulaire.• Choisir des stratégies d'usinage pour un usinage à hautes performances.• Mettre en œuvre des méthodes numériques de traitement des données en métrologie tridimensionnelle.• Concevoir et optimiser des pièces et des moules en moulage en sable, et appréhender les différents procédés de moulage et de fabrication additive. |
|----------------------|--|

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

On completion of this course, students will be able to design, analyze, dimension and implement complex mechanical systems in a variety of fields. They will be able to:

- Model and dimension composite structures using laminate theory.
- Model the mechanical behavior and dimension parts or structures in the presence of macroscopic cracks, using linear fracture mechanics methods.
- Select and size the components of a complex power transmission chain.
- Determine the functional dimensions of a planar mechanism, build a CAD skeleton and perform a modular design.
- Select machining strategies for high-performance machining.
- Implement digital data processing methods for three-dimensional metrology.
- Design and optimize parts and molds in sand casting and understand the different casting and additive layer manufacturing processes.

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

| | |
|----------------------------|----------------|
| Code EC | IGENI-EC0771GM |
| Code UE | IGENI-UE0707GM |
| Coefficient interne à l'EC | 1,2 |

| | |
|---------------------------|---------------|
| Coordinateur ENIT de l'EC | Pierre OUAGNE |
|---------------------------|---------------|

Présentation de l'EC

| | |
|-----------------------------|----------------------------------|
| Nom de l'EC | Structures composites |
| Nom(s) du/des enseignant(s) | Pierre OUAGNE, Christian GARNIER |

| Volume Horaire/Format | Format | Heures |
|-----------------------|---------------------|------------------|
| | CM | 6 H |
| | TD | 4 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 l'EC, l'étudiant sera capable de dimensionner une pièce composite grâce à sa connaissance de la théorie des stratifiés et à l'utilisation d'un logiciel de calcul par éléments finis.</p> <p><i>At the end of the course, students will be able to dimension a composite part thanks to their knowledge of laminate theory and the use of finite element software.</i></p> |
|---------------|--|

Modalités d'évaluation

| | |
|----------------------|-----------------------------------|
| Formule d'évaluation | $(1 \cdot DS1 + 1 \cdot TP1) / 2$ |
|----------------------|-----------------------------------|

Langue d'enseignement

| | |
|--------|----------|
| Langue | Français |
|--------|----------|

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Objectifs de la formation visés

Objectifs généraux

- Savoir dimensionner une pièce composite à partir des constituants de renfort et de matrice
- Comprendre la théorie des stratifiés et les grandes règles de dimensionnement des composites monolithiques ou sandwich
- Etre capable d'utiliser la théorie des stratifiés dans un code de calcul de structures.
- *Know how to dimension a composite part based on reinforcement and matrix components*
- *Understand laminate theory and the main rules for dimensioning monolithic or sandwich composites.*
- *Be able to apply laminate theory within a structural analysis code.*

Contenus

Cours/TD n° 1 : 2h
Rappels sur l'élasticité linéaire, changements de base. Application avec un pli UD. Calculs sous tableur ou matlab

Cours/TD n° 2 : 2h
Théorie des stratifiés partie 1 : Définition générale, et simplification vers les contraintes planes. Définition de l'équation constitutive du stratifié et des constituants A, B et D. Application : calcul des paramètres A, B, D pour un stratifié à 4 couches. Calculs sous tableur ou matlab

Cours/TD n°3 :2h
Calcul des contraintes dans les couches du stratifiés et définition de critères de rupture dans le cadre d'une pièce chargée. Applications à des cas de chargement de plaques pour des stratifiés UD Calculs sous tableur ou matlab

Cours/TD n°4 : 2h
Dimensionnement de structures composites UD, tissus, mats, ou mélange de renforts via la théorie des stratifiés. Application : Choix des types de renforts selon le type de sollicitations. Calculs sous tableur ou matlab

Cours/TD n°5 : 2h
Définition des notions de contraintes internes. Importance de leur prise en compte, et amplitude de ces contraintes internes. Application : Evaluation des contraintes internes dans le cas d'une plaque non chargée. Calculs sous tableur ou matlab

Cours/TD n°6 : 3h
Utilisation de la théorie des stratifiés aux poutres. Notions de matériaux sandwich, et définitions des matériaux d'ame. Calculs sous tableur ou matlab

Cours/TD n°7 :3h
Utilisation de la théorie des stratifiés en tenant compte des contraintes internes. Révisions

TP3 : 3h
Etude d'une application composite à l'aide d'un logiciel éléments finis

Lecture/DD no. 1: 2 hrs
Reminders on linear elasticity, basic changes. Application with a UD ply. Calculations in spreadsheet or matlab

Course/DD no. 2: 2h
Laminate theory part 1: General definition, and simplification to plane stresses. Definition of the laminate constitutive equation and of A, B and D constituents. Application: calculation of parameters A, B, D for a 4-layer laminate. Calculations using spreadsheet or matlab

Course/DD n°3 :2h
Calculation of stresses in laminate layers and definition of failure criteria for a loaded part. Applications to plate loading cases for UD laminates Calculations using spreadsheet or matlab

Course/DD n°4 : 2h
Sizing of UD composite structures, fabrics, mats, or mixed reinforcements using laminate theory. Application: Choice of types of reinforcement according to the type of stress. Calculations with spreadsheet or matlab

Course/DD n°5 : 2h
Definition of internal stresses. Importance of taking them into account, and amplitude of these internal stresses. Application: Evaluation of internal stresses in the case of an unloaded plate. Calculations using spreadsheet or matlab

Course/DD n°6 : 3h
Application of laminate theory to beams. Notions of sandwich materials, and definitions of core materials. Calculations in spreadsheet or matlab

Course/DD n°7 :3h
Use of laminate theory, taking account of internal stresses. Review

TP3 : 3h
Study of a composite application using finite element software

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Méthodes et/ou moyens pédagogiques

- **Logiciel utilisé :** Abaqus
- **Software Used:** Abaqus.

Prérequis pour l'EC

Prérequis

RDM et mécanique des milieux continus.

Travail personnel hors présentiel

Volume horaire

Révisions pour DS 3h et 5 heures pour le TP *Heures*

Type de travail

Révisions pour DS 3h
Rédaction du compte-rendu du TP 5h

Ressources bibliographiques

JM Berthelot ; Matériaux composites : Comportement mécanique et analyse des structures (5eme édition)

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

| | |
|----------------------------|----------------|
| Code EC | IGENI-EC0772GM |
| Code UE | IGENI-UE0707GM |
| Coefficient interne à l'EC | 0,7 |

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

Présentation de l'EC

| | |
|-----------------------------|--|
| Nom de l'EC | Mécanique de la rupture <i>Fracture mechanics</i> |
| Nom(s) du/des enseignant(s) | Olivier DALVERNY |

| Volume Horaire/Format | Format | Heures |
|--------------------------|---------------------|------------------|
| | CM | 8 H |
| | TD | 4 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 enseignement, l'étudiant dans un contexte de travail en bureau de calcul, ou bureau d'étude, sera capable de comprendre et d'analyser le comportement mécanique de pièces ou de structures en présence de fissures macroscopiques.</p> <ul style="list-style-type: none"> Il sera capable d'identifier cette classe de problème et de choisir une méthode de résolution appropriée au cas de la mécanique linéaire de la rupture, Il saura modéliser et dimensionner des pièces mécaniques fissurées à l'aide de méthodes analytiques, Il sera à même de comprendre les différents paramètres clef de la mécanique de la rupture. <p>A l'issue de l'EC, les étudiants seront capables de mettre en œuvre les méthodes de la mécanique linéaire de la rupture pour répondre aux exigences d'applications industrielles particulières. Ils disposeront aussi des éléments de base pour étendre la mise en œuvre des méthodes de la mécanique de la rupture aux outils numériques (méthode des éléments finis notamment).</p> <p><i>Upon completion of this course, the student will be able to understand and analyze the mechanical behavior of parts or structures in the presence of macroscopic cracks, in the context of work in a design or engineering office.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <i>They will be able to identify this class of problem and choose a method appropriate to the case of linear fracture mechanics,</i> <i>They will be able to model and dimension cracked mechanical pieces using analytical methods,</i> <i>Understand the key parameters of fracture mechanics.</i> <p><i>At the end of the course, students will be able to apply linear fracture mechanics methods to meet the requirements of specific industrial applications. They will also have the basic knowledge needed to extend the application of fracture mechanics methods to numerical tools (finite element methods in particular).</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

L'objectif de ce cours est de donner à l'étudiant les outils de base d'analyse de la mécanique de la rupture. Il s'agit de l'étude du comportement mécanique de pièces ou de structures en présence de fissures macroscopiques.

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, de ténacité, de taux de restitution d'énergie, etc.

The objective of this course is to provide students with the basic tools for fracture mechanics analysis. This is the study of the mechanical behavior of parts or structures in the presence of macroscopic cracks. In the context of linear fracture mechanics, students should be familiar with the main results of stress analysis in the vicinity of a crack. They should be familiar with the concepts of stress intensity factor, toughness, and energy release rate.

Contenus

1. Analyse des fissures en élasticité linéaire bidimensionnelle
Champs de contraintes et de déplacements
Notion de Facteur d'intensité des contraintes
Notion de ténacité
 2. 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
 3. Méthodes énergétiques
Taux de restitution d'énergie (G)
Intégrales de contours (J)
 4. Propagation de fissures
Critères de bifurcation et lois de propagation de fissures
-
1. *Analysis of Cracks in Two-Dimensional Linear Elasticity*
Stress and displacement fields
Concept of Stress Intensity Factor
Concept of Fracture Toughness
 2. *Plastic Analysis Near a Crack*
Irwin's Approach
Plastic zone correction and effective Stress Intensity Factor
Experimental determination of Fracture Toughness
 3. *Energy-Based Methods*
Energy Release Rate (G)
Contour Integrals (J)
 4. *Crack Propagation*
Bifurcation criteria and crack propagation laws

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Méthodes et/ou moyens pédagogiques

Les étudiants disposent d'un fascicule de cours d'une quarantaine de pages qui présente une synthèse des notions traités. Les quatre séances de cours sont données en amphithéâtre. 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.

Students receive a 40-page course booklet that summarizes the concepts covered. The four sessions take place in the lecture hall. The booklet is supplemented by a PowerPoint presentation. It is available on moodle. A practical workbook will be used for the two tutorial sessions. Exercises are to be prepared before the tutorial session.

Prérequis pour l'EC

Prérequis

Cours de résistance des matériaux et de mécanique des solides S5

Solid Mechanics and Strength of Materials Course S5

Travail personnel hors présentiel

Volume horaire

12 Heures

Type de travail

Relecture régulière du cours.
Visualisation de vidéos recommandées en séance.
Préparation des TD.
Révision de l'examen.

*Regular review of the course material.
Watching videos recommended during the sessions.
Preparing for practical exercises (TD).
Studying for the exam.*

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Ressources bibliographiques

N. Recho : "Rupture par fissuration des structures", Ed. Hermès, 1995.

D. Broek : "Elementary engineering fracture mechanics", Kluwer Academic Publishers, 1996.

J. Lemaitre et J.-L. Chaboche : "Mécanique des matériaux solides", Ed. Dunod, 2ième ed. 1996.

D. François, A. Pineau et A. Zaoui : "Comportement mécanique des matériaux", Ed. Hermès, 1983.

J. -B. Leblond : "Mécanique de la rupture fragile et ductile", Ed. Hermès, 2003.

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

| | |
|----------------------------|----------------|
| Code EC | IGENI-EC0773GM |
| Code UE | IGENI-UE0707GM |
| Coefficient interne à l'EC | 0,7 |

| | | |
|---------------------------|---------------------|-------------------------|
| Coordinateur ENIT de l'EC | SCHÖNHOFEN Emmanuel | Cliquez |
|---------------------------|---------------------|-------------------------|

Présentation de l'EC

| | |
|-----------------------------|--|
| Nom de l'EC | Transmission de puissance <i>Power transmission</i> |
| Nom(s) du/des enseignant(s) | SCHÖNHOFEN Emmanuel |

| Volume Horaire/Format | Format | Heures |
|-----------------------|---------------------|------------------|
| | CM | 8 H |
| | TD | 4 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 enseignement les étudiants seront capables de :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dimensionner un engrenage à denture droite corrigée - Comprendre la répartition des puissances dans les véhicules hybrides utilisant un train planétaire - Déterminer le comportement en vitesse d'un véhicule <p>At the end of this course, students will be able to :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dimension a corrected spur gear - Understand power distribution in hybrid vehicles using planetary gears - Determine the speed behavior of a vehicle |
|---------------|--|

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>Comprendre les problématiques d'engrènement des dentures d'engrenage, interférence, conduite, glissement... Connaître les différents modes de taillage des engrenages Savoir déterminer la correction d'une denture droite afin d'optimiser son fonctionnement. Comprendre les différents modes de répartition de puissance d'un train planétaire, savoir calculer son rendement Savoir calculer les différentes puissances afférentes au déplacement d'un véhicule Connaître les différents types de boîtes de vitesse automobile, comprendre leur fonctionnement. Savoir déterminer la vitesse d'un véhicule à partir de ces caractéristiques (poids, aérodynamisme, motorisation transmission...)</p> <p><i>Understand the problems of meshing gear teeth, interference, driving, sliding... Know the different gear cutting methods. Know how to determine the correction of a spur gear in order to optimize its operation. Understand the different power distribution modes of a planetary gear train, and calculate its efficiency. Know how to calculate the different powers required to move a vehicle. Know the different types of automotive gearboxes and understand how they work. Determine the speed of a vehicle based on its characteristics (weight, aerodynamics, motorization, transmission, etc.).</i></p> |
| Contenus | <p>Caractéristiques des profils de denture en développante de cercle (1h) Fabrication des engrenages (30min) Problèmes liés à l'engrènement, correction de denture (2h) Dimensionnement des dentures droites à la rupture et à la pression superficielle (2h30) Train d'engrenage simple et planétaire, aspect énergétique (2h) Déplacement d'un véhicule, puissances mises en jeu (2h) Boîte de vitesse manuelle et automatique (2h)</p> <p><i>Characteristics of involute gear profiles (1h) Gear manufacturing (30min) Meshing problems, gear correction (2h) Sizing of spur gears to fracture and surface pressure (2h30) Simple and planetary gears, energy aspects (2h) Vehicle movement, power requirements (2h) Manual and automatic gearboxes (2h)</i></p> |
| Méthodes et/ou moyens pédagogiques | <p>Cours suivi de travaux dirigés. Plateforme Moodle avec ressources complémentaires</p> <p><i>Lectures followed by tutorials. Moodle platform with additional resources</i></p> |

Prérequis pour l'EC

| | |
|------------------|--|
| Prérequis | <p>EC0424 Transmission de puissance, EC0421 Dynamique</p> <p><i>EC0424 Power transmission, EC0421 Dynamics</i></p> |
|------------------|--|

Travail personnel hors présentiel

| | |
|------------------------|--|
| Volume horaire | <p style="text-align: right;">4 Heures</p> |
| Type de travail | <p>Révision</p> |

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Ressources bibliographiques

Cliquez ici et entrez les ressources bibliographiques

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

| | |
|----------------------------|----------------|
| Code EC | IGENI-EC0774GM |
| Code UE | IGENI-UE0707GM |
| Coefficient interne à l'EC | 0,6 |

| | |
|---------------------------|------------|
| Coordinateur ENIT de l'EC | BARD Denis |
|---------------------------|------------|

Présentation de l'EC

| | |
|-----------------------------|--|
| Nom de l'EC | Conception avancée <i>Advanced design</i> |
| Nom(s) du/des enseignant(s) | BARD Denis SCHÖNHOFEN Emmanuel |

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

Acquis d'apprentissage visés

| | |
|---------------|---|
| Compétence(s) | <p>A partir d'un cahier des charges imposant la conception d'un produit en différentes versions, l'étudiant doit être capable, à l'issue de cet enseignement, de réaliser sous CATIA V5 la maquette numérique interactive pilotée par une feuille Excel.</p> <p><i>Based on specifications requiring the design of a product in different versions, students should be able to create an interactive digital mock-up in CATIA V5, driven by an Excel sheet.</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 | <ul style="list-style-type: none">- Déterminer les dimensions fonctionnelles d'un mécanisme plan par tracé d'épures sur Catia- Générer des familles de composants et de créer des catalogues- Effectuer une conception squelettique CAO- Effectuer une conception modulaire par Publication des surfaces fonctionnelles <ul style="list-style-type: none">- Determine the functional dimensions of a planar mechanism by drawing sketches on Catia- Generate component families and create catalogs- Perform CAD skeletal design- Perform modular design by publishing functional surfaces |
| Contenus | <p>Séance 1 (2h) : apprentissage de la réalisation d'épures CAO Séance 2 (2h) : apprentissage de la réalisation de familles de pièces pilotées par Excel Séance 3 (2h) : apprentissage du remplacement de composants grâce aux publications de surfaces Séance 4 et 5 (4h) : réalisation d'un mini projet de synthèse</p> <p><i>Session 1 (2h): learning how to create CAD drawings Session 2 (2h): learning how to create Excel-driven part families Session 3 (2h): learning how to replace components using surface publications Sessions 4 and 5 (4h): production of a mini synthesis project</i></p> |
| Méthodes et/ou moyens pédagogiques | <p>Séances de travail en bureau d'étude, en binôme sur poste informatique équipé du logiciel CATIA V5</p> <p><i>Work sessions in the design office, in pairs on a computer workstation equipped with CATIA V5 software</i></p> |

Prérequis pour l'EC

| | |
|------------------|--|
| Prérequis | <p>Tous les enseignements de conception antérieurs</p> <p><i>All previous design lessons</i></p> |
|------------------|--|

Travail personnel hors présentiel

| | |
|------------------------|--|
| Volume horaire | 2 Heures |
| Type de travail | <p>Finalisation des exercices d'entraînement commencés en séance</p> <p><i>Finalization of training exercises started in session</i></p> |

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Ressources bibliographiques

Cliquez ici et entrez les ressources bibliographiques

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

| | |
|----------------------------|----------------|
| Code EC | IGENI-EC0775GM |
| Code UE | IGENI-UE0707GM |
| Coefficient interne à l'EC | 1 |

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

Présentation de l'EC

| | |
|-----------------------------|---|
| Nom de l'EC | Usinage haute performance |
| Nom(s) du/des enseignant(s) | Vincent Wagner / Damien Poyard (industriel) |

| Volume Horaire/Format | Format | Heures |
|-----------------------|---------------------|------------------|
| | CM | 4 H |
| | TD | 6 H |
| | TP | 6 H |
| | Projet encadré | H |
| | Projet en autonomie | H |
| | Total | 16 heures |

Acquis d'apprentissage visés

| | |
|---------------|--|
| Compétence(s) | <p>A l'issue de cet enseignement, l'étudiant sera capable de choisir des stratégies d'usinage pour un usinage à haute performance.</p> <p>L'objectif de cet enseignement correspond à l'apprentissage des méthodes d'optimisation d'un procédé d'usinage, en termes de temps de cycle, sous contraintes de respect des conditions de coupe à grande vitesse et de qualité obtenue. Par la compréhension des phénomènes de coupe selon le contexte, les stratégies d'usinage sont discriminées et mises en oeuvre dans le procédé numérique de fabrication (outil logiciel Catia), et les gains sont vérifiés sur la pièce usinée d'étude (TP).</p> |
| | <p><i>Outcomes are validated via practical study on machined parts during lab sessions.</i></p> <p><i>This teaching module focuses on learning methods to optimize machining processes in terms of cycle time, while adhering to high-speed cutting constraints and quality requirements. By understanding cutting phenomena in specific contexts, students will evaluate and implement machining strategies through digital manufacturing tools (CATIA software).</i></p> |
| | |

Modalités d'évaluation

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

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 former les étudiants à l'optimisation des procédés d'usinage, en intégrant à la fois les dimensions temporelles (réduction des temps de cycle) et environnementales (prise en compte de l'impact écologique), tout en respectant les contraintes liées aux conditions de coupe en grande vitesse et aux exigences de qualité de la pièce finale. L'enseignement repose sur une compréhension approfondie des phénomènes mécaniques et thermiques intervenant lors de l'usinage, lesquels sont analysés en fonction du contexte opératoire (type de matériaux, phase d'ébauche ou de finition, éventuelle assistance à la coupe, etc.).

Cette compréhension permet aux étudiants de discriminer les différentes stratégies d'usinage disponibles et de les appliquer de manière pertinente dans un environnement numérique de fabrication assistée par ordinateur, en l'occurrence à l'aide du logiciel CATIA. Les stratégies choisies sont ensuite mises en œuvre et évaluées dans le cadre d'un travail pratique (TP), à travers l'analyse des résultats obtenus sur une pièce usinée représentative.

À l'issue de cet enseignement, l'étudiant sera en mesure de formuler des critères d'optimisation adaptés au contexte industriel et technologique du procédé considéré. Il saura ainsi concevoir, évaluer et mettre en œuvre des stratégies d'usinage optimales, en conciliant performance économique, respect des contraintes technologiques et réduction de l'empreinte environnementale.

The primary objective of this course is to train students in the optimization of machining processes, incorporating both time-related aspects (such as cycle time reduction) and environmental considerations (including the minimization of ecological impact), while adhering to the constraints associated with high-speed cutting conditions and final part quality requirements. The course is grounded in a thorough understanding of the mechanical and thermal phenomena involved in machining, which are analyzed with respect to the operational context (e.g., material type, roughing or finishing phase, optional cutting assistance, etc.).

This foundational knowledge enables students to differentiate between various available machining strategies and apply them effectively within a computer-aided manufacturing (CAM) environment, specifically using the CATIA software. The selected strategies are then implemented and assessed through hands-on lab work, involving the machining of a representative part and the analysis of the resulting outcomes.

By the end of the course, students will be capable of defining optimization criteria appropriate to the industrial and technological context of the machining process under consideration. They will be able to design, evaluate, and implement optimal machining strategies that balance economic performance, compliance with technical constraints, and minimization of environmental footprint.

Contenus

Cours 1 : 2 h

1. Objectifs et contenu de l'enseignement

Objectifs pédagogiques

Contenu des interventions (cours, TD, TP)

2. Performance en usinage

Temps de cycle global

Paramètres influents

Qualité de fabrication

Intégrité de surface

L'usinage et l'environnement

3. Phénomènes de coupe

Efforts, puissance, température

Pression spécifique de coupe (en fonction de V_c , f , etc.)

Énergie spécifique

Intégrité de surface liée à l'usinage

Usure des outils et modes de dégradation

4. Usinage à grande vitesse (UGV)

Comparaison UGV vs UVC

Impacts thermiques et mécaniques

Sélection des matériaux outils

5. Choix des outils et paramètres

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Matériaux des outils
Revêtements
Formes géométriques
Lubrification et assistance
Attachements et équilibrage
Électrobroches, paliers, broches grande vitesse

6. Structure et dynamique des machines-outils
Structures mécaniques (série, hexapode)
Commande numérique et capacités dynamiques

7. Programmation CN orientée UGV
Limites du G-code ISO standard
Anticipation de trajectoires (LOOK-AHEAD, FFWON, etc.)
Programmation polynomiale (Bézier, B-Spline, NURBS)

8. Stratégies d'usinage
Modes d'usinage (avalant/opposition)
Usinage de parois minces
Lissage de trajectoires
Cas des poches et copiage
Paramètres de coupe (V_c , a_p , a_e , f_z)

Cours 2 : 2h

Intervention industrielle.

L'objectif du cours dispensé est de mettre en avant l'évolution des machines industrielles, des technologies et des tendances actuelles.

Contents

Lecture 1: 2 hours

1. Objectives and Course Overview

Educational objectives

Overview of course activities (lectures, tutorials, lab work)

2. Machining Performance

Overall cycle time

Influential parameters

Manufacturing quality

Surface integrity

Machining and environmental considerations

3. Cutting Phenomena

Cutting forces, power, and temperature

Specific cutting pressure (as a function of V_c , f , etc.)

Specific energy

Surface integrity related to machining

Tool wear and degradation mechanisms

4. High-Speed Machining (HSM)

Comparison between HSM and conventional machining (CM)

Thermal and mechanical effects

Selection of tool materials

5. Tool and Parameter Selection

Tool materials

Coatings

Geometric forms

Lubrication and cutting assistance

Tool holders and balancing

High-speed spindles and bearing systems

6. Machine Tool Structure and Dynamics

Mechanical structures (serial, hexapod)

CNC systems and dynamic capabilities

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

| | |
|---|--|
| | <p>7. HSM-Oriented CNC Programming Limitations of standard ISO G-code Trajectory anticipation (LOOK-AHEAD, FFWON, etc.) Polynomial programming (Bézier, B-Spline, NURBS)</p> <p>8. Machining Strategies Cutting modes (climb vs conventional) Thin-wall machining Trajectory smoothing Pocket and copy milling Cutting parameters (V_c, a_p, a_e, f_z)</p> <p>Lecture 2: 2 hours Industrial Expert Session The aim of this lecture is to highlight the evolution of industrial machines, emerging technologies, and current trends in advanced manufacturing.</p> |
| Méthodes et/ou moyens pédagogiques | <p>La démarche utilisée se base sur un cours, une intervention industrielle et un TD. Dans ce dernier, l'ensemble des méthodes présentées durant le cours sont utilisées et appliquées sur une pièce didactique.</p> <p>Le TP se base sur une démarche projet durant lequel les étudiants vont devoir mettre en pratiques. Ce TP se déroule en plusieurs phases : une première phase durant laquelle les élèves définissent en autonomie les stratégies d'usinage dites optimales, une seconde phase d'usinage sur machine (sur les moyens d'usinage de l'UTTPO) où des grandeurs caractéristiques sont mesurées (puissance, temps, usure...) et une troisième phase de comparaison entre les grandeurs calculées et celles mesurées.</p> <p><i>The approach used is based on a lecture, an industrial presentation, and a tutorial session. In the latter, all the methods presented during the lecture are used and applied to a didactic part.</i></p> <p><i>The practical session (lab work) is structured as a project-based approach during which students must put their knowledge into practice. This lab is conducted in several phases: a first phase in which students independently define so-called optimal machining strategies; a second phase of machining on machines (using UTTPO's machining resources), during which characteristic quantities are measured (power, time, wear, etc.); and a third phase comparing the calculated values with the measured ones.</i></p> |

Prérequis pour l'EC

| | |
|------------------|---|
| Prérequis | <p>Les pré requis sont ceux relatifs à la fabrication mécanique :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Usinage - Bureau des méthodes - Code ISO - FAO <p>The prerequisites are those related to mechanical manufacturing:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Machining - Methods Office (Industrial Methods Department) - ISO code - CAM (Computer-Aided Manufacturing) |
|------------------|---|

Travail personnel hors présentiel

| | |
|------------------------|---|
| Volume horaire | 10 Heures |
| Type de travail | Analyse des résultats obtenus Rédaction d'un rapport |

Ressources bibliographiques

Cliquez ici et entrez les ressources bibliographiques

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

| | |
|----------------------------|----------------|
| Code EC | IGENI-EC0778GM |
| Code UE | IGENI-UE0707GM |
| Coefficient interne à l'EC | |

| | |
|---------------------------|---------------|
| Coordinateur ENIT de l'EC | PARROT Jérôme |
|---------------------------|---------------|

Présentation de l'EC

| | |
|-----------------------------|-------------------------------|
| Nom de l'EC | Métrie |
| Nom(s) du/des enseignant(s) | BARRABES Marc / PARROT Jérôme |

| Volume Horaire/Format | Format | Heures |
|-----------------------|---------------------|------------------|
| | CM | 4 H |
| | TD | 6 H |
| | TP | 8 H |
| | Projet encadré | H |
| | Projet en autonomie | H |
| | Total | 18 heures |

Acquis d'apprentissage visés

| | |
|----------------------|---|
| Compétence(s) | <p>A l'issue de l'enseignement, les étudiants seront capables de produire un protocole de mesure sur une machine de mesure tridimensionnelle pour valider des contraintes dimensionnelles et/ou géométrique d'une pièce. Ils seront également capables de réaliser les mesures associées à ce protocole (sur machine MMT) et de conclure sur le respect des spécifications dimensionnelles et/ou géométriques analysées.</p> <p><i>At the end of the course, students will be able to produce a measurement protocol on a three-dimensional measuring machine to validate the dimensional and/or geometric constraints of a part. They will also be able to carry out the measurements associated with this protocol (on a CMM machine) and conclude that the dimensional and/or geometric specifications analysed have been met.</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

Être capable de définir théoriquement le torseur de petits déplacements
Être capable de réaliser un protocole de mesure pour une machine à mesure tridimensionnelle (MMT)
Être capable de réaliser des mesures sur une machine à mesure tridimensionnelle
Savoir analyser les résultats des mesures
Savoir proposer des causes au non-respects des tolérances géométriques étudiées et de proposer des solutions de corrections.

Be able to define theoretically the torsor of small displacements
Be able to draw up a measurement protocol for a three-dimensional measuring machine (CMM)
Be able to take measurements on a three-dimensional measuring machine
Be able to analyse the results of measurements
Be able to suggest the causes of non-compliance with the geometric tolerances studied and propose corrective solutions.

Contenus

Cours : 4h

- Vocabulaire MMT, Torseur des petits déplacements, Méthode des moindres carrées

TD : 6h

- Application théorique du torseur des petits déplacements et méthodes des moindres carrées
- Détermination de protocoles de mesure pour utilisation d'une MMT

TP : 8h

- Réalisation de mesures sur une MMT
- Analyse des résultats

Lecture: 4h

- CMM vocabulary, Torsor of small displacements, Least Square Method

TD: 6h

- Theoretical application of the Torsor of small displacements and Least Square Methods
- Determination of measurement protocols for using a CMM

TP: 8h

- Carrying out measurements on a CMM
- Analysis of results

Méthodes et/ou moyens pédagogiques

Prérequis pour l'EC

Prérequis

IGENI EC0132 – IGENI EC0203 – IGENI EC0432 – IGENI EC0431, IGENI EC0542, IGENI EC0543

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Travail personnel hors présentiel

| | |
|------------------------|--|
| Volume horaire | 6 Heures |
| Type de travail | Exercice Théorique / Tableur Excel / Rapport D'analyse Theoretical Exercise / Excel Spreadsheet / Analysis Report |

Ressources bibliographiques

Cliquez ici et entrez les ressources bibliographiques

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

| | |
|----------------------------|----------------|
| Code EC | IGENI-EC0779GM |
| Code UE | IGENI-UE0707GM |
| Coefficient interne à l'EC | 1 |

| | |
|---------------------------|------------|
| Coordinateur ENIT de l'EC | Marc VIVES |
|---------------------------|------------|

Présentation de l'EC

| | |
|-----------------------------|---|
| Nom de l'EC | Procédés d'obtention directe par fonderie et fabrication additive |
| Nom(s) du/des enseignant(s) | MAZENC, SULTAN, VIVES |

| Volume Horaire/Format | Format | Heures |
|-----------------------|---------------------|------------------|
| | CM | 8 H |
| | TD | 8 H |
| | TP | H |
| | Projet encadré | H |
| | Projet en autonomie | H |
| | Total | 16 heures |

Acquis d'apprentissage visés

| | |
|---------------|--|
| Compétence(s) | <p>A l'issue de cet enseignement, l'étudiant sera capable d'identifier les principales caractéristiques de mise en œuvre de différents procédés de moulage et d'impression 3D métallique. Il sera capable de concevoir des pièces obtenues en moulage en sable, ainsi que l'outillage associé pour la production du moule.</p> <p><i>At the end of this course, the student will be able to identify the main characteristics of the various casting and additive layer manufacturing metal processes. They will be able to design parts obtained by sand casting, as well as the associated tooling for mould production.</i></p> |
|---------------|--|

Modalités d'évaluation

| | |
|----------------------|---|
| Formule d'évaluation | $(0,45 * PJ1 + 0,45 * RAP1 + 0,1 * SOUT) / 1$ |
|----------------------|---|

Langue d'enseignement

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

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Objectifs de la formation visés

Objectifs généraux

Domaine cognitif :

- Connaître les principales techniques de fonderie et de fabrication additive métallique.
- Comprendre le fonctionnement de ces procédés et leurs performances.
- Connaître les défauts sur les pièces obtenues en fonderie.
- Avoir des notions sur les sables utilisés, les liants et les adjuvants.

Domaine pragmatique :

- Être capable de concevoir une pièce métallique en vue d'une production selon la technique du moulage en sable.
- Être capable de définir une solidification dirigée.
- Dans le cas du moulage en sable, être capable de choisir un échelonnement et de dimensionner le système de remplissage.
- Dans le cas du moulage en sable, être capable de dimensionner le système d'alimentation.
- Être capable de concevoir l'outillage permettant la réalisation des empreintes.
- Être capable de concevoir l'outillage permettant la réalisation du moule

Domaine affectif : **avoir conscience de la nécessité d'optimiser la matière (mise au mille), ainsi que du recyclage du sable.**

Cognitive domain :

- *Knowing the main foundry and metal additive manufacturing techniques.*
- *Understand how these processes work and their performance.*
- *Be familiar with defects in castings.*
- *Have a basic knowledge of the sands, binders and additives used.*

Pragmatic domain:

- *Be able to design a metal part for production using the sand casting technique.*
- *Be able to define directed solidification.*
- *In the case of sand casting, be able to choose a grading and size the filling system.*
- *In the case of sand moulding, be able to size the feed system.*
- *Be able to design the tooling used to make the cavities.*
- *Be able to design the tools needed to make the mould.*

Emotional domain: **to be aware of the need to optimise the material (casting mass ratio), as well as the recycling of sand.**

Contenus

- **Séance 1 (2h) :**
 - Principe
 - Historique
 - Rôle, possibilités et industries
 - Les techniques de fonderie
 - Les moules métalliques
 - Le moulage au sable
- **Séance 2 (2h):**
 - Les procédés spéciaux
 - Les défauts de fonderie
 - Conception du moule
 - Alimentation
 - Tracés des pièces
- **Séance 3 (4h):**
 - Les différents procédés de fabrication additive métallique
 - Présentation de la complexité multiphysique des procédés
 - Morphologie des pièces et procédés ALM
 - Mise en situation pour une production utilisant la fusion laser sur lit de poudre
- **Séances 4 à 8 (4x2h):**

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

- Conception d'une pièce en fonderie moulage en sable
- Détermination de la direction de solidification
- Réalisation d'une maquette numérique de la pièce
- Réalisation d'une maquette numérique du noyau nécessaire pour la production de la grappe de pièces
- Réalisation d'une maquette numérique de la boîte à noyaux
- Dimensionnement du système de remplissage et d'alimentation
- Réalisation d'une maquette numérique des plaques modèle
- Réalisation d'une maquette numérique de l'assemblage du moule prêt à la coulée
- Rédaction d'un compte rendu
- Présentation des solutions développées par les étudiants

- **Session 1 (2h) :**

- *Principle*
- *Historical background*
- *Role, possibilities and industries*
- *Foundry techniques*
- *Metal moulds*
- *Sand casting*

- **Session 2 (2h):**

- *Special processes*
- *Casting defects*
- *Mould design*
- *Feeding*
- *Part layout*

- **Session 3 (4h):**

- *The different metal additive manufacturing processes*
- *Presentation of the multiphysical complexity of processes*
- *Part morphology and ALM processes*
- *Production situation using laser fusion on a powder bed*

- **Sessions 4 to 8 (4x2h):**

- *Design of a sand casting part*
- *Determining the direction of solidification*
- *Creation of a digital model of the part*
- *Creation of a digital model of the core required to produce the cluster of parts*
- *Creation of a digital model of the core box*
- *Dimensioning of the filling and feeding system*
- *Creation of a digital mock-up of the model plates*
- *Creation of a digital mock-up of the mould assembly ready for casting*
- *Drafting a report*
- *Presentation of the solutions developed by the students*

Pendant les séances de TD, les étudiants travaillent en binôme dans le cadre d'une étude de cas.

During tutorials, students work in pairs on a case study.

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Prérequis pour l'EC

Prérequis

CAO (EC0512TC), MFPM1&2 (EC0132, EC0232)

Travail personnel hors présentiel

Volume horaire

8h Heures

Type de travail

Rédaction d'un dossier technique, présentation sous forme de diaporama

Drafting of a technical file, presentation in the form of a slide show

Ressources bibliographiques

Précis de métallurgie- Élaboration, structures-propriétés, normalisation

Techniques de l'ingénieur M3565 ; M3566 ; M3567

Fédération Forge Fonderie

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

| | |
|----------------------------|----------------|
| Code UE | IGENI-UE0707MP |
| Crédits ECTS | 6 |
| Coefficient interne à l'UE | 6,4 |

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 | 46 H |
| | TD | 20 H |
| | TP | 34 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 | <ul style="list-style-type: none">• Propriétés des matériaux (métalliques, polymères, composites) et leur comportement en mise en forme.• Procédés de mise en forme (mise en forme plastique, extrusion, injection, infusion, corroyage, fonderie, etc.)• Traitements thermiques, thermochimiques et de surface : principes, procédés, applications, impacts environnementaux.• Transformation microstructurale des matériaux au cours des procédés de fabrication.• Contrôle des procédés et caractérisation des pièces (microstructure, propriétés, conformité).• Prise en compte des exigences environnementales (REACH, conditions de fabrication durables). |
| Principaux objectifs généraux visés | <ul style="list-style-type: none">• Comprendre le lien entre la nature des matériaux, leurs propriétés et leur comportement au cours des procédés de mise en forme et de traitement.• Savoir choisir et mettre en œuvre les procédés de transformation ou de traitement adaptés à un besoin industriel, en intégrant les contraintes mécaniques, économiques, et environnementales.• Acquérir une méthodologie d'analyse et de justification des choix technologiques de mise en forme et de traitement.• Développer une compétence transversale en caractérisation des matériaux et maîtrise des paramètres procédés.• Être sensibilisé à l'impact environnemental des procédés de fabrication et aux démarches de développement durable. |

Acquis d'apprentissage visés

| | |
|----------------------|---|
| Compétence(s) | <p>Compétence principale : À l'issue de l'UE, les étudiants seront en mesure, lors de la conception et la fabrication de pièces mécaniques, de sélectionner et mettre en œuvre les procédés de mise en forme et de traitement des matériaux (métalliques, polymères, composites), en montrant qu'ils maîtrisent les choix technologiques, les paramètres procédés, et les implications environnementales et microstructurales.</p> <p>Compétence complémentaire 1 (en lien avec EC5 - métallurgie de la mise en forme) : À l'issue de l'UE, les étudiants seront en mesure, dans un contexte industriel, d'analyser les transformations microstructurales des matériaux métalliques lors des procédés de mise en forme, en montrant leur capacité à interpréter les données issues de la caractérisation et à anticiper les effets sur les propriétés mécaniques finales.</p> <p>Compétence complémentaire 2 (en lien avec EC4 - polymères et composites) : À l'issue de l'UE, les étudiants seront en mesure, en réponse à un cahier des charges, de choisir un polymère adapté et d'optimiser les conditions de mise en forme par extrusion, injection ou infusion, en montrant leur capacité à ajuster les paramètres procédé pour garantir les performances des pièces obtenues.</p> |
|----------------------|---|

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

| | |
|----------------------------|----------------|
| Code EC | IGENI-EC0771MP |
| Code UE | IGENI-UE0707MP |
| Coefficient interne à l'EC | 1,2 |

| | |
|---------------------------|-------------|
| Coordinateur ENIT de l'EC | Joel Alexis |
|---------------------------|-------------|

Présentation de l'EC

| | |
|-----------------------------|--|
| Nom de l'EC | Traitements thermiques superficiels |
| Nom(s) du/des enseignant(s) | Joel Alexis, Yannick Balcaen, Mohamed Abid |

| Volume Horaire/Format | Format | Heures |
|-----------------------|---------------------|-----------|
| | CM | 10 H |
| | TD | 4 H |
| | TP | 6 H |
| | Projet encadré | H |
| | Projet en autonomie | H |
| | Total | 20 heures |

Acquis d'apprentissage visés

| | |
|---------------|---|
| Compétence(s) | <p>A l'issue de l'EC, les étudiants seront capables lors de la conception d'une pièce de choisir un ou des procédé(s) de traitements thermiques superficiels ou thermochimiques en justifiant leur choix et en indiquant les principaux paramètres de la gamme de fabrication dans le respect des règles environnementales.</p> <p><i>At the end of the course, students will be able to select one or more surface or thermochemical heat treatment processes when designing a part, justifying their choice and indicating the main parameters of the manufacturing range in compliance with environmental regulations.</i></p> |
|---------------|---|

Modalités d'évaluation

| | |
|----------------------|-----------------------|
| Formule d'évaluation | $(1*DS1+0,5*TP1)/1,5$ |
|----------------------|-----------------------|

Langue d'enseignement

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

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Objectifs de la formation visés

Objectifs généraux

Connaître les matériaux et de leurs propriétés
Connaître les différents procédés de traitements thermiques superficiels ou thermochimiques (avantages & inconvénients)
Connaître les facteurs influant sur la qualité des traitements thermiques
Connaître les moyens de contrôle des traitements superficiels ou thermochimiques à utiliser
Savoir choisir les traitements superficiels ou thermochimiques en tenant compte des contraintes à satisfaire et des propriétés à obtenir pour des applications mécaniques.
Savoir mettre en œuvre les traitements superficiels ou thermochimiques.
Avoir conscience de l'impact environnemental des traitements superficiels ou thermochimiques

Knowledge of the different superficial heat treatment, or thermochemical treatment processes (advantages and drawbacks)

Knowledge of the factors influencing the quality of heat treatments

Knowledge of the surface or thermochemical treatment control methods to be used

Knowledge of how to select surface or thermochemical treatments, considering the constraints to be met and the properties to be obtained for mechanical applications.

Know how to apply surface or thermochemical treatments.

Be aware of the environmental impact of surface or thermochemical treatments.

Contenus

Cours n°1 : 2 heures

Chapitre 1 : Introduction

1.1 Intérêts des traitements superficiels

1.2 Rappel des mécanismes de durcissement

Cours n°2 : 2 heures

Chapitre 2 : Les Traitements thermiques superficiels

1.1 Les différents procédés de TTH superficiels (chalumeau, induction, faisceaux haute énergie)

Cours n°3 : 2 heures

Chapitre 2 : Les Traitements thermiques superficiels

1.2 Choix des matériaux

1.3 Les méthodes de contrôles

1.4 Les applications

Cours n°4 : 2 heures

Chapitre 3 : Les traitements thermochimiques

1.1 Principe, procédés, microstructures & propriétés

1.2 Cémentation

Cours n°5 : 2 heures

Chapitre 3 : Les traitements thermochimiques

1.3 Nituration

1.4 Méthodes de contrôles

TP n°1 : 3 heures

1. Choix des matériaux à traiter

2. Préparation des gammes de traitement thermochimiques dans le respect des règles environnementales.

3. Préparation métallographique d'échantillons des matériaux sélectionnés avant traitement

TP n°2 : 3 heures

1. (Traitement des échantillons en temps masqué)

2. Caractérisation des échantillons,

3. Présentation des résultats obtenus.

Lesson 1: 2 hours

Chapter 1: Introduction

1.1 The benefits of surface treatments

1.2 Reminder of hardening mechanisms

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

| | |
|---|---|
| | <p><i>Lesson 2: 2 hours</i> <i>Chapter 2: Surface heat treatments</i> 1.1 Different surface heat treatment processes (flashlight, induction, high-energy beams)</p> <p><i>Lesson 3: 2 hours</i> <i>Chapter 2: Surface heat treatments</i> 1.2 Choice of materials 1.3 Control methods 1.4 Applications</p> <p><i>Lesson 4: 2 hours</i> <i>Chapter 3: Thermochemical treatments</i> 1.1 Principle, processes, microstructures & properties 1.2 Cementation</p> <p><i>Lesson 5: 2 hours</i> <i>Chapter 3: Thermochemical treatments</i> 1.3 Nitriding 1.4 Control methods</p> <p><i>Practical session 1: 3 hours</i> 1. Selection of materials to be treated 2. Preparation of the thermochemical treatment process with environmental regulations. 3. Metallographic preparation of initial materials</p> <p><i>Practical session 2: 3 hours</i> 1. (Treatment in hidden time) 2. Samples characterization 3. Presentation of obtained results</p> |
| Méthodes et/ou moyens pédagogiques | <p>Les enseignements sont dispensés sous forme de cours, TD et TP. Des cas applicatifs industriels sont traités sous forme d'exercices en TD et sont réalisés en TP. Les supports de cours sont donnés sous format papier et sont disponibles sur la plateforme moodle. Les fascicules de TP sont donnés sous format de papiers et sont disponibles sur la plateforme moodle. Un compte rendu est à déposer sur Moodle après les séances de TP.</p> <p><i>Lessons are given in the form of lectures, tutorials and practical work.</i> <i>Industrial applications are dealt with in the form of exercises in lectures and practical work.</i> <i>Course materials are given in paper format and are available on the moodle platform.</i> <i>The practical work booklets are given in paper format and are available on the Moodle platform. A report must be submitted on Moodle after the practical sessions.</i></p> |

Prérequis pour l'EC

| | |
|------------------|---|
| Prérequis | <p>Prérequis en chimie : Prérequis en science des matériaux : Enseignements de science des matériaux S3 (IGENI-EC0323), S4 (IGENI-EC0434) et S5 (IGENI-EC0531), Relations Structures-propriétés 1 (IGENI- EC0712)</p> <p><i>Materials science courses S3 (IGENI-EC0323), S4 (IGENI-EC0434) and S5 (IGENI-EC0531), Structure-Property Relations 1 (IGENI-EC0712)</i></p> |
|------------------|---|

Travail personnel hors présentiel

| | |
|------------------------|--|
| Volume horaire | 3 Heures |
| Type de travail | <p>Révision des cours, rédaction du rapport de TP et préparation de soutenance. Les étudiants pourront s'exercer sur des annales d'examens en libre accès.</p> <p><i>Course revision, TP report writing and defense preparation.</i> <i>Students can practice on freely-available examination books.</i></p> |

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Ressources bibliographiques

Claude Leroux, Traitements thermochimiques superficiels: présentation et classification, Techniques de l'Ingénieur, M1221

Barry Thomas, Durcissement des aciers : Rôle de la microstructure, Techniques de l'Ingénieurs, M

Guy Murry, Aciers : généralités, Technique de l'Ingénieurs, M300

www.efd-induction.com

Olivier PERROT, cours d'électrothermie, I.U.T. de Saint-Omer Dunkerque, Département Génie Thermique et énergie

OTUA, Les différents types d'acier : les connaître pour mieux les choisir, courrier technique n°65

<http://www.joel-houzet.fr/cours/accueilcours.html>

<http://www.bodycote.com/>

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

| | |
|----------------------------|----------------|
| Code EC | IGENI-EC0772MP |
| Code UE | IGENI-UE0707MP |
| Coefficient interne à l'EC | 0,8 |

| | |
|---------------------------|--------------|
| Coordinateur ENIT de l'EC | Loic LACROIX |
|---------------------------|--------------|

Présentation de l'EC

| | |
|-----------------------------|--------------------------------|
| Nom de l'EC | Procédés de coulée et fonderie |
| Nom(s) du/des enseignant(s) | Loic LACROIX |

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

Acquis d'apprentissage visés

| | |
|---------------|---|
| Compétence(s) | <p>À l'issue de ce cours, l'étudiant(e) sera capable de :</p> <ol style="list-style-type: none"> Identifier et décrire les principes fondamentaux des différents procédés de fonderie (sable, coquille, cire perdue, coulée sous pression, coulée continue, etc.). Expliquer les étapes clés du processus de fonderie, de la conception de la pièce au produit fini (préparation du moule, fusion, coulée, solidification, démoulage, finition, contrôle). Connaître les défauts de fonderie courants, leurs causes (conception, matière, procédé) et leurs méthodes de détection. Identifier les enjeux environnementaux spécifiques à l'industrie de la fonderie. |
| | <p>Upon completion of this course, the student will be able to:</p> <ol style="list-style-type: none"> Identify and describe the fundamental principles of various foundry processes (sand casting, shell molding, investment casting, die casting, continuous casting, etc.). Explain the key stages of the foundry process, from part design to the finished product (mold preparation, melting, pouring, solidification, shakeout, finishing, inspection). Recognize common casting defects, their causes (design, material, process), and their detection methods. Identify environmental issues specific to the foundry industry. |

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

- Appréhender l'influence de l'état liquide sur la traçabilité des alliages industriels
- Comprendre le potentiel de la fonderie en production industrielle
- Initier la mise en évidence des relations entre la structure des alliages de fonderie et leurs propriétés fonctionnelles

Compétences

1. **Sélectionner** le procédé de fonderie le plus approprié en fonction des spécifications techniques de la pièce (géométrie, précision, état de surface, propriétés mécaniques, coûts, volume de production).
2. **Analyser et interpréter** les diagrammes de phase pertinents pour la solidification des alliages en fonderie.
3. **Identifier** des méthodes de contrôle qualité des pièces moulées (contrôle visuel, dimensionnel, CND simple) et diagnostiquer les défauts observés.

Compétences transversales

1. **Travailler en équipe** sur des projets un projet de recherche bibliographique lié à la fonderie.
2. **Communiquer** oralement sur les aspects techniques des procédés de fonderie.
3. **Prendre en compte les contraintes économiques et environnementales dans les choix technologiques en fonderie.**

- **Grasp** the influence of the liquid state on the traceability of industrial alloys.
- **Understand** the potential of foundry in industrial production.
- **Initiate** the demonstration of relationships between the structure of foundry alloys and their functional properties.

Skills

- **Select** the most appropriate foundry process based on the part's technical specifications (geometry, precision, surface finish, mechanical properties, costs, production volume).
- **Analyze and interpret** relevant phase diagrams for the solidification of alloys in foundry.
- **Identify** quality control methods for cast parts (visual inspection, dimensional inspection, simple NDT) and diagnose observed defects.

Transversal Skills

- **Collaborate** effectively in a team on a bibliographic research project related to foundry.
- **Communicate** orally on the technical aspects of foundry processes.
- **Consider economic and environmental constraints in technological choices within foundry.**

Contenus

Partie I

1. Élaboration de l'acier
2. Procédés industriels de coulée
 - 2.1. Coulée en lingots
 - 2.2. Coulée continue
 - 2.2.A. Principe
 - 2.2.B. Métallurgie II^{aire}
 - 2.2.C. Métallurgie III^{aire}
 - 2.3. Coulée sous pression
 - 2.4. Coulée centrifuge
3. Procédés industriels de fonderie
 - 3.1. Fonderie traditionnelle
 - 3.2. Moulage en modèle en cire perdue
 - 3.3. Fonderie sous pression
 - 3.4. Fonderie centrifuge
 - 3.5. Fonderie en émergence

Partie II : Sciences de l'ingénieur appliquées à la fonderie

1. Thermodynamique en fonderie
2. Mécanique des fluides en fonderie
3. Transferts de masse et thermiques en fonderie
4. Germination et croissance

Partie III : Structure, défauts et propriétés des alliages de fonderie

Partie I

1. *Steelmaking*
2. *Industrial Casting Processes*
 - 2.1. *Ingot Casting*

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

| | |
|------------------------------------|--|
| | <p>2.2. Continuous Casting 2.2.A. Principle 2.2.B. Secondary Metallurgy 2.2.C. Tertiary Metallurgy 2.3. Die Casting 2.4. Centrifugal Casting 3. Industrial Foundry Processes 3.1. Traditional Foundry (Sand Casting, etc.) 3.2. Investment Casting (Lost-Wax Casting) 3.3. Pressure Die Casting 3.4. Centrifugal Casting 3.5. Emerging Foundry Processes</p> <p>Partie II : Engineering Sciences Applied to Foundry 5. Thermodynamics in Foundry 6. Fluid Mechanics in Foundry 7. Mass and Heat Transfer in Foundry 8. Nucleation and Growth</p> <p>Partie III : Structure, Defects, and Properties of Foundry Alloys</p> |
| Méthodes et/ou moyens pédagogiques | <p>L'enseignement est sous la forme de cours-TD.</p> <p>The teaching format is lecture-tutorial sessions.</p> |

Prérequis pour l'EC

| | |
|------------------|--|
| Prérequis | Thermodynamique, Chimie, Initiation aux matériaux, Science des matériaux-métallurgie IGNI-EC0242, IGNI-EC0243, IGNI-EC0313, IGNI-EC0323, IGNI-EC0415, IGNI-EC0434 |
|------------------|--|

Travail personnel hors présentiel

| | |
|------------------------|--|
| Volume horaire | 6 Heures |
| Type de travail | Apprentissage du cours, révisions, mini projet de recherche bibliographique et préparation de la présentation Learning, exam preparation, mini research project, presentation preparation |

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Ressources bibliographiques

- Aide-mémoire de fonderie - Dunod, 2004
- Techniques de l'Ingénieur - Fonderie et Moulage - Volume MC 2 - N° 3500 et suite, volume MC 3
- Mise en forme des alliages métalliques à l'état semi-solide, Hermès, 2002

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

| | |
|----------------------------|----------------|
| Code EC | IGENI-EC0773MP |
| Code UE | IGENI-UE0707MP |
| Coefficient interne à l'EC | 1,8 |

| | |
|---------------------------|-------------|
| Coordinateur ENIT de l'EC | Joel Alexis |
|---------------------------|-------------|

Présentation de l'EC

| | |
|-----------------------------|-------------------------------------|
| Nom de l'EC | Procédés de traitements de surfaces |
| Nom(s) du/des enseignant(s) | Joel Alexis, Mohamed Abid |

| Volume Horaire/Format | Format | Heures |
|-----------------------|---------------------|------------------|
| | CM | 12 H |
| | TD | 4 H |
| | TP | 12 H |
| | Projet encadré | H |
| | Projet en autonomie | H |
| | Total | 28 heures |

Acquis d'apprentissage visés

| | |
|---------------|---|
| Compétence(s) | A l'issue de l'EC, les étudiants seront capables lors de la conception d'une pièce de choisir un ou des procédé(s) de traitement de surface en justifiant leur choix et en indiquant les principaux paramètres de la gamme de fabrication dans le respect des règles environnementales . |
| | <i>At the end of the course, students will be able to select one or more surface treatment processes for the design of a part, justifying their choice and indicating the main parameters of the manufacturing range in compliance with environmental regulations.</i> |

Modalités d'évaluation

| | |
|----------------------|---------------------------------------|
| Formule d'évaluation | $(1 \cdot DS1 + 0,5 \cdot TP1) / 1,5$ |
|----------------------|---------------------------------------|

Langue d'enseignement

| | | | |
|--------------------|----------|-------------------|-----|
| Langue | Français | | |
| Retour en Français | oui | Retour en Anglais | oui |

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Objectifs de la formation visés

Objectifs généraux

Connaître les matériaux et leurs propriétés
Connaître les moyens de préparation de surfaces
Connaître les différents procédés de traitements de surface (avantages & inconvénients)
Connaître les facteurs influant sur la qualité des dépôts
Connaître les moyens de contrôle des dépôts à utiliser
Savoir choisir le traitement de surface et/ou le revêtement en tenant compte des contraintes à satisfaire et des propriétés à obtenir pour des applications mécaniques.
Savoir mettre en œuvre des traitements de surface par voie humide (cuvrage, nickelage).
Avoir conscience de l'impact environnemental des traitements de surface (réglementation REACH)

Understanding materials and their properties
Know how to prepare surfaces.
Know the different surface treatment processes (advantages & disadvantages)
Know the factors influencing deposit quality
Know which deposit control methods to use
Know how to choose the right surface treatment and/or coating, considering the constraints to be met and the properties to be obtained for mechanical applications.
Know how to apply wet surface treatments (copper plating, nickel plating).
Be aware of the environmental impact of surface treatments (REACH regulations).

Contenus

Cours n°1 : 2 heures
Chapitre 1 : Introduction sur le secteur des traitements de surface
Enjeux économiques
Cours n°2 : 2 heures
Chapitre 2 : Modes de préparation des surfaces
2.1 Procédés de dégraissage
2.2 Procédés de décapage
Cours n°3&4 : 4 heures
Chapitre 3 : Traitements de surface par voie humide
3.1 Traitements de conversion (principe, procédés, propriétés)
3.2 Traitements électrolytiques (principe, procédés, propriétés)
3.3 Traitements par voie sol-gel (principe, procédés, propriétés)
Cours n°5 : 2 heures
Chapitre 4 : Traitements de surface par voie sèche
4.1 Traitements PVD (principe, procédés, propriétés)
4.2 Traitements CVD (principe, procédés, propriétés)
4.3 Traitements par projection (principe, procédés, propriétés)
Cours n°5 : 2 heures
Chapitre 5 : Méthodes & moyens de contrôle

Lesson 1: 2 hours
Chapter 1: Introduction to the surface treatment sector
Economic stakes
Lesson 2: 2 hours
Chapter 2: Surface preparation methods
2.1 Degreasing processes
2.2 Pickling processes
Lessons n°3&4: 4 hours
Chapter 3: Wet surface treatments
3.1 Conversion treatments (principle, processes, properties)
3.2 Electrolytic treatments (principle, processes, properties)
3.3 Sol-gel treatments (principle, processes, properties)
Lesson 5: 2 hours
Chapter 4: Dry surface treatments
4.1 PVD treatments (principle, processes, properties)
4.2 CVD treatments (principle, processes, properties)
4.3 Projection treatments (principle, processes, properties)
Lesson 5: 2 hours
Chapter 5: Control methods

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Méthodes et/ou moyens pédagogiques

Les étudiants s'exercent sur la mise en œuvre des concepts et outils travaillés en cours magistral sous forme de travaux dirigés pendant les séances de TD.

Prérequis pour l'EC

Prérequis

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

Materials science courses S3 (IGENI-EC0323), S4 (IGENI-EC0434) and S5 (IGENI-EC0531), Structure-Property Relations 1 (IGENI-EC0712)

Travail personnel hors présentiel

Volume horaire

3 Heures

Type de travail

Révision des cours, rédaction du rapport de TP et préparation de soutenance.
Les étudiants pourront s'exercer sur des annales d'examens en libre accès.

Course revision, TP report writing and defense preparation.
Students can practice on freely-available examination books.

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Ressources bibliographiques

Traitements de surface, veille technologique, CETIM, 1999, ISBN 2-85400-497-3

P. Laurens, C. Dubouchet, D. Kechemair, Application des lasers aux traitements de surface, Techniques de l'Ingénieur, M1643-1

M. Wéry, Traitements des matériaux revêtus, Techniques de l'Ingénieur, M1458-1

G. Béranger, H. Mazille, Revêtements et traitements de surface. Approche technologique, Techniques de l'Ingénieur, M1426-1

J-P. Terrat et M. Cartier, Comment poser un problème de traitement de surface, Techniques de l'Ingénieur, M1423-1

M. Wéry, Décapage des métaux, Techniques de l'Ingénieur, traité Matériaux métalliques, M1455-1

J. Deruelle, Préparation des surfaces, Techniques de l'Ingénieur, traité Matériaux métalliques, M1435-1

J-C. Guillaud, Traitements de surface Aspects économiques et perspectives, Techniques de l'Ingénieur, M1422-1

M.-P. Gigand et L. Thiery, Traitements de conversion sans chrome hexavalent, Techniques de l'Ingénieur, M1559-1

J. Machet, Dépôts ioniques, Techniques de l'Ingénieur, traité Matériaux métalliques, M1663-1

K.L. Choy, Chemical vapour deposition of coatings, Progress in Materials Science, 48 (2003) 57-170

W. Waldhauser, J.M. Lackner, Benchmarking of Pulsed Laser Deposition versus other PVD techniques, 15IFTHSE, Vienne, 2006

A. Proner, Revêtements par projection Thermique, Techniques de l'Ingénieur, traité Matériaux métalliques, M1645-1

J. Deruelle, Préparation des surfaces, Techniques de l'Ingénieur, traité Matériaux métalliques, M1435-1

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

| | |
|----------------------------|----------------|
| Code EC | IGENI-EC0774MP |
| Code UE | IGENI-UE0707MP |
| Coefficient interne à l'EC | 1,5 |

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

Présentation de l'EC

| | |
|-----------------------------|--|
| Nom de l'EC | Mise en forme des polymères et des composites organiques |
| Nom(s) du/des enseignant(s) | Philippe Evon, Christian Garnier, Valérie Nassiet |

| Volume Horaire/Format | Format | Heures |
|-----------------------|---------------------|------------------|
| | CM | 8 H |
| | TD | 4 H |
| | TP | 12 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 étudiants seront en mesure de choisir les bons grades de polymères ainsi qu'un procédé de mise en forme des matières plastiques et composites à fibres courtes au regard d'un cahier des charges. Ils sauront aussi dimensionner le débit et la puissance nécessaire au fonctionnement d'une extrudeuse à travers la connaissance des profils de température, de pression et de vitesse dans l'outillage.</p> <p>Compétences PARTIE TP</p> <p>Grâce aux TPs menés au sein de la halle AGROMAT sur une ligne d'extrusion mono-vis et une presse à injecter, ils sauront adapter les conditions de mise en forme à la nature des polymères et autres composites à fibres courtes traités, permettant un contrôle de l'épaisseur des films extrudés ou un bon remplissage de l'empreinte du moule d'injection.</p> <p>A l'issue des enseignements pratiques au sein de l'ENIT, les étudiants seront capables de mettre en œuvre le procédé d'infusion de résine liquide en s'appuyant sur un couple système résine bi-bomposant / tissu sec fibres longues. Ils sauront déterminer les quantités nécessaires, choisir les tissus environnants afin de réaliser le montage cuisson nécessaire. Ils adapteront les paramètres procédés en fonction de l'environnement spécifique et des besoins finaux.</p> <p><i>At the end of this course, students will be able to choose the right grades of polymers and a process for shaping short-fibre plastics and composites according to specifications. They will also be able to size the flow rate and power required to operate an extruder by knowing the temperature, pressure and speed profiles in the tooling.</i></p> <p><i>Skills Practical work section</i></p> <p><i>Thanks to the practical work carried out in the AGROMAT hall on a single-screw extrusion line and an injection moulding machine, they will be able to adapt the shaping conditions to the nature of the polymers and other short-fibre composites being processed, enabling them to control the thickness of the extruded films and ensure that the injection mould cavity is properly filled.</i></p> <p><i>At the end of the practical courses at ENIT, students will be able to implement the liquid resin infusion process based on a two-component resin / long-fibre dry fabric system. They will be able to determine the quantities required and choose the surrounding fabrics in order to carry out the necessary cure assembly. They will adapt the process parameters to suit the specific environment and final requirements.</i></p> |
|----------------------|---|

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Modalités d'évaluation

Formule d'évaluation

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

Langue d'enseignement

Langue

Français/French

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Objectifs de la formation visés

Objectifs généraux

Acquérir des notions sur les éléments de base en mécanique des milieux continus, en transfert thermique et en rhéologie afin de mieux appréhender l'influence des propriétés physiques des polymères sur leur réponse à l'écoulement et plus globalement aux déformations lors de leur mise en forme.

Connaître les principaux procédés de mise en forme des polymères et composites à fibres courtes ainsi qu'un focus sur les outillages de mise en forme.

Acquire a basic understanding of the mechanics of continuous media, heat transfer and rheology in order to gain a better understanding of the influence of the physical properties of polymers on their response to flow and, more generally, to deformation during shaping.

Familiarity with the main shaping processes for short-fibre polymers and composites, and a focus on shaping tools.

Contenus

PARTIE COURS ET EXERCICES d'entraînement

Partie 1 : Rappels sur la structure, les transitions thermiques et mécaniques des polymères. Focus sur la viscoélasticité des polymères qui conditionne son comportement à l'écoulement.

Partie 2 : Présentation des outillages de transformation des polymères et composites à fibres courtes et de leur mise en forme

Partie 3 : Présentation et dimensionnement des conséquences des différentes transitions thermiques et mécaniques précitées sur la transformation des polymères lors du passage dans les outillages de mise en forme.

Partie 4 : Présentation de semi-produits par transformation des polymères

Partie 5 : Etude de plusieurs procédés de mise en forme : compression, injection, extrusion, calandrage, et procédés dérivés.

PARTIE TP

Partie 1 : Extrusion mono-vis de films d'Evatane (EVA) : contrôle de l'épaisseur des films obtenus grâce à une optimisation des conditions de l'extrusion (profil de température, vitesse de vis, hauteur de la lèvres de la filière film, vitesse de calandrage).

Partie 2 : Optimisation de l'injection-moulage de composites à fibres courtes via un réglage des conditions de mise en forme (profil de température, vitesse de dosage, vitesse d'injection, pression & temps de maintien, température du moule).

Partie 3 & 4 : Infusion de résine de liquide : définition des besoins suite au démoulage d'une pièce réalisée par LRI, définitions de l'ensemble des éléments du montage-cuisson, étude des fiches techniques pour définir les paramètres optimum d'infusion, création du montage-cuisson et infusion avec suivi visuel et temporel de la progression de la résine au sein de la préforme fibreuse.

COURSE PART AND TRAINING EXERCISES

Part 1: Reminders on the structure, thermal and mechanical transitions of polymers. Focus on the viscoelasticity of polymers, which determines their flow behaviour.

Part 2: Presentation of tools for processing polymers and short-fibre composites and their shaping.

Part 3: Presentation and dimensioning of the consequences of the various thermal and mechanical transitions mentioned above on the transformation of polymers as they pass through shaping tools.

Part 4: Presentation of semi-finished products by polymer transformation

Part 5: Study of several shaping processes: compression, injection, extrusion, calendering and derived processes.

PRACTICAL PART

Part 1: Single-screw extrusion of Evatane (EVA) films: control of the thickness of the films obtained by optimising extrusion conditions (temperature profile, screw speed, height of the film die lip, calendering speed).

Part 2: Optimisation of injection-moulding of short-fibre composites by adjusting shaping conditions (temperature profile, dosing speed, injection speed, pressure & holding time, mould temperature).

Part 3 & 4: Liquid resin infusion: definition of requirements following demoulding of a part produced by LRI, definition of all the elements of the curing assembly, study of the technical data sheets to define the optimum infusion parameters, creation of the curing assembly and infusion with visual and time monitoring of the progress of the resin within the fibrous preform.

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Méthodes et/ou moyens pédagogiques

Les étudiants s'exercent sur la mise en œuvre des concepts et outils travaillés en cours magistral sous forme de travaux dirigés pendant deux séances de deux heures.

PARTIE TP

Au sein de la halle AGROMAT, les TPs sont menés sur deux outils de taille industrielle : une ligne d'extrusion mono-vis de type Scamex, et une presse à injecter de type NegriBossi VE 160-720.

Au sein de l'ENIT, l'infusion de résine liquide est menée sur une forme plane.

The students practise applying the concepts and tools worked on in the lectures in the form of tutorials during two two-hour sessions.

PRACTICAL WORK

In the AGROMAT hall, the practical work is carried out on two industrial-scale tools: a Scamex single-screw extrusion line and a NegriBossi VE 160-720 injection moulding machine.

At ENIT, liquid resin infusion is carried out on a flat form.

Prérequis pour l'EC

Prérequis

Enseignements de science des matériaux S3 (IGENI-EC0323), S4 (IGENI-EC0434) et S5 (IGENI-EC0531), matériaux composites à matrice organique (IGENI-EC0532), Relations Structures-propriétés 1 (IGENI- EC0712)

Materials science courses S3 (IGENI-EC0323), S4 (IGENI-EC0434) and S5 (IGENI-EC0531), organic matrix composite materials (IGENI-EC0532), Structure-Property Relations 1 (IGENI-EC0712)

Travail personnel hors présentiel

Volume horaire

8 Heures

Type de travail

Les étudiants apprendront le cours magistral, et pourront s'exercer sur des annales d'examens en libre accès.

Students will learn from the lecture, and will be able to practise on freely-available exam papers.

Ressources bibliographiques

- GFP : Volume 2 / Propriétés physiques des polymères : mise en œuvre
- La mise en forme des matières plastiques / J. F. Agassant, P. Avenas / Éditions Lavoisier - 1996
- Extrusion des polymères / Lafleur Pierre G., Vergnes Bruno / Éditions Lavoisier - 2014
- Technologie des composites, / Maurice Reyne, Editeur : Hermes Science Publications ; 3e Édition -1998
- Solutions composites : Thermodurcissables et thermoplastiques/ Maurice Reyne / Editions JEC - 2006

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

| | |
|----------------------------|----------------|
| Code EC | IGENI-EC0775MP |
| Code UE | IGENI-UE0707MP |
| Coefficient interne à l'EC | 1,1 |

| | |
|---------------------------|-----------------|
| Coordinateur ENIT de l'EC | Yannick BALCAEN |
|---------------------------|-----------------|

Présentation de l'EC

| | |
|-----------------------------|---------------------------------|
| Nom de l'EC | Métallurgie de la mise en forme |
| Nom(s) du/des enseignant(s) | Yannick BALCAEN |

| Volume Horaire/Format | Format | Heures |
|-----------------------|---------------------|------------------|
| | CM | 8 H |
| | TD | 4 H |
| | TP | 4 H |
| | Projet encadré | H |
| | Projet en autonomie | H |
| | Total | 16 heures |

Acquis d'apprentissage visés

| | |
|---------------|---|
| Compétence(s) | <p>Dans cet enseignement seront abordées les problématiques liées à la mise en forme des matériaux métalliques, sous l'angle de la métallurgie. Seront notamment abordés, le comportement mécanique des alliages à haute température, à vitesses et niveaux de déformation élevés, et les évolutions microstructurales qui en découlent. A l'issue de cet enseignement, l'étudiant devra être en mesure :</p> <ul style="list-style-type: none"> d'analyser les transformations microstructurales opérant, à différentes échelles, pendant le travail des métaux à chaud, d'identifier et d'utiliser les outils spécifiques à la représentation des textures cristallographiques. de cerner les implications des contraintes résiduelles dans les propriétés d'usage des pièces mécaniques |
| | <p><i>In this course, we will look at the problems associated with the shaping of metallic materials, from a metallurgical perspective. In particular, the mechanical behavior of alloys at high temperatures, speeds and strain levels, and the resulting microstructural evolutions will be addressed. On completion of this course, students should be able to:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <i>analyze the microstructural transformations taking place, at different scales, during hot metal working,</i> <i>identify and use specific tools for representing crystallographic textures.</i> <i>identify the implications of residual stresses on the properties of mechanical parts.</i> |

Modalités d'évaluation

| | |
|----------------------|-----------------------------------|
| Formule d'évaluation | $(2 \cdot DS1 + 1 \cdot TP1) / 3$ |
|----------------------|-----------------------------------|

Langue d'enseignement

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

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Objectifs de la formation visés

Objectifs généraux

Les étudiants sont formés sur les aspects liés aux transformations microstructurales intervenant lors des étapes de mise en forme, à la suite de la coulée continue. Les transformations de phases lors des étapes de corroyage et de travail à froid sont analysées, et leurs effets sur la rhéologie des alliages détaillés. Sont aussi introduits les aspects liés à la texture cristallographique, sa représentation et ses effets sur les propriétés d'usage des produits. Enfin, une ouverture sur les contraintes résiduelles induites par les procédés de mise en forme (origines, techniques d'estimation, effets sur les propriétés d'usage) est proposée.

Students learn about the microstructural transformations that occur during the forming stages following continuous casting. Phase transformations during the wrought and cold working stages are analyzed, and their effects on alloy rheology are detailed. Aspects of crystallographic texture, its representation and effects on product properties are also introduced. Finally, a look at residual stresses induced by forming processes (origins, estimation techniques, effects on use properties) is proposed.

Contenus

Cours magistral (8h) :

- Rhéologie des alliages métalliques, phénomènes impliqués et principaux modèles
- Aspects métallurgiques du corroyage et du travail à froid,
- Mesure, analyse et maîtrise des textures cristallographiques
- Endommagements dans les procédés de mise en forme, outils d'analyse et diagnostics
- Contraintes résiduelles : moyens d'estimation et effets sur les propriétés d'usage.

Travaux dirigés (4h)

- Analyse de données de texture,

Travaux pratiques (4h)

- Analyses de pièces réelles,
- Démonstration de mise en forme sur simulateur thermophysique.
- Démonstration d'outils de caractérisation microstructurale : Diffraction de Rayons X, et EBSD.

Lecture (8h):

- Rheology of metal alloys, phenomena involved and main models
- Metallurgical aspects of wrought and cold working,
- Measurement, analysis and control of crystallographic textures
- Damage in forming processes, analysis tools and diagnostics
- Residual stresses: estimation methods and effects on use properties.

Tutorial (4h)

- Texture data analysis,

Practical work (4h)

- Analysis of real parts,
- Shaping demonstration on thermophysical simulator.
- Demonstration of microstructural characterization tools: X-ray diffraction and EBSD.

Méthodes et/ou moyens pédagogiques

A la suite du cours magistral, les travaux dirigés permettent aux élèves de s'exercer à la lecture et l'analyse de données de texture cristallographiques. Les travaux pratiques sont l'occasion de voir et de travailler sur les équipements évoqués en cours.

Following the lecture, tutorials enable students to practice reading and analyzing crystallographic texture data. Practical work provides an opportunity to see and work on the equipment discussed in class.

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Prérequis pour l'EC

Prérequis

Enseignements de Science des Matériaux S3 (IGENI-EC0323), S4 (IGENI-EC0434), S5 (IGENI-EC0531)
Enseignement de Conception Mécanique S1 (EC0132),
(Enseignements dispensés pendant le M1.1, complémentaires à celui-ci : EC0723 ; EC0712 ; EC0772MP)

Materials Science courses S3 (IGENI-EC0323), S4 (IGENI-EC0434), S5 (IGENI-EC0531)
Mechanical Design S1 (EC0132),
(Courses taught during M1.1, complementary to it: EC0723; EC0712; EC0772MP)

Travail personnel hors présentiel

Volume horaire

4 à 6 Heures

Type de travail

Les étudiants apprendront le cours magistral, et s'entraîneront à refaire les travaux dirigés

Students learn the lectures, and practice repeating the tutorials.

Ressources bibliographiques

- Cornet et Hlawka ; Métallurgie mécanique ; éd. Ellipses ; 2010 ; ISBN 978-2-7298-6120-9
- Col, L'emboutissage des aciers, l'Usine Nouvelle, Dunod, 2010
- Metals Handbook volume 14 : Forming and Forging, ASM International, ninth edition, 1987, ISBN: 0-87170-020-4

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

| | |
|----------------------------|----------------|
| Code UE | IGENI-UE0707TP |
| Crédits ECTS | 6 |
| Coefficient interne à l'UE | 6,4 |

Présentation de l'UE

| | |
|-----------------------------|--|
| Nom de l'UE | OPTION BATIMENT ET TRAVAUX PUBLICS |
| Nom(s) du/des enseignant(s) | F. Duco, M. Fazzini, M. Lagouin, P. Ousset, H. Weleman |

| Volume Horaire/Format | Format | Heures |
|-----------------------|---------------------|-------------------|
| | CM | 52 H |
| | TD | 40 H |
| | TP | 8 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'introduire les bases essentielles de la conception, du dimensionnement et de la réalisation des structures du Génie Civil. En ce qui concerne les matériaux, est abordé en particulier le comportement mécanique d'éléments en béton armé et métalliques ainsi que le cas des sols. Une initiation au Dessin Assisté par Ordinateur sera également proposée associée à une présentation de l'organisation de travaux sur des chantiers.

The aim of this teaching unit is to introduce the fundamentals of the design, dimensioning and construction of civil engineering structures. With regard to materials, the mechanical behaviour of reinforced concrete and metal elements is covered, as well as the case of soils. An introduction to computer-aided drafting will also be offered, together with a presentation on the organization of work on construction sites.

Acquis d'apprentissage visés

Compétence(s)

A l'issue de cette UE, les étudiants seront capables d'argumenter des choix de matériaux structuraux en tenant compte des contraintes techniques **et des impacts environnementaux associés**. Sur un plan technique, ils connaîtront les principes de la réglementation européenne en matière de conception et dimensionnement structurel (Eurocodes) et seront en mesure de les appliquer pour le dimensionnement des éléments structuraux réalisés en béton armé et en métal. Ils sauront également utiliser des outils de simulation numérique pour l'analyse structurelle et le dessin technique. Ils acquerront enfin des connaissances concernant les outils de la mécanique appliqués au cas des sols. Sur un plan organisationnel, ils sauront réaliser un phasage de travaux sur des cas réels de bâtiments et de travaux publics.

*At the end of this teaching unit, students will be able to argue in favor of structural materials, taking into account technical constraints and **related environmental impacts**. On a technical level, they will be familiar with the principles of European regulations on structural design and dimensioning (Eurocodes), and will be able to apply them to the dimensioning of structural elements made of reinforced concrete and metal. They will also be able to use numerical simulation tools for structural analysis and technical drawing. Finally, they will acquire knowledge of the tools of mechanics applied to the case of soils. From an organizational point of view, they will be able to carry out work phasing on real building and public works projects.*

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

| | |
|----------------------------|----------------|
| Code EC | IGENI-EC0771TP |
| Code UE | IGENI-UE0707TP |
| Coefficient interne à l'EC | 1,6 |

| | |
|---------------------------|------------|
| Coordinateur ENIT de l'EC | H. Weleman |
|---------------------------|------------|

Présentation de l'EC

| | |
|-----------------------------|-------------------------------------|
| Nom de l'EC | Mécanique des sols / Soil mechanics |
| Nom(s) du/des enseignant(s) | M. Fazzini, M. Lagouin, H. Weleman |

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

Acquis d'apprentissage visés

| | |
|----------------------|---|
| Compétence(s) | <p>A l'issue de cet EC, les étudiants seront capables de comprendre les enjeux liés aux sols dans le domaine de la construction et de déterminer leurs paramètres caractéristiques. Ils seront en mesure d'utiliser les outils spécifiques de la mécanique et de l'étude des écoulements pour déterminer l'état de ces milieux poreux (initial/après construction ; avec ou sans écoulement) et analyser leur tenue mécanique.</p> <p><i>At the end of this course, students will be able to understand the issues related to soils in the construction field and determine their characteristic parameters. They will be able to use the specific tools of mechanics and flow studies to determine the state of these porous media (initial/after construction; with or without flow) and analyse their mechanical strength.</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

Comprendre le comportement mécanique des sols sous l'effet de sollicitations induites par des structures du Génie Civil (terrassements, réalisation d'ouvrages, retenue d'eau),
 Réaliser le calcul des paramètres caractéristiques d'un sol à partir de résultats expérimentaux et en déduire sa classification,
 Connaître les notions théoriques et équations nécessaires à l'étude des milieux poreux saturés,
 Réaliser le calcul d'états de contraintes initiaux et induits au sein des sols,
 Réaliser la caractérisation d'écoulements souterrains,
 Réaliser le calcul des paramètres à rupture en cisaillement d'un sol à partir de résultats expérimentaux,
 Effectuer une analyse de la stabilité des sols suite à une construction d'ouvrages (tenue au cisaillement, interactions écoulements-sols).

Understand the mechanical behaviour of soils under the stresses induced by civil engineering structures (earthworks, structures, water retention),

Calculate the characteristic parameters of a soil based on experimental results and deduce its classification,

Know the theoretical concepts and equations required to study saturated porous media,

Calculate initial and induced stress states in soils,

Characterize underground flows,

Calculate shear failure parameters of soils based on experimental results,

Analyse soil stability following construction of structures (shear strength, flow-soil interactions).

Contenus

Chapitre 1 : 2h (CM) + 2h (TD)

Classification des sols

- enjeux géotechniques
- structure des sols, constituants,
- paramètres caractéristiques pour la classification,
- TD sur la détermination des paramètres caractéristiques, compactage, classification LCPC.

Chapitre 2 : 2h (CM) + 3h (TD)

Contraintes dans les sols

- contraintes effectives,
- calcul des contraintes initiales,
- calcul des contraintes induites par des surcharges
- TD sur la détermination des contraintes initiales et induites dans les sols.

Chapitre 3 : 6h (CM) + 5h (TD)

Hydraulique souterraine

- charge hydraulique, loi de Darcy,
- perméabilité : procédure de mesure selon le type de sols, cas des milieux stratifiés,
- écoulements : équations de continuité, résolution numérique, réseaux (cas d'un rideau de palplanches)
- interactions écoulements-sols : équations d'équilibre en contraintes effectives,
- risques de renard hydraulique et boulangue,
- TD sur la perméabilité équivalente des stratifiés, la caractérisation d'écoulements uni et bi-directionnels, l'analyse de stabilité de massif suite aux écoulements.

Chapitre 4 : 2h (CM) + 2h (TD)

Résistance au cisaillement

- comportement en drainage des sols,
- critères de rupture des sols grenus et des sols fins,
- essais de laboratoire : boîte de cisaillement, appareil triaxial, procédures,
- TD sur l'interprétation d'essais de cisaillement et l'analyse de la tenue mécanique.

Chapter 1: 2h (L) + 2h (PT)

Soil classification

- geotechnical issues
- soil structure, constituents,
- characteristic parameters for classification,
- Practical tutorial on determining characteristic parameters, compaction, LCPC classification.

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

| | |
|--|--|
| | <p>Chapter 2: 2h (L) + 3h (PT) Stresses in soils</p> <ul style="list-style-type: none"> - effective stresses, - calculation of initial stresses, - calculation of stresses induced by surcharges - Practical tutorial on determining initial and induced stresses in soils. <p>Chapter 3: 6h (L) + 5h (PT) Underground hydraulics</p> <ul style="list-style-type: none"> - hydraulic head, Darcy's law, - permeability: measurement procedure according to soil type, case of stratified media, - flows: continuity equations, numerical resolution, networks (case of a sheet-piling) - flow-soil interactions: equilibrium equations under effective stresses, - risks of hydraulic internal erosion and uprising, - Practical tutorial on equivalent permeability of laminates, characterization of uni-directional and bi-directional flows, analysis of flow related soil instability. <p>Chapter 4: 2h (L) + 2h (PT) Shear strength</p> <ul style="list-style-type: none"> - Soil drainage behaviour, - failure criteria for granular and fine soils, - laboratory tests: shear box, triaxial apparatus, procedures, - Practical tutorial on shear test interpretation and mechanical strength analysis. |
| <p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">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). L'ensemble des 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.</p> <p><i>Teaching takes the form of lectures (L) followed by practical application exercises in tutorials (PT). All teaching materials are written in English, to make it easier to welcome foreign students and to help improve the technical language skills of French students.</i></p> |

Prérequis pour l'EC

| | |
|-------------------------|--|
| <p>Prérequis</p> | <ul style="list-style-type: none"> - Mécanique générale : statique (IGENI-0121), - Résistance des Matériaux (IGENI-EC0222, IGENI-EC0321) - General mechanics: statics (IGENI-0121), - Strength of Materials (IGENI-EC0222, IGENI-EC0321) |
|-------------------------|--|

Travail personnel hors présentiel

| | |
|-------------------------------|--|
| <p>Volume horaire</p> | <p>6 heures / 6 hours</p> |
| <p>Type de travail</p> | <p>Apprentissage du cours, révision des exercices</p> <p><i>Learning the course, reviewing exercises</i></p> |

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.

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

| | |
|----------------------------|----------------|
| Code EC | IGENI-EC0772TP |
| Code UE | IGENI-UE0707TP |
| Coefficient interne à l'EC | 2 |

| | |
|---------------------------|-------------|
| Coordinateur ENIT de l'EC | Fabien DUCO |
|---------------------------|-------------|

Présentation de l'EC

| | |
|-----------------------------|--|
| Nom de l'EC | Méthodes de construction - DAO |
| Nom(s) du/des enseignant(s) | Fabien DUCO (10h cours, 8h TD), Patrice OUSSET (8h cours, 8h TP) |

| Volume Horaire/Format | Format | Heures |
|-----------------------|---------------------|------------------|
| | CM | 18 H |
| | TD | 8 H |
| | TP | 8 H |
| | Projet encadré | H |
| | Projet en autonomie | H |
| | Total | 34 heures |

Acquis d'apprentissage visés

| | |
|---------------|--|
| Compétence(s) | <p>À l'issue de cet enseignement, les étudiants seront capables d'analyser et de concevoir un projet de construction en bâtiment et en travaux publics en respectant les normes en vigueur. Plus précisément, ils seront en mesure de :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Choisir et justifier des méthodes constructives adaptées à la nature de chaque ouvrage, au contexte du site et aux ressources disponibles, - Elaborer des plans techniques en 2D à l'aide du logiciel AutoCAD, - Proposer un mode opératoire pour les principales étapes d'un projet, - Estimer les besoins en main-d'œuvre, matériaux et matériel pour optimiser les coûts et délais. - Intégrer les contraintes QHSE (Qualité, Hygiène, Sécurité, Environnement) dans les choix méthodologiques. - Collaborer efficacement avec les différents acteurs du projet : bureau d'études, maîtrise d'ouvrage, sous-traitants, fournisseurs, etc. <p><i>On completion of this course, students will be able to analyse and design a building and public works construction project in compliance with current standards. More specifically, they will be able to:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Choose and justify construction methods adapted to the nature of each structure, the context of the site and the resources available, - Draw up 2D technical plans using AutoCAD software, - Propose a procedure for the main stages of a project, - Estimate requirements in terms of labour, materials and equipment to optimise costs and deadlines. - Integrate QHSE (Quality, Health, Safety and Environment) constraints into methodological choices. - Work effectively with the various parties involved in the project: design office, project owner, sub-contractors, suppliers, etc. |
|---------------|--|

Modalités d'évaluation

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

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 enjeux globaux d'un chantier de construction (organisation, sécurité, environnement, coûts, délais) dans une logique de performance et de durabilité.
- Analyser un projet de construction à partir des documents techniques (plans, CCTP, planning, étude géotechnique, etc.) pour en déduire les contraintes méthodologiques.
- Concevoir un plan méthodologique d'exécution en décomposant les ouvrages en tâches élémentaires et en les ordonnant logiquement (phasage, lotissement, coordination).
- Déterminer les moyens humains, matériels et logistiques nécessaires à la réalisation du chantier en fonction des rendements, de la typologie des ouvrages et du site.
- Concevoir des plans techniques 2D à l'aide du logiciel AutoCAD.
- Rédiger des modes opératoires clairs pour les principales phases de chantier en explicitant les étapes, les ressources, les risques et les points de vigilance.
- Appliquer les principes de la **gestion de chantier intégrée (sécurité, qualité, environnement, respect des délais et du budget)**.
- Communiquer efficacement à l'oral et à l'écrit les choix méthodologiques auprès de différents interlocuteurs (maîtrise d'ouvrage, direction travaux, bureau d'études...).

- *Understand the overall challenges of a construction site (organisation, safety, environment, costs, deadlines) with a view to performance and sustainability.*
- *Analyse a construction project on the basis of technical documents (plans, specifications, schedule, geotechnical study, etc.) to deduce methodological constraints.*
- *Design a methodological execution plan, breaking down the work into elementary tasks and ordering them logically (phasing, subdivision, coordination).*
- *Determining the human, material and logistical resources needed to carry out the project, depending on output, the type of work and the site.*
- *Draw up 2D technical plans using AutoCAD software.*
- *Draft clear operating procedures for the main phases of the worksite, explaining the stages, resources, risks and points to watch.*
- **Apply the principles of integrated site management (safety, quality, environment, compliance with deadlines and budget).**
- *Communicate methodological choices effectively, both orally and in writing, to the various parties involved (contracting authority, works management, design office, etc.).*

Contenus

Introduction sur le Secteur du Bâtiment et des Travaux Publics

Chapitre 1. Le contexte d'un projet

- 1.1. Les acteurs d'un projet (Maîtrise d'ouvrage, Maîtrise d'œuvre, Bureaux d'études, OPC, entreprises, fournisseurs, contrôleur technique, coordinateur SPS, etc.)
- 1.2. Les marchés publics : réglementation et enjeux
- 1.2. Les lots de travaux : corps d'état du clos et couvert, secondaires, techniques, etc.

Chapitre 2. Les phases d'un projet : de l'esquisse à la réception des travaux

Chapitre 3. La réglementation en vigueur

- 3.1. Les Eurocodes
- 3.2. Les normes françaises (CCTG, DTU, etc.)

Travaux dirigés n°1 :

- Modes opératoires pour des bâtiments avec une structure porteuse de type poteau-poutre et voiles en béton armé
- Modes opératoires pour des ouvrages d'art en béton armé et structure métallique

Chapitre 4. Initiation de base au logiciel AutoCAD par Patrice OUSSET

- 4.1. Logique du logiciel et présentation de l'interface
- 4.2. Utilisation des différents menus
- 4.3. Présentation des fonctionnalités de base

Chapitre 5. Initiation au logiciel AutoCAD, appliquée au BTP par Patrice OUSSET

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

- 5.1. Création et gestion de calques, blocs et attributs
- 5.2. Création d'un plan 2D d'un bâtiment
- 5.3. Calcul de surfaces et édition de tableaux récapitulatifs
- 5.4. Modification d'un plan existant

Travaux dirigés n° 2 : réalisation de plans 2D de bâtiments à partir de projets réels proposés par l'intervenant extérieur.

Introduction to the Building and Public Works Sector

Chapter 1. The context of a project

- 1.1. *The players involved in a project (owner, project manager, design offices, OPC, contractors, suppliers, technical controller, SPS coordinator, etc.)*
- 1.2. *Public procurement: regulations and issues*
- 1.2. *Work packages: building and roofing trades, secondary trades, technical trades, etc.*

Chapter 2. Project phases: from sketch to acceptance of works

Chapter 3. Regulations in force

- 3.1. *Eurocodes*
- 3.2. *French standards (CCTG, DTU, etc.)*

Tutorial 1:

- *Procedures for buildings with a column-beam load-bearing structure and reinforced concrete walls*
- *Procedures for reinforced concrete and steel structures*

Chapter 4: Basic introduction to AutoCAD software by Patrice OUSSET

- 4.1. *Software logic and presentation of the interface*
- 4.2. *Using the different menus*
- 4.3. *Presentation of the basic functions*

Chapter 5: Introduction to AutoCAD software, applied to building and civil engineering by Patrice OUSSET

- 5.1. *Creating and managing layers, blocks and attributes*
- 5.2. *Creating a 2D plan of a building*
- 5.3. *Calculating surface areas and creating summary tables*
- 5.4. *Modifying an existing plan*

Tutorial 2: creating 2D building plans based on real projects proposed by the external lecturer.

Méthodes et/ou moyens
pédagogiques

Apports théoriques dispensés en cours magistraux, illustrés d'exemples et de cas concrets rencontrés en entreprise
Apprentissage par projet

Theoretical input provided in lectures, illustrated with examples and case studies from companies
Project-based learning

Prérequis pour l'EC

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

| | |
|------------------|--------------------------------|
| Prérequis | IGENI-EC0533 Ingénierie du BTP |
|------------------|--------------------------------|

Travail personnel hors présentiel

| | |
|------------------------|---|
| Volume horaire | 10 Heures |
| Type de travail | Révision, pratique sur logiciel DAO <i>Revision and practice on CAD software</i> |

Ressources bibliographiques

- "Méthodes de construction" – A. Bapst & S. Raynaud, Eyrolles.
- "Organisation de chantier" – C. Lanos, Le Moniteur.
- "Planification et gestion de chantier" – J.-P. Bassioni, Dunod.

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

| | |
|----------------------------|----------------|
| Code EC | IGENI-EC0773TP |
| Code UE | IGENI-UE0707TP |
| Coefficient interne à l'EC | 1,2 |

| | |
|---------------------------|---------------|
| Coordinateur ENIT de l'EC | Méryl Lagouin |
|---------------------------|---------------|

Présentation de l'EC

| | |
|-----------------------------|-------------------------|
| Nom de l'EC | Construction métallique |
| Nom(s) du/des enseignant(s) | Méryl Lagouin |

| 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 l'enseignement, les étudiants seront capables, en s'appuyant sur les propriétés de l'acier et sur les impacts environnementaux associés à la réalisation de structures métalliques (production des matériaux, impacts en phase chantier et traitement en fin de vie), d'argumenter le choix d'une construction acier pour un bâtiment donné. Ils seront également en mesure de dimensionner à l'Eurocode 3 un élément soumis à une sollicitation de traction/compression ou de cisaillement et/ou de flexion. Enfin, ils sauront utiliser des outils de simulation numérique pour l'analyse structurelle et l'optimisation de structures en acier.</p> |
| | <p><i>At the end of the course, students will be able to argue for the choice of a steel construction for a given building, based on the properties of steel and the environmental impacts associated with the creation of metal structures (material production, construction phase impacts, and end-of-life treatment). They will also be able to size an element subject to tension/compression or shear and/or bending according to Eurocode 3. Finally, they will know how to use numerical simulation tools for structural analysis and optimization of steel structures.</i></p> |

Modalités d'évaluation

| | |
|----------------------|--------------------------------|
| Formule d'évaluation | $(0,6 * CC1) + (0,4 * TP) / 1$ |
|----------------------|--------------------------------|

Langue d'enseignement

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

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Objectifs de la formation visés

Objectifs généraux

- Connaître les propriétés de l'acier, avoir des notions de son impact environnemental et argumenter le choix d'une construction acier pour un bâtiment donné ;
 - Analyser le fonctionnement d'une structure métallique simple ;
 - Produire des plans numériques de constructions métalliques ;
 - Concevoir et dimensionner une structure métallique simple avec le logiciel *ROBOT Structural Analysis Professional* ;
 - Contrôler le dimensionnement à l'Eurocode 3 d'un élément soumis à une sollicitation de traction/compression, de cisaillement et/ou flexion ;
 - Dimensionner à l'Eurocode 3 un élément soumis à une sollicitation de traction/compression, de cisaillement et/ou flexion ;
- Understand the properties of steel, have an awareness of its environmental impact, and argue for the choice of a steel construction for a given building.*
- Analyze the behavior of a simple steel structure.*
- Produce digital plans for metal constructions.*
- Design and size a simple steel structure using ROBOT Structural Analysis Professional software.*
- Verify the sizing according to Eurocode 3 for an element subjected to tension/compression, shear, and/or bending.*
- Size an element according to Eurocode 3 for tension/compression, shear, and/or bending.*

Contenus

- Cours n°1 : 2 h
Chapitre 1. Introduction à la construction métallique
- 1.1. Économie du secteur
 - 1.2. Exemples d'ouvrages métalliques
 - 1.3. Terminologie des constructions métalliques
 - 1.4. Intérêts et limites de cette solution constructive**
- Chapitre 2. Aciers et profilés métalliques
- 2.1. Matériau acier**
 - 2.2. Produits de la sidérurgie
- Cours n°2 : 2 h
Chapitre 3. Classification de sections transversales
- 3.1. Influence du voilement local sur la résistance des sections
 - 3.2. Définition des classes de sections transversales
 - 3.3. Principes de classification
 - 3.4. Résistance d'une paroi au voilement local
 - 3.5. Classification des âmes en flexion composée
 - 3.6. Tableaux de classification de l'Eurocode 3
- Exercices d'application
- Cours n°3 (2h) et 4 (2h)
Chapitre 4. Résistance des sections
- 4.1. Généralités
 - 4.2. Résistance à un effort normal de traction
 - 4.3. Résistance à un effort normal de compression
 - 4.4. Résistance à l'effort tranchant
 - 4.5. Résistance à un moment fléchissant
 - 4.6. Organigramme de vérification en flexion et cisaillement
 - 4.7. Résistance à une sollicitation en flexion simple
- Exercices d'application
- Cours n°5 : 2h
Exercices d'application
- Cours n°6 : 2h
Chapitre 5. Assemblages
- 5.1. Technologie des assemblages courants
 - 5.2. Introduction au calcul d'assemblages

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Chapitre 6. Prise en main de *Robot Structural Analysis Professional*
Modélisation, dimensionnement et optimisation de portiques simples

Exercices d'application sur *Robot Structural Analysis Professional*

Cours n°7 (2h), 8 (2h) et 9 (2h)

Exercices d'application sur *Robot Structural Analysis Professional*

Course 1: 2h

Chapter 1: Introduction to Steel Construction

- 1.1. Economics of the sector
- 1.2. Examples of steel structures
- 1.3. Terminology of steel constructions
- 1.4. Advantages and limitations of this construction solution

Chapter 2: Steels and Steel Profiles

- 2.1. Steel as a material
- 2.2. Steel industry products

Course 2: 2h

Chapter 3: Classification of Cross-Sections

- 3.1. Influence of local buckling on section strength
- 3.2. Definition of cross-sectional classes
- 3.3. Classification principles
- 3.4. Wall strength against local buckling
- 3.5. Classification of webs under combined bending
- 3.6. Eurocode 3 classification tables

Application exercises

Course 3 (2h) and Course 4 (2h)

Chapter 4: Strength of Sections

- 4.1. General overview
- 4.2. Strength under normal tensile force
- 4.3. Strength under normal compressive force
- 4.4. Strength under shear force
- 4.5. Strength under bending moment
- 4.6. Verification flowchart for bending and shear
- 4.7. Strength under simple bending stress

Application exercises

Course 5: 2h

Application exercises

Course 6: 2h

Chapter 5: Joints

- 5.1. Technology of common joints
- 5.2. Introduction to joint calculations

Chapter 6: Introduction to *Robot Structural Analysis Professional*
Modeling, sizing, and optimization of simple frames

Application exercises on *Robot Structural Analysis Professional*

Course 7 (2h), Course 8 (2h), and Course 9 (2h)

Application exercises on *Robot Structural Analysis Professional*

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Méthodes et/ou moyens
pédagogiques

Prérequis pour l'EC

Prérequis

Ingénierie du BTP (IGENI-EC0533)
Résistance des matériaux (IGENI-EC0222, IGENI-EC0321)

Civil Engineering (IGENI-EC0533)
Strength of Materials (IGENI-EC0222, IGENI-EC0321)

Travail personnel hors présentiel

Volume horaire

5 Heures

Type de travail

Exercices et révisions

Ressources bibliographiques

J.-P. Muzeau, *La construction métallique avec les eurocodes : interprétation et exemples de calcul*. in Eurocode. Paris La Plaine Saint Denis: Eyrolles AFNOR éd, 2013.

J.-P. Muzeau, *Manuel de construction métallique : extraits des Eurocodes 0, 1 et 3*, 2e éd. revue et Complétée. in Collection Eurocodes. Paris La Plaine-Saint-Denis : Eyrolles AFNOR éd, 2013.

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

| | |
|----------------------------|----------------|
| Code EC | IGENI-EC0774TP |
| Code UE | IGENI-UE0707TP |
| Coefficient interne à l'EC | 1,6 |

| | |
|---------------------------|------------|
| Coordinateur ENIT de l'EC | H. Weleman |
|---------------------------|------------|

Présentation de l'EC

| | |
|-----------------------------|----------------------------------|
| Nom de l'EC | Béton armé / Reinforced concrete |
| Nom(s) du/des enseignant(s) | M. Lagouin, H. Weleman |

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

Acquis d'apprentissage visés

| | |
|---------------|---|
| Compétence(s) | <p>A l'issue de cet EC, les étudiants seront capables d'identifier les spécificités du matériau béton et de faire le lien entre formulation/procédé de fabrication et performances mécaniques/durabilité en tenant compte des contraintes environnementales. Ils conforteront et élargiront leurs capacités à mettre en œuvre les principes de la réglementation européenne en matière de conception et dimensionnement structurel (Eurocodes). Ils seront en mesure de dimensionner des éléments de structure fondamentaux en béton armé (poutres, dalles, fondations).</p> |
| | <p><i>At the end of this course, students will be able to identify the specific features of concrete materials and make the link between formulation/manufacturing processes and mechanical performance/durability, taking into account environmental constraints. They will consolidate and broaden their ability to apply the principles of European regulations on structural design and dimensioning (Eurocodes). They will be able to design fundamental structural elements in reinforced concrete (beams, slabs, foundations).</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

Avoir des notions concernant la nature, le procédé de fabrication et les caractéristiques essentielles du matériau béton (du jeune âge à l'état durci),
Être conscient des émissions de gaz à effet de serre associées à l'utilisation de ce matériau et de la nécessité de recourir à de nouvelles stratégies vis-à-vis du choix des constituants (recyclage de déchets, matériaux bio-sourcés) et du procédé de fabrication (optimisation des proportions des constituants et des transports),
Maîtriser les principes de fonctionnement et de dimensionnement des structures du BTP établis par la réglementation européenne Eurocodes,
Réaliser une descente de charges d'une structure du BTP,
Réaliser le dimensionnement d'éléments en béton armé essentiels (poutres, dalles, fondations).

Understand the nature, manufacturing process and essential characteristics of concrete materials (from young age to hardened state),
Be aware of the greenhouse gas emissions associated with the use of this material, and of the need to adopt new strategies with regard to the choice of constituents (waste recycling, bio-sourced materials) and to the manufacturing process (optimization of constituent proportions and transport),
Master the principles of load transfer and design of building structures as set out in European Eurocodes regulations,
Carry out a load analysis of a building structure,
Design essential reinforced concrete elements (beams, slabs, foundations).

Contenus

Chapitre 1 : 3h (CM)
Chapitre 1 - Matériau Béton
- constituants,
- procédé de fabrication,
- processus d'hydratation,
- comportements aux différents âges.

Chapitre 2 : 1h (CM) + 4h (TD)
Bases de calcul des éléments structurels
- principes de calcul en Génie Civil, Eurocodes,
- descentes de charges,
- modélisations du béton et de l'acier,
- TD d'application de la descente de charges.

Chapitre 3 : 4h (CM) + 4h (TD)
Dimensionnement des poutres en béton armé soumise à de la flexion simple
- section rectangulaire avec aciers tendus,
- section rectangulaire avec aciers tendus et comprimés,
- poutre en T,
- TD d'application du calcul des aciers longitudinaux de sections de béton armé.

Chapitre 4 : 2h (CM) + 2h (TD)
Dimensionnement des dalles en béton armé
- sens de portée,
- méthodes de calcul,
- charge uniformément répartie,
- charge concentrée
- TD d'application du calcul des aciers de dalles béton armé.

Chapitre 5 : 2h (CM) + 2h (TD)
Dimensionnement des fondations en béton armé
- semelles filantes,
- semelles isolées
- TD d'application du calcul des aciers de fondations en béton armé.

Chapter 1 : 3h (L)
Chapter 1 - Concrete material

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

- constituents,
- manufacturing process,
- hydration processes,
- behaviour at different ages.

Chapter 2: 1h (L) + 4h (PT)

Basics of structural element design

- Principles of civil engineering design, Eurocodes,
- load descriptions,
- concrete and steel modeling,
- Practical tutorial on load distribution.

Chapter 3: 4h (L) + 4h (PT)

Design of reinforced concrete beams subjected to simple bending

- rectangular section with tension steel,
- rectangular section with tension and compression steels,
- T-beam,
- Practical tutorial on the application of longitudinal steel design to reinforced concrete sections.

Chapter 4: 2h (L) + 2h (PT)

Design of reinforced concrete slabs

- direction of span,
- calculation methods,
- uniformly distributed load,
- concentrated load
- Practical tutorial on reinforced concrete slab steel design.

Chapter 5: 2h (L) + 2h (PT)

Design of reinforced concrete foundations

- strip footings,
- pad footings
- Practical tutorial on reinforcing steel design for reinforced concrete foundations.

Méthodes et/ou moyens pédagogiques

L'enseignement est dispensé sous la forme de présentations en Cours Magistral (CM) suivies d'exercices d'applications lors de Travaux Dirigés (TD). Une démarche de pédagogie active est mise en place pour certains TD pour mettre les étudiants dans la situation d'ingénieurs travaillant en bureau d'études de structure. L'ensemble des 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.

Teaching takes the form of lectures (L) followed by practical application exercises in tutorials (PT). An active teaching approach is used for some of the practical sessions, to put students in the situation of engineers working in a structural design office. All teaching materials are written in English, to make it easier to welcome foreign students and to help improve the technical language skills of French students

Prérequis pour l'EC

Prérequis

- Mécanique générale : statique (IGENI-0121),
- Résistance des Matériaux (IGENI-EC0222, IGENI-EC0321)
- Ingénierie du BTP (IGENI-EC0533)

- General mechanics: statics (IGENI-0121),
- Strength of Materials (IGENI-EC0222, IGENI-EC0321)
- Introduction to civil engineering (IGENI-EC0533)

Travail personnel hors présentiel

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

| | |
|-------------------------------|---|
| <i>Volume horaire</i> | 6 heures / 6 hours |
| <i>Type de travail</i> | Apprentissage du cours, révision des exercices <i>Learning the course, reviewing exercises</i> |

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Ressources bibliographiques

Le matériau béton : connaissances générales – G. Chanvillard – Ed. Aleas, 1999.

Béton armé, application de l'Eurocode 2 – R. Nicot – Ed. Ellipses, 2001.

Pratique de l'Eurocode 2 - J. Roux - Ed. AFBOR/Eyrolles, 2009

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

| | |
|----------------------------|----------------|
| Code UE | IGENI-UE0707SI |
| Crédits ECTS | 6 |
| Coefficient interne à l'UE | 6,4 |

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 | 53 H |
| | TD | 18 H |
| | TP | 32 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

- Observabilité et estimation d'état (observateurs, observateurs de Kalman)
- Traitement du signal en temps et fréquence, filtrage, transformées
- Réseaux numériques et transmission de l'information dans les systèmes embarqués
- Architectures fonctionnelles et physiques des systèmes complexes (ingénierie système)
- Régulation numérique et discrétisation des systèmes
- Commande des machines électriques et convertisseurs (MLI, machines asynchrones)

Principaux objectifs généraux visés

- Comprendre et modéliser les systèmes dynamiques pour l'intégration de capteurs logiciels dans des environnements complexes
- Maîtriser les outils du traitement du signal pour extraire l'information utile en présence de perturbations
- Identifier et sélectionner les technologies de communication et d'instrumentation numérique pertinentes pour des systèmes distribués
- S'approprier la démarche d'ingénierie système pour spécifier, concevoir et intégrer des systèmes multi-physiques
- Concevoir, analyser et implémenter des lois de commande numériques adaptées à des procédés réels
- Déployer des solutions de pilotage efficaces de machines électriques en lien avec la conversion d'énergie

Acquis d'apprentissage visés

Compétence(s)

Compétence principale :

À l'issue de l'UE, les étudiants seront en mesure, lorsqu'ils participent à la conception et à l'intégration de systèmes techniques dans un environnement industriel, **de modéliser, dimensionner et intégrer des sous-systèmes de commande, d'observation et de traitement de l'information, en montrant qu'ils sont capables de justifier leurs choix technologiques et d'assurer la cohérence fonctionnelle, énergétique et informationnelle du système global.**

Compétence complémentaire 1 :

À l'issue de l'UE, les étudiants seront en mesure, lorsqu'ils doivent piloter un actionneur ou un système de conversion d'énergie, **de mettre en œuvre une loi de commande numérique ou vectorielle adaptée, en montrant leur capacité à analyser la stabilité et les performances du système et à tenir compte des contraintes énergétiques.**

Compétence complémentaire 2 :

À l'issue de l'UE, les étudiants seront en mesure, lorsqu'ils sont confrontés à un besoin de mesure robuste dans un système embarqué ou temps réel, **de sélectionner les méthodes de traitement du signal et d'observation adaptées, en montrant qu'ils peuvent améliorer la qualité de l'information utile malgré les perturbations ou incertitudes.**

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

| | |
|----------------------------|----------------|
| Code EC | IGENI-EC0771SI |
| Code UE | IGENI-UE0707SI |
| Coefficient interne à l'EC | 0,9 |

| | |
|---------------------------|-----------------|
| Coordinateur ENIT de l'EC | Baptiste TRAJIN |
|---------------------------|-----------------|

Présentation de l'EC

| | |
|-----------------------------|--|
| Nom de l'EC | Capteurs logiciels Software sensors |
| Nom(s) du/des enseignant(s) | Baptiste TRAJIN |

| Volume Horaire/Format | Format | Heures |
|-----------------------|---------------------|------------------|
| | CM | 9 H |
| | TD | 6 H |
| | TP | H |
| | Projet encadré | H |
| | Projet en autonomie | H |
| | Total | 15 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 le principe et la structure d'un observateur - Comprendre les contraintes liées à l'utilisation des observateurs - Appliquer les techniques de linéarisation sur un problème modélisé par des équations aux dérivées partielles - Appliquer la construction d'un observateur de Kalman ou d'un observateur de fonctionnelle linéaire sans entrées inconnues. |
| | <p>At the end of the course, students will be able to:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Understand the principle and the structure of observers; - Understand the constraints linked to the use of observers. - Apply linearization of physical phenomenon governed by a partial differential equation; - Apply the design of a Kalman observer or a linear functional observer without unknown inputs |

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 | <p>Pour un problème physique modélisé par des équations aux dérivées partielles, déterminer sa représentation d'état linéarisée et dimensionner un observateur en fonction d'un cahier des charge et de contraintes numériques.</p> <p><i>For a physical problem governed by a partial differential equation, determine its linear state space representation and design an observer regarding given requirements and numerical constraints.</i></p> |
| Contenus | <p>1 : Modèle d'état. 2 : Principe de l'observation. 3 : Observateurs minimaux. 4 : Observation à entrées inconnues.</p> <p><i>1 : State space model. 2 : A primer in observation. 3 : Reduced order observers. 4 : Unknown input observers</i></p> |
| Méthodes et/ou moyens pédagogiques | <p>Cours transmissif et Travaux dirigés informatique</p> <p><i>Lessons and practical work</i></p> |

Prérequis pour l'EC

| | |
|------------------|---|
| Prérequis | <p>Modélisation des systèmes mécatroniques Calcul matriciel</p> <p><i>Modelling of mechatronic systems Matrix computation</i></p> |
|------------------|---|

Travail personnel hors présentiel

| | |
|------------------------|--|
| Volume horaire | 5 Heures |
| Type de travail | <p>Rédaction de rapport</p> <p><i>Report writing</i></p> |

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Ressources bibliographiques

O'Reilly J., "Observers for linear systems", Academic Press, 1983.

Gauthier J. P., Kupka I., "Deterministic observation theory and applications", Cambridge university press, 2001.

Trinh H., Fernando T., "Functional observers for dynamical systems", Springer, 2011.

Chen J., Patton R. J., "Robust model-based fault diagnosis for dynamic systems", Springer, 2012.

Kailath T., "Linear systems", Prentice Hall, 1980.

Rotella F., Zambettakis I., "Minimal single linear functional observers for linear systems", Automatica, vol. 47, pp. 164-169, 2011.

Baptiste Trajin, Paul-Etienne Vidal, Bond graph multi-physics modeling of encapsulating materials in power electronic modules, European Physical Journal Applied Physics, vol. 89, no. 2, Février 2020, pp. 1-9.

Baptiste Trajin, Imane Sakhraoui, Frédéric Rotella, Soft sensor design for estimation of thermal behavior of encapsulating materials in power electronic module, Microelectronics Reliability, vol. 126, Novembre 2021, pp. 1-6.

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

| | |
|----------------------------|----------------|
| Code EC | IGENI-EC0773SI |
| Code UE | IGENI-UE0707SI |
| Coefficient interne à l'EC | 1,2 |

| | |
|---------------------------|-----------------|
| Coordinateur ENIT de l'EC | Baptiste TRAJIN |
|---------------------------|-----------------|

Présentation de l'EC

| | |
|-----------------------------|--|
| Nom de l'EC | Traitement du signal 1 <i>Signal processing 1</i> |
| Nom(s) du/des enseignant(s) | Baptiste TRAJIN |

| Volume Horaire/Format | Format | Heures |
|-----------------------|---------------------|------------------|
| | CM | 7 H |
| | TD | 4 H |
| | TP | 8 H |
| | Projet encadré | H |
| | Projet en autonomie | H |
| | Total | 19 heures |

Acquis d'apprentissage visés

| | |
|---------------|---|
| Compétence(s) | <p>A l'issue de cet EC, les étudiants seront capables d'appréhender différentes méthodes de traitement du signal, hors ligne et en ligne afin d'améliorer la qualité des mesures dans un système. Les étudiants seront capables de comprendre le lien entre la transformée de Fourier et la transformée de Laplace.</p> |
| | <p><i>At the end of the course, students will be able to apply various signal processing methods, both offline and online, to enhance the measurement quality within a system. Students will understand the link between Fourier and Laplace transforms.</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 | <p>Savoir calculer la transformée de Fourier de signaux découpés constants par morceaux représentant la tension de sortie de convertisseurs statiques à découpage.</p> <p>Dans un système électrique comportant des dipôles passifs ou des quadripôles actifs, déterminer le transfert du système et déterminer la transformée de Fourier de différentes grandeurs de sortie.</p> <p>Décomposer un code informatique réalisant un diagnostic fréquentiel et en évaluer la pertinence et l'efficacité.</p> <p><i>Be able to calculate the Fourier transform of piecewise constant signals representing the output voltage of switching static converters.</i></p> <p><i>In an electrical system containing passive dipoles or active quadripoles, determine the system transfer function and compute the Fourier transform of various output quantities.</i></p> <p><i>Develop and analyze a computer code performing frequency-domain diagnostics and assess its relevance and effectiveness.</i></p> |
| Contenus | <p>Chapitre 1 : chaînes de mesures et sources de perturbation</p> <p>Chapitre 2 : traitement des grandeurs dans le domaine temporel, filtrage linéaire</p> <p>Chapitre 3 : traitement des grandeurs dans le domaine fréquentiel, transformée de Fourier</p> <p>Chapitre 4 : Incursion dans le temps-fréquence, transformée en ondelettes</p> <p><i>Chapter 1 : Measurements</i></p> <p><i>Chapter 2 : Signal processing in the time domain, linear filtering</i></p> <p><i>Chapter 3 : Signal processing in the frequency domain, Fourier transform</i></p> <p><i>Chapter 4 : time frequency discovering, wavelet analysis</i></p> |
| Méthodes et/ou moyens pédagogiques | <p>Cours transmissif</p> <p>Travaux dirigés</p> <p>Apprentissage par problème incluant une démarche de reverse engineering</p> <p><i>Lessons</i></p> <p><i>Exercice</i></p> <p><i>Problem based learning including reverse engineering approach</i></p> |

Prérequis pour l'EC

| | |
|------------------|---|
| Prérequis | <p>Circuits électriques : lois de mailles, lois des nœuds, théorème de Millman ;</p> <p>Equations différentielles ;</p> <p>Séries de Fourier ;</p> <p>Transformée de Laplace et diagramme de Bode ;</p> <p>Conversion statique.</p> <p><i>Electical circuits</i></p> <p><i>Differential equations</i></p> <p><i>Fourier series</i></p> <p><i>Laplace transform and Bode diagram</i></p> <p><i>Static converters</i></p> |
|------------------|---|

Travail personnel hors présentiel

| | |
|------------------------|---|
| Volume horaire | <p style="text-align: right;">6 Heures</p> |
| Type de travail | <p>Révision, Finalisation de la rédaction d'un rapport de synthèse</p> <p><i>Revision, finalization of a summary report</i></p> |

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Ressources bibliographiques

S. Mallat, "Une exploration des signaux en ondelettes", Editions de l'école polytechnique, 2000.

G. Asch et al., "Acquisition de données - du capteur à l'ordinateur", Dunod, 2003.

F. Cottet, "Traitement des signaux et acquisition de données", Dunod, 1999.

J. Max, J.L. Lacoume, "Méthodes et techniques de traitement du signal", Dunod, 2004.

B. Trajin, "Analyse et traitement de grandeurs électriques pour la détection et le diagnostic de défauts mécaniques dans les entraînements asynchrones", Université de Toulouse, 2009.

C. Gasquet, P. Witomski, "Analyse de Fourier et applications : filtrage, calcul numérique, ondelettes", Dunod, 2000.

P. Flandrin, "Temps-fréquence", 2nde Edition, Collection Traitement du signal, Hermes, Paris, 1998.

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

| | |
|----------------------------|----------------|
| Code EC | IGENI-EC0774SI |
| Code UE | IGENI-UE0707SI |
| Coefficient interne à l'EC | 0,5 |

| | |
|---------------------------|------------------|
| Coordinateur ENIT de l'EC | Xavier Desforges |
|---------------------------|------------------|

Présentation de l'EC

| | |
|-----------------------------|--|
| Nom de l'EC | Réseaux et transmission de l'information numérique, Instrumentation Intelligente <i>Networks and digital data transmission, smart instruments</i> |
| Nom(s) du/des enseignant(s) | Xavier Desforges |

| Volume Horaire/Format | Format | Heures |
|-----------------------|---------------------|-----------------|
| | CM | 7 H |
| | TD | H |
| | TP | H |
| | Projet encadré | H |
| | Projet en autonomie | H |
| | Total | 7 heures |

Acquis d'apprentissage visés

| | |
|---------------|--|
| Compétence(s) | <p>Au terme de cet enseignement, l'étudiant sera capable de faire des choix quant aux déploiements de moyens de communication numérique dans les systèmes et à la répartition des traitements de l'information sur des capteurs, actionneurs ou d'autres instruments.</p> <p><i>At the end of this course, students will be able to make choices regarding the deployment of digital communication resources in systems and the distribution of information processing to sensors, actuators or other devices.</i></p> |
|---------------|--|

Modalités d'évaluation

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

Langue d'enseignement

| | |
|--------|--------------------------------|
| Langue | Français, English if necessary |
|--------|--------------------------------|

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Objectifs de la formation visés

| | |
|---|---|
| Objectifs généraux | <p>L'objectif du cours consiste en l'acquisition des connaissances relatives aux différents aspects de la communication numérique pour les systèmes embarqués ou temps-réel mais aussi les fonctionnalités que cette communication numérique permet des distribués au niveau des instruments de terrain que sont les capteurs et les actionneurs. À l'issue de ce cours l'élève ingénieur est capable d'effectuer des choix technologiques sur la répartition des traitements et la transmission de l'information numérique dans les systèmes.</p> <p><i>The aim of these courses consists in acquiring knowledge about the various aspects of digital data transmission for embedded or real-time systems and about the distribution of functionalities at sensors and actuators level. At the end of these courses, students are able to make decision about the distribution of functionalities to instruments and to choose the technical solutions for networking.</i></p> |
| Contenus | <p>Le cours comprend :</p> <ul style="list-style-type: none">• le modèle OSI de l'ISO,• les types de protocoles d'accès au medium,• les topologies physiques des réseaux,• les réseaux de terrain,• les technologies de la transmission de l'information numérique,• les architectures fonctionnelles et matérielles des capteurs et actionneurs intelligents. <p><i>The courses program consists of the following points:</i></p> <ul style="list-style-type: none">• <i>OSI model of the ISO,</i>• <i>medium access protocols types,</i>• <i>network physical topologies,</i>• <i>digital data transmission technologies, functional and material architectures of smart instruments.</i> |
| Méthodes et/ou moyens pédagogiques | |

Prérequis pour l'EC

| | |
|------------------|--|
| Prérequis | <p>Des connaissances en informatique, informatique industrielle sont souhaitées.</p> <p><i>Knowledge of IT and industrial IT is desirable.</i></p> |
|------------------|--|

Travail personnel hors présentiel

| | |
|------------------------|----------|
| Volume horaire | 5 Heures |
| Type de travail | Révision |

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Ressources bibliographiques

- Réseaux de terrain : description et critères de choix – CIAME – Ed. Hermès 1999.
- Capteurs intelligents et méthodologie d'évaluation – M. Robert, M. Marchandiaux, M. Porte – Ed. Hermès 1993.
- Actionneurs intelligents – M. Staroswiecki, M. Bayart – Ed. Hermès – Ed. Hermès 1994.

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

| | |
|----------------------------|----------------|
| Code EC | IGENI-EC0775SI |
| Code UE | IGENI-UE0707SI |
| Coefficient interne à l'EC | 1,6 |

| | |
|---------------------------|------------------|
| Coordinateur ENIT de l'EC | Xavier Desforges |
|---------------------------|------------------|

Présentation de l'EC

| | |
|-----------------------------|--|
| Nom de l'EC | Ingénierie d'intégration des systèmes |
| Nom(s) du/des enseignant(s) | Emmanuel Hygounenc Xavier Desforges |

| Volume Horaire/Format | Format | Heures |
|-----------------------|---------------------|------------------|
| | CM | 14 H |
| | TD | H |
| | TP | 12 H |
| | Projet encadré | H |
| | Projet en autonomie | H |
| | Total | 26 heures |

Acquis d'apprentissage visés

| | |
|---------------|--|
| Compétence(s) | <p>Au terme de cet enseignement, les étudiants seront capables de définir les architectures fonctionnelles et physiques de systèmes complexes répondant aux exigences en ayant considéré l'ensemble des parties prenantes et les flux d'énergie, de matière et d'information.</p> <p>At the end of this course, students will be able to define the functional and physical architectures of complex systems that meet requirements, having considered all the stakeholders and the flows of energy, matter and information.</p> |
|---------------|--|

Modalités d'évaluation

| | |
|----------------------|---------------------------|
| Formule d'évaluation | $(2 * DS1 + 1 * TP1) / 3$ |
|----------------------|---------------------------|

Langue d'enseignement

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

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Objectifs de la formation visés

| | |
|---|---|
| Objectifs généraux | <p>L'objectif de ce cours est l'acquisition des compétences nécessaires à la mise en œuvre de l'Ingénierie des Systèmes (IS). L'IS est un processus collaboratif et interdisciplinaire de conception de systèmes nécessitant l'intégration de technologies multiples et hétérogènes. Au terme de ce cours, l'étudiant doit être capable de mettre en place le recueil d'exigences et de définir les architectures fonctionnelles et physiques du système à faire répondant aux mieux au besoin et acceptable pour l'environnement.</p> <p><i>The aim of these courses consists in acquiring skills in Systems Engineering (SE). SE is a collaborative interdisciplinary process for designing systems dealing with the integration of multiple and heterogeneous technologies. At the end of these courses, students are able to organize the requirements gathering and to define the functional and physical architectures of the system to design that meet the needs better and that are sustainable for the environment.</i></p> |
| Contenus | <p>Le cours comprend :</p> <ul style="list-style-type: none">• Processus de l'Ingénierie des Systèmes (IS),• Cycle de développement d'un système,• Méthodes et outils de l'IS,• Analyse du besoin et spécifications des exigences,• Architectures fonctionnelles et organiques des systèmes,• Introduction au Model Based System Engineering (MBSE). <p><i>The courses program consists of the following points:</i></p> <ul style="list-style-type: none">• <i>Systems Engineering (SE) processes,</i>• <i>Development cycle of a system,</i>• <i>Methods and tools for SE,</i>• <i>Needs analysis and requirements specifications,</i>• <i>functional and physical architectures of systems,</i>• <i>Introduction to Model Based System Engineering (MBSE).</i> |
| Méthodes et/ou moyens pédagogiques | <p>Cours magistraux et travaux pratiques visant la définition d'architecture d'un système à partir des besoins et des exigences.</p> <p><i>Lectures and practical work aimed at defining the architecture of a system based on needs and requirements.</i></p> |

Prérequis pour l'EC

| | |
|------------------|--|
| Prérequis | <p>Des connaissances en gestion de projet sont souhaitées pour aborder cet enseignement.</p> <p><i>Knowledge of project management is desirable for this course.</i></p> |
|------------------|--|

Travail personnel hors présentiel

| | |
|------------------------|---|
| Volume horaire | 10 Heures |
| Type de travail | Révision et travail en autonomie de l'ingénierie d'un système |

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Ressources bibliographiques

- A. Kossiakoff, W.N. Sweet, S. Seymour, S.M. Biemer, « Systems Engineering Principles and Practice », second edition, Ed. John Wiley & Sons, Inc. 2011
- S. Fiorèse, J.-P. Meinadier, « Découvrir et comprendre l'ingénierie système », Ed. Cépaduès, 2012
- « Guide Bonnes pratiques en Ingénierie des Exigences », Ouvrage collectif, Ed. Cépaduès, 2012
- E. Hygounenc, « Ingénierie des systèmes : analyse, modélisation et simulation des systèmes », Ed. ISTE, 2023.

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

| | |
|----------------------------|----------------|
| Code EC | IGENI-EC0776SI |
| Code UE | IGENI-UE0707SI |
| Coefficient interne à l'EC | 1,3 |

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

Présentation de l'EC

| | |
|-----------------------------|---|
| Nom de l'EC | Asservissement numérique (<i>digital control</i>) |
| Nom(s) du/des enseignant(s) | Manitrarivo Micky RAKOTONDRABE |

| Volume Horaire/Format | Format | Heures |
|-----------------------|---------------------|------------------|
| | CM | 9 H |
| | TD | 8 H |
| | TP | 4 H |
| | Projet encadré | H |
| | Projet en autonomie | H |
| | Total | 21 heures |

Acquis d'apprentissage visés

| | |
|---------------|---|
| Compétence(s) | <p>A l'issue de l'EC, les étudiants seront capable de :</p> <ul style="list-style-type: none"> - comprendre les sous-systèmes qui composent une régulation ou un asservissement qui comprend un calculateur numérique, - faire des choix en termes de bande passante et de schéma de discrétisation pour l'implémentation d'un correcteur au sein d'un calculateur numérique donné, - modéliser un procédé physique et de discrétiser son modèle continu, - calculer un correcteur discret et de l'implémenter dans un calculateur numérique. |
| | <p>As outcomes, the students will be able to:</p> <ul style="list-style-type: none"> - understand the subsystems that compose a digital control system, - make choice in terms of bandwidth and discretization scheme regarding the implementation of a controller in a digital machine, - model a physical process and discretize its continuous time-domain model, - design a digital controller and implement it in a digital machine. |

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 | <ul style="list-style-type: none"> - Comprendre l'utilité du numérique et à quel moment l'utiliser, - Comprendre l'interconnexion de systèmes contenant des calculateurs numériques et des systèmes continus, - Savoir remplir les critères de discrétisation et savoir discrétiser les systèmes continus, - Savoir calculer un correcteur discret, - Savoir implémenter un correcteur discret, - Savoir analyser la stabilité et les performances d'une régulation ou d'un asservissement contenant du numérique. <ul style="list-style-type: none"> - Understand the utility of digital control and when to use it, - Understand the interconnection of systems which encompass digital controller and continuous systems, - Know how to fulfill the criteria before discretizing and how to discretize continuous time-domain systems, - Know how to compute digital controllers, - Know how to implement digital controllers, - Know how to analyze the stability and the performances of a digital control system. |
| Contenus | <p>Cours :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Modélisation et discrétisation (4h) - Analyse de la stabilité et performances (2h) - Synthèses de correcteurs discrets (3h) <p>TD :</p> <ul style="list-style-type: none"> - TD exercice (2h) - TD sur ordinateur (6h) <p>TP :</p> <ul style="list-style-type: none"> - TP sur maquette (4h) <p>Lectures :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Modeling and discretization of systems (4h) - Stability and performances analysis (2h) - Design of digital controllers (3h) <p>TD :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tutorial exercice (2h) - Tutorial on computer (6h) <p>TP :</p> <ul style="list-style-type: none"> - on benchmark (4h) |
| Méthodes et/ou moyens pédagogiques | <ul style="list-style-type: none"> - Introduction à l'EC via un exercice "d'asservissement continu" pour que les étudiants se rendent compte de la difficulté d'implémentation et donc de l'utilité de l'implémentation numérique et de "l'asservissement numérique", - TD sur ordinateur permettant d'anticiper des acquis sur l'implémentation et programmation sur calculateurs numériques. <ul style="list-style-type: none"> - Introductory lecture with an exercise on "continuous-time domain control systems" so that the students realize the implementation difficulty and so that they understand the need of "digital control", - Tutorial on computer to anticipate knowledges on digital implementation. |

Prérequis pour l'EC

| | |
|------------------|--|
| Prérequis | <ul style="list-style-type: none"> - 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. <ul style="list-style-type: none"> - 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. |
|------------------|--|

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Travail personnel hors présentiel

| | |
|------------------------|--|
| Volume horaire | 8h |
| Type de travail | <ul style="list-style-type: none">- Rédaction de rapport- Préparation d'exercice et de simulation- Report writing- Preparation of exercise and simulation |

Ressources bibliographiques

Digital Control Systems, Rolf Isermann, Springer, ISBN-10 : 9783642864193.

Automatique des systèmes échantillonnés, Pierre Borne - Christophe Sueur - Philippe Vanheeghe, Editions TECHNIP, ISBN : 9782710807902, 2000.

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

| | |
|----------------------------|----------------|
| Code EC | IGENI-EC0777SI |
| Code UE | IGENI-UE0707SI |
| Coefficient interne à l'EC | 0,9 |

| | |
|---------------------------|-----------------|
| Coordinateur ENIT de l'EC | Baptiste Trajin |
|---------------------------|-----------------|

Présentation de l'EC

| | |
|-----------------------------|--|
| Nom de l'EC | Commande des machines et des convertisseurs <i>Machine and converter controls</i> |
| Nom(s) du/des enseignant(s) | Baptiste Trajin, Paul-Etienne Vidal |

| Volume Horaire/Format | Format | Heures |
|-----------------------|---------------------|------------------|
| | CM | 7 H |
| | TD | H |
| | TP | 8 H |
| | Projet encadré | H |
| | Projet en autonomie | H |
| | Total | 15 heures |

Acquis d'apprentissage visés

| | |
|---------------|--|
| Compétence(s) | <p>A l'issue de l'enseignement, l'étudiant sera capable de comprendre et mettre en œuvre, tout en en partie, un schéma de contrôle / commande d'un actionneur électromécanique de type machine asynchrone associée à son onduleur et son pilotage en modulation <i>en vue d'une meilleure efficacité énergétique.</i></p> <p><i>At the end of the course, the student will be able to understand and implement, a control/command scheme for an electromechanical actuator such as an asynchronous motor, associated with its Voltage Source Pulse Width Modulation inverter to increase the efficiency of the system.</i></p> |
|---------------|--|

Modalités d'évaluation

| | |
|----------------------|--------------------|
| Formule d'évaluation | $(1*CC1+1*RAP1)/2$ |
|----------------------|--------------------|

Langue d'enseignement

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

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Objectifs de la formation visés

| | |
|---|---|
| Objectifs généraux | <ul style="list-style-type: none">• Connaître le principe de la Modulation de largeur d'Impulsion pour les Convertisseurs Statiques• Savoir appliquer un schéma de MLI à une structure de conversion donnée<ul style="list-style-type: none">○ ► DC-DC○ ► DC-AC• Réaliser la simulation d'une structure de conversion simple et de son schéma MLI• Présenter les résultats de simulation obtenus et les relier au contenu du polycopié de cours • Connaître les principes de l'identification des paramètres d'une machine asynchrone en vue de sa régulation• Connaître les modèles dynamiques de la machine asynchrone• Appliquer le dimensionnement des régulateurs linéaires au pilotage vectoriel de la machine asynchrone • <i>Know the principle of Pulse Width Modulation for Static Converters</i>• <i>Know how to apply a PWM scheme to a given converter structure, namely:</i><ul style="list-style-type: none">○ DC-DC○ DC-AC• <i>Simulate a simple converter structure and its PWM scheme</i>• <i>Present the simulation results obtained and relate them to the content of the course handout</i> • Know the principles of parameter identification of an asynchronous motor for its control• Know the dynamic models of the asynchronous motor• Apply the design of linear controllers for vector control of asynchronous motors |
| Contenus | <p>Cours n°1 : 3 heures. Identification et commande vectorielle de la machine asynchrone Cours n°2 : 4 heures. Schéma de commande à MLI TD n°1 : 4 heures TD n°2 : 4 heures</p> <p><i>Lesson 1: 3 hours. Identification and vector control of asynchronous motor</i> <i>Lesson 1: 4 hours. PWM control</i> <i>TD n°1 : 3 hours</i> <i>TD n°2 : 4 hours</i></p> |
| Méthodes et/ou moyens pédagogiques | <p>Cours sous forme transmissif avec exercice de type TD intégrés. TP sous forme de manipulation numérique : simulation.</p> <p><i>Transmissive lessons with integrated practical exercises. Practical work in the form of digital manipulation: simulation.</i></p> |

Prérequis pour l'EC

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

| | |
|------------------|---|
| Prérequis | <p>Méthode et traitement des circuits électriques. Cours de convertisseur statiques de TC M11. Cours de modélisation des systèmes mécatroniques de TC M11. Méthode de régulation de l'automatique.</p> <p><i>Method and processing of electrical circuits. TC M11 static converter course. TC M11 modeling of mechatronic systems Method of Control</i></p> |
|------------------|---|

Travail personnel hors présentiel

| | |
|------------------------|--|
| Volume horaire | 8 Heures |
| Type de travail | <p>Préparation puis finalisation de la simulation et rédaction d'un rapport de synthèse</p> <p><i>Preparing and finalising the simulation and writing a summary report</i></p> |

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Ressources bibliographiques

<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, janvier 2023, PE. VIDAL Contrôle par modulation des convertisseurs statiques

R. H. Engelmann, W. H. Middendorf, "Handbook of Electric Motors", Marcel Dekker, New York, 1995.

P. Vas, "Vector control of AC machines", Oxford Science Publications, Oxford, 1990.

P. Vas, "Electrical Machines and Drives - A space-vector theory approach", Oxford Science Publications, Oxford, 1992.

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

| | | |
|-------------------------------------|--|--------------------------|
| <i>Code UE</i> | IGENI-UE0707GI | |
| <i>Crédits ECTS</i> | 6 | |
| <i>Coefficient interne à l'UE</i> | 6,4 | |
| <i>Présentation de l'UE</i> | | |
| <i>Nom de l'UE</i> | OPTION GENIE INDUSTRIEL | |
| <i>Nom(s) du/des enseignant(s)</i> | Laurent Geneste Raymond Houe Ngouna Thierry Vidal Kamal Medjaher Bernard Kamsu Foguem Thi Phuong Khanh Nguyen | |
| <i>Volume Horaire/Format</i> | <i>Format</i> | <i>Heures</i> |
| | <i>CM</i> | 47 H |
| | <i>TD</i> | 28 H |
| | <i>TP</i> | 27 H |
| | <i>Projet encadré</i> | 0 H |
| | <i>Projet en autonomie</i> | 0 H |
| | <i>Total</i> | <i>102 heures</i> |

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Thèmes et Objectifs de la formation visés

Principaux thèmes abordés

IGENI-UE0707GI couvre les thèmes principaux suivants:

• **IGENI-EC0771GI - Recherche et optimisation combinatoire : algorithmes avancés et applications**

- Étude des problèmes combinatoires appliqués à des domaines industriels tels que l'agencement des ateliers ou l'optimisation des tournées.
- Techniques abordées : propagation de contraintes, plans d'expérience, optimisation exacte (Branch & Bound), heuristiques, et métaheuristiques.

• **IGENI-EC0772GI - Évaluation des performances**

- Modélisation des systèmes à événements discrets et introduction aux réseaux de Petri.
- Évaluation des performances des systèmes en utilisant des outils comme les réseaux de Petri synchronisés, temporisés et colorés.

• **IGENI-EC0773GI - MRP avancé, juste-à-temps et lean**

- Comprendre et appliquer les différences entre production à flux poussé et tiré.
- Techniques de progrès continu basées sur le lean manufacturing (SMED, Poka Yoke, Kanban).

IGENI-UE0707GI covers the following main topics:

IGENI-EC0771GI - Combinatorial Research and Optimization: Advanced Algorithms and Applications

- *Study of combinatorial problems applied to industrial domains such as workshop layout or route optimization.*
- *Techniques covered: constraint propagation, design of experiments, exact optimization (Branch & Bound), heuristics, and metaheuristics.*

IGENI-EC0772GI - Performance Evaluation

- *Modeling of discrete event systems and introduction to Petri nets.*
- *Performance evaluation of systems using tools such as synchronized, timed, and colored Petri nets.*

IGENI-EC0773GI - Advanced MRP, Just-in-Time, and Lean

- *Understanding and applying the differences between push and pull production flows.*
- *Continuous improvement techniques based on lean manufacturing (SMED, Poka Yoke, Kanban).*

Principaux objectifs généraux visés

IGENI-UE0707GI vise à développer chez les étudiants les compétences essentielles pour gérer, analyser et optimiser un système de production manufacturier en utilisant des outils avancés d'évaluation des performances, de gestion d'atelier et d'optimisation.

Domaine Cognitif (Savoir, Comprendre)

- Connaître les concepts fondamentaux de l'évaluation des performances des systèmes industriels.
- Comprendre les principes des systèmes de production et les méthodologies d'amélioration continue (Juste-à-Temps, Lean, MRP).
- Appréhender les méthodes d'optimisation exactes et approchées adaptées aux problèmes combinatoires en génie industriel.
- Comprendre les applications des réseaux de Petri dans la modélisation et l'analyse des systèmes à événements discrets.

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Domaine Pragmatique (Savoir-faire, Réaliser)

- Être capable d'évaluer la performance d'un système de production à l'aide d'indicateurs adaptés.
- Mettre en œuvre des outils et méthodes d'amélioration continue pour optimiser la gestion des flux de production.
- Utiliser des algorithmes d'optimisation pour résoudre des problèmes industriels complexes liés à la planification et l'ordonnancement.
- Modéliser un système à événements discrets et appliquer les réseaux de Petri pour l'analyser et l'optimiser.
- Implémenter des techniques de Lean Manufacturing en entreprise pour améliorer l'efficacité des processus.

Domaine Affectif (Être conscient de, Avoir conscience)

- Avoir conscience de l'impact économique et environnemental des choix d'optimisation en production industrielle.
- Développer un esprit critique face aux méthodes et outils d'évaluation et d'amélioration des performances.
- Prendre en compte l'importance de l'amélioration continue et de l'innovation dans la compétitivité industrielle.
- Être sensibilisé à l'importance de la collaboration interdisciplinaire pour résoudre des problématiques complexes en génie industriel.

IGENI-UE0707GI aims to develop essential skills in students for managing, analyzing, and optimizing a manufacturing production system using advanced tools for performance evaluation, workshop management, and optimization.

Cognitive Domain (Knowledge, Understanding)

- Understand the fundamental concepts of performance evaluation in industrial systems.
- Comprehend the principles of production systems and continuous improvement methodologies (Just-in-Time, Lean, MRP).
- Grasp exact and heuristic optimization methods adapted to combinatorial problems in industrial engineering.
- Understand the applications of Petri nets in modeling and analyzing discrete event systems.

Pragmatic Domain (Skills, Execution)

- Be able to evaluate the performance of a production system using appropriate indicators.
- Implement continuous improvement tools and methods to optimize production flow management.
- Use optimization algorithms to solve complex industrial problems related to planning and scheduling.
- Model a discrete event system and apply Petri nets for its analysis and optimization.
- Implement Lean Manufacturing techniques in an industrial setting to enhance process efficiency.

Affective Domain (Awareness, Consciousness)

- Be aware of the economic and environmental impact of optimization choices in industrial production.
- Develop a critical mindset towards evaluation and performance improvement methods and tools.
- Recognize the importance of continuous improvement and innovation in industrial competitiveness.
- Be sensitized to the importance of interdisciplinary collaboration in solving complex industrial engineering challenges.

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Acquis d'apprentissage visés

Compétence(s)

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

- Analyser la performance d'un système de production et proposer des améliorations adaptées.
- Maîtriser les techniques de gestion et planification des flux industriels en utilisant des outils comme MRP, JIT et Lean.
- Modéliser et résoudre des problèmes d'optimisation en appliquant des méthodes mathématiques adaptées.
- Intégrer des outils d'aide à la décision pour améliorer la productivité et la flexibilité des systèmes industriels.

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

- *Analyze production system performance and propose suitable improvements.*
- *Master industrial flow management and planning techniques using tools like MRP, JIT, and Lean.*
- *Model and solve optimization problems by applying relevant mathematical methods.*
- *Integrate decision-support tools to enhance productivity and flexibility in industrial systems.*

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

| | |
|----------------------------|----------------|
| Code EC | IGENI-EC0771GI |
| Code UE | IGENI-UE0707GI |
| Coefficient interne à l'EC | 2,2 |

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

Présentation de l'EC

| | |
|-----------------------------|--|
| Nom de l'EC | Recherche et optimisation combinatoire : algorithmes avancés et applications |
| Nom(s) du/des enseignant(s) | Laurent Geneste, Raymond Houe, Thierry Vidal |

| Volume Horaire/Format | Format | Heures |
|-----------------------|---------------------|------------------|
| | CM | 18 H |
| | TD | 16 H |
| | TP | H |
| | Projet encadré | H |
| | Projet en autonomie | H |
| | Total | 34 heures |

Acquis d'apprentissage visés

| | |
|---------------|--|
| Compétence(s) | <p>A l'issue de cet enseignement, les étudiant.e-s seront en mesure de résoudre, à l'aide de méthodes variées, différentes classes de problèmes combinatoires.</p> <p><i>At the end of this course, students will be able to solve different classes of combinatorial problems using a variety of methods.</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

Identifier les principales classes et familles de problèmes d'optimisation combinatoire (appelée aussi discrète / en nombre entier) et les relier aux applications industrielles les plus courantes.

Être capable de traduire un problème concret en un modèle mathématique, en identifiant les variables de décision, la fonction objectif et les contraintes

Comprendre la notion de complexité et la caractérisation des problèmes fortement combinatoires

Savoir modéliser un problème sous forme d'un CSP et utiliser différentes méthodes de résolution : générer-tester, backtrack chronologique, filtrage

Connaître les principaux algorithmes de recherche (jeux) et d'optimisation exacte arborescentes (A*, Branch and Bound) en lien avec les applications concernées

Comprendre les principes de fonctionnement des approches de recherche locale et des méthodes à populations, et savoir évaluer leur pertinence en fonction des caractéristiques d'un problème donné (taille, complexité, contraintes)

At the end of this course, students will be able to solve different classes of combinatorial problems using a variety of methods.

Identify the main classes and families of combinatorial (also called discrete/integer) optimisation problems and relate them to the most common industrial applications.

Be able to translate a concrete problem into a mathematical model, by identifying the decision variables, the objective function and the constraints

Understand the notion of complexity and the characterisation of highly combinatorial problems

Know how to model a problem in the form of a CSP and use different resolution methods: generate-test, chronological backtrack, filtering

Know the main search algorithms (games) and exact tree optimisation algorithms (A, Branch and Bound) in relation to the applications concerned*

Understand the operating principles of local search approaches and population methods, and know how to assess their relevance in relation to the characteristics of a given problem (size, complexity, constraints)

Contenus

Chapitre 1 : CSP et TCSP (4h CM, 4h TD)

1.1 Caractérisation des CSP (variables, domaines, contraintes)

1.2 Résolution des CSP par différentes méthodes

1.3 Application de l'approche CSP en ordonnancement (TCSP)

Chapitre 2 : Optimisation exacte - théorie des jeux

2.1 Principes d'optimisation exacte arborescente (A*, Branch and Bound) et quelques algorithmes dédiés à des classes de problème (path finding, sac-à-dos, voyageur de commerce)

2.2 Introduction à la théorie des jeux (Min-Max, Alpha-Beta)

2.3 Découverte en pédagogie inversée d'une méthode distincte (méthode hongroise pour le problème d'affectation) et comparaison avec les méthodes étudiées

Chapitre 3 : Optimisation combinatoire par les méthodes de recherche locale

3.1 Concepts fondamentaux et aperçu des principales familles de méthodes de résolution

3.2 Principes généraux des approches de recherche locale

3.3 Algorithmes de recherche par voisinage (descente, recuit simulé, recherche tabou)

3.4 Méthodes à populations (algorithmes génétiques, optimisation par colonies de fourmis)

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

| | |
|---|--|
| | <p>Chapter 1: CSP and TCSP (4h CM, 4h TD)</p> <p>1.1 Characterisation of CSP (variables, domains, constraints)</p> <p>1.2 Solving CSP using different methods</p> <p>1.3 Application of the CSP approach to scheduling (TCSP)</p> <p>Chapter 2: Exact optimisation - game theory</p> <p>2. 1 Principles of tree-based exact optimisation (A*, Branch and Bound) and some algorithms dedicated to certain classes of problem (path finding, backpacking, travelling salesman)</p> <p>2.2 Introduction to game theory (Min-Max, Alpha-Beta)</p> <p>2. 3 Discovery of a distinct method (Hungarian method for the assignment problem) and comparison with the methods studied</p> <p>Chapter 3: Combinatorial optimisation using local search methods</p> <p>3.1 Fundamental concepts and overview of the main families of solution methods</p> <p>3.2 General principles of local search approaches</p> <p>3.3 Neighbourhood search algorithms (descent, simulated annealing, tabu search)</p> <p>3.4 Population methods (genetic algorithms, ant colony optimisation)</p> |
| Méthodes et/ou moyens pédagogiques | <p>Les séances de cours permettent l'introduction des concepts fondamentaux et les séances de TD permettent à la fois l'application et l'approfondissement de ces concepts.</p> <p><i>The lecture sessions introduce the fundamental concepts and the practical sessions allow these concepts to be applied and developed in greater depth.</i></p> |

Prérequis pour l'EC

| | |
|------------------|-------|
| Prérequis | Aucun |
|------------------|-------|

Travail personnel hors présentiel

| | |
|------------------------|--|
| Volume horaire | Entre 2 et 5h |
| Type de travail | Révisions / 1 séance en pédagogie inversée (travail préparatoire : 1h) <i>Revision / 1 reversed teaching session (preparatory work: 1h)</i> |

Ressources bibliographiques

Constraint Processing, Dina Rechter, Morgan Kaufmann, Los Altos, CA, 2004

Métaheuristiques : Recuits simulé, recherche avec tabous, recherche à voisinages variables, méthodes GRASP, algorithmes évolutionnaires, fourmis artificielles, essais particulières et autres méthodes d'optimisation. Patrick Siarry, Eyrolles, 2014

Wikipedia et YouTube (A*, Path-finding, etc)

<https://www.hungarianalgorithm.com>

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

| | |
|----------------------------|----------------|
| Code EC | IGENI-EC0772GI |
| Code UE | IGENI-UE0707GI |
| Coefficient interne à l'EC | 2,1 |

| | |
|---------------------------|----------------|
| Coordinateur ENIT de l'EC | Kamal MEDJAHER |
|---------------------------|----------------|

Présentation de l'EC

| | |
|-----------------------------|--|
| Nom de l'EC | Evaluation des performances |
| Nom(s) du/des enseignant(s) | Khanh T. P. NGUYEN, Sylvain POUPRY, Kamal MEDJAHER |

| Volume Horaire/Format | Format | Heures |
|-----------------------|---------------------|------------------|
| | CM | 13 H |
| | TD | 6 H |
| | TP | 15 H |
| | Projet encadré | H |
| | Projet en autonomie | H |
| | Total | 19 heures |

Acquis d'apprentissage visés

| | |
|---------------|---|
| Compétence(s) | <p>À l'issue de l'EC, l'étudiant sera capable de modéliser, simuler et analyser les performances des systèmes de production en s'appuyant sur l'utilisation des réseaux de Petri (notamment non autonomes et colorés) et le logiciel Witness. Il saura interpréter les résultats issus de simulations, identifier les goulots d'étranglement et proposer des améliorations concrètes pour optimiser le fonctionnement du système.</p> <p><i>Upon completion of the course, the student will be able to model, simulate, and analyze the performance of production systems using Petri nets (particularly non-autonomous and colored) and the software Witness. They will be able to interpret simulation results, identify bottlenecks, and propose concrete improvements to optimize the system's operation.</i></p> |
|---------------|---|

Modalités d'évaluation

| | |
|----------------------|---|
| Formule d'évaluation | $(0,5 * DS1 + 0,3 * TP1 + 0,2 * TP2) / 1$ |
|----------------------|---|

Langue d'enseignement

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

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Objectifs de la formation visés

Objectifs généraux

Ce cours vise à doter les étudiants des compétences nécessaires pour concevoir et améliorer des systèmes de production en intégrant théorie et pratique. L'apprentissage commence par une compréhension approfondie des réseaux de Petri et de leurs différentes extensions, permettant ainsi de modéliser avec précision des processus industriels complexes. Ensuite, les étudiants appliquent ces connaissances à travers des simulations réalistes, sur des outils adaptés, leur offrant la possibilité d'anticiper le comportement des systèmes et d'identifier les leviers d'optimisation. Enfin, l'approche critique et méthodique développée tout au long du cours les prépare à prendre des décisions éclairées en milieu industriel.

Domaine Cognitif :

- Comprendre les principes fondamentaux des réseaux de Petri et leurs extensions (synchronisés, temporisés, interprétés, stochastiques, colorés).
- Connaître les concepts liés aux systèmes à événements discrets et aux méthodes de simulation des systèmes de production.
- Prendre en main le logiciel Witness.

Domaine Pragmatique :

- Savoir modéliser des systèmes à événements discrets et de production en utilisant des réseaux de Petri adaptés à la réalité industrielle.
- Réaliser des simulations à l'aide d'outils spécialisés tels que Witness et PIPE et interpréter les résultats obtenus.
- Effectuer une analyse critique des performances des systèmes modélisés pour identifier et mettre en œuvre des stratégies d'amélioration.

Domaine Affectif :

- Être conscient des enjeux liés à l'optimisation des performances dans les environnements de production.
- Développer une approche rigoureuse et critique dans la prise de décision opérationnelle.
- Se préparer à appliquer ces compétences dans un contexte professionnel en valorisant la qualité et l'efficacité des processus.

This course aims to equip students with the necessary skills to design and enhance production systems by integrating theory and practice. Learning begins with an in-depth understanding of Petri nets and their various extensions, using appropriate tools, enabling precise modeling of complex industrial processes. Students then apply this knowledge through realistic simulations, allowing them to anticipate system behavior and identify optimization opportunities. Finally, the critical and methodical approach developed throughout the course prepares them to make informed decisions in an industrial environment.

Cognitive Domain:

- Understand the fundamental principles of Petri nets and their extensions (synchronized, timed, interpreted, stochastic, colored).
- Gain knowledge of discrete event systems and simulation methods for production systems.
- Getting to grips with Witness software.

Pragmatic Domain:

- Be able to model discrete event and production systems using Petri nets adapted to industrial realities.
- Conduct simulations using specialized tools such as Witness and PIPE and interpret the obtained results.
- Perform a critical analysis of the performance of modeled systems to identify and implement improvement strategies.

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Affective Domain:

- *Be aware of the challenges related to performance optimization in production environments.*
- *Develop a rigorous and critical approach to operational decision-making.*
- *Prepare to apply these skills in a professional context, emphasizing quality and process efficiency.*

Partie I : Introduction aux réseaux de Petri non autonomes et colorés

Cours 1 (2h) : Introduction

- 1.1 Définition et importance des réseaux de Petri
- 1.2 Applications dans les systèmes de production
- 1.3 Réseaux de Petri non autonomes : Concepts et propriétés générales
- 1.4 Réseaux de Petri synchronisés : principes et applications

Cours 2 (3h) : Extensions des réseaux de Petri non autonomes

- 2.1 Réseaux de Petri temporisés : gestion du temps et modélisation
- 2.2 Réseaux de Petri interprétés : interprétation des événements
- 2.3 Réseaux de Petri stochastiques : intégration des probabilités

Cours 3 (2h) : Réseaux de Petri colorés

- 3.1 Définition et avantages
- 3.2 Exemples d'application dans les systèmes de production

Travaux Dirigés (TD) : Résolution d'exercices et études de cas (2 x 2h)

- TD 1 :** Résolution d'exercices sur les réseaux de Petri non autonomes (modélisation et analyse)
TD 2 : Résolution d'exercices sur les réseaux de Petri colorés (application à des systèmes complexes)

Partie II : Initiation à la simulation discrète et au Logiciel de Simulation Witness

Cours 1 : Introduction à la simulation (2 heures)

- 1.1 Introduction à la simulation discrète
- 1.2 Objectifs & Applications de la simulation
- 1.3 Le processus la simulation
- 1.4 Approches de la Modélisation

Cours 2 : Présentation de Witness (2 heures)

- 2.1 Présentation de Witness
- 2.2 Eléments de Modélisation de base
- 2.3 Les Lois de routage de base
- 2.4 Exemple Illustratif

Cours 3 : Analyse Avancée et Optimisation (2 heures)

- 3.1 Prise en Compte des Gammes
- 3.2 Variables, Attributs et Ressources
- 3.3 Les autres lois de routage
- 3.4 Assemblage permanent et temporaire
- 3.5 Machine de production et machines multi-cycles.
- 3.6 Exemple Illustratif

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)

- 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

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

d'étranglement

TP n° 2 : Enrichissement du Modèle de Base (3 heures)

- 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)

- 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.

Part I: Introduction to non-autonomous and colored Petri nets

Course 1 (2h): Introduction

- 1.1 Definition and importance of Petri nets
- 1.2 Applications in production systems
- 1.3 Non-Autonomous Petri Nets: Concepts and general properties
- 1.4 Synchronized Petri nets: principles and applications

Course 2 (3h): Extensions of Non-Autonomous Petri Nets

- 2.1 Timed Petri nets: time management and modeling
- 2.2 Interpreted Petri nets: event interpretation
- 2.3 Stochastic Petri nets: probability integration

Course 3 (2h): Colored Petri Nets

- 3.1 Definition and advantages
- 3.2 Application examples in production systems

Tutorials (TD): Exercise solving and case studies (2 x 2h)

- TD 1: Solving exercises on non-autonomous Petri nets (modeling and analysis)
TD 2: Solving exercises on colored Petri nets (application to complex systems)

Part II: Introduction to discrete simulation and Witness simulation software

Course 1: Introduction to simulation (2 hours)

- 1.1 Introduction to discrete simulation
- 1.2 Objectives and applications of simulation
- 1.3 The simulation process
- 1.4 Modeling approaches

Course 2: Introduction to Witness (2 hours)

- 2.1 Introduction to Witness
- 2.2 Basic modeling elements
- 2.3 Basic routing laws
- 2.4 Illustrative example

Course 3: Advanced Analysis and Optimization (2 hours)

- 3.1 Taking ranges into account
- 3.2 Variables, Attributes and Resources
- 3.3 Other routing laws
- 3.4 Permanent and temporary assembly
- 3.5 Production machines and multi-cycle machines.
- 3.6 Illustrative example

Practical works

Practical works 1 and 2 are based on an incremental case study proposed by the teacher. Practical work 3 is an evaluation of the modeling principles and concepts acquired, on a small case study based on a real system drawn

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

| | |
|--|---|
| | <p>randomly from a portfolio of case studies.</p> <p>Practical work 1: Creating a basic model (3 hours)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Creation of a production model with concepts of passive and active items, machines and inventories. - Configuration of basic parameters. - Run and analyze results. - Introduction to model validation, highlighting flows, capacities and bottlenecks. <p>Practical work 2: Enriching the Basic Model (3 hours)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Integrate the notion of production ranges and analyze their contribution to improving item routing. - 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 machine types. - Execute and analyze results for each type of integrated element. <p>Practical work 3: Modeling a real system (3 hours)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Select the case study to be modeled by drawing lots from a portfolio of case studies. - Create the model using Witness advanced features. - Analysis of results and suggestions for improvement. |
|--|---|

| | |
|---|---|
| <p>Méthodes et/ou moyens pédagogiques</p> | <p>L'enseignement repose sur une approche pédagogique combinant théorie et pratique afin de garantir une assimilation efficace des concepts et leur application dans des contextes réels.</p> <p>Méthodes pédagogiques :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cours magistraux interactifs avec des supports visuels et des études de cas pour favoriser la compréhension des concepts fondamentaux des réseaux de Petri. • Travaux dirigés (TD) sous forme d'exercices pratiques pour appliquer les connaissances acquises et renforcer la maîtrise des modèles de simulation. • Travaux pratiques (TP) impliquant l'utilisation d'outils spécialisés (tels que Witness et PIPE) afin d'implémenter et d'analyser des simulations de systèmes de production. <p>The teaching approach is based on a combination of theory and practice to ensure effective assimilation of concepts and their application in real-world contexts.</p> <p>Teaching Methods:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Interactive lectures with visual aids and case studies to facilitate the understanding of fundamental concepts of Petri nets. • Tutorials (TD) in the form of practical exercises to apply acquired knowledge and strengthen mastery of simulation models. • Practical sessions (TP) involving the use of specialized tools (such as Witness and PIPE) to implement and analyze simulations of production systems. |
|---|---|

| | |
|-----------------------------------|--|
| <p>Prérequis pour l'EC</p> | |
| <p>Prérequis</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Cours d'évaluation des performances, Tronc Commun • Notions de probabilités • Performance Evaluation Course, Common Core • Probability Concepts |

| | |
|---|--|
| <p>Travail personnel hors présentiel</p> | |
| <p>Volume horaire</p> | <p>Cliquez ici et entrez le nombre d'heures de travail personnel Heures</p> |
| <p>Type de travail</p> | |

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Ressources bibliographiques

1. René David, Hassane Alla. *Du Grafset au Réseaux de Petri*. 1997, Editions HERMES
2. Marc Bourcerie. *Réseaux de Petri, élaboration pour les systèmes de production, cours et exercices corrigés*. Ellipses, 2011
3. Daniel Noyes. *Évaluation des performances*. Polycopié de cours, ENIT

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

| | |
|----------------------------|----------------|
| Code EC | IGENI-EC0773GI |
| Code UE | IGENI-UE0707GI |
| Coefficient interne à l'EC | 2,1 |

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

Présentation de l'EC

| | |
|-----------------------------|-----------------------------------|
| Nom de l'EC | MRP avancé, juste à temps et lean |
| Nom(s) du/des enseignant(s) | KAMSU FOGUEM Bernard |

| Volume Horaire/Format | Format | Heures |
|-----------------------|---------------------|------------------|
| | CM | 16 H |
| | TD | 6 H |
| | TP | 12 H |
| | Projet encadré | H |
| | Projet en autonomie | H |
| | Total | 34 heures |

Acquis d'apprentissage visés

| | |
|---------------|---|
| Compétence(s) | <p>A l'issue de ce cours, un étudiant sera en mesure de comprendre les différences fondamentales entre production à flux poussé et à flux tiré. Il connaîtra et saura mettre en œuvre les techniques de progrès permanent issues du juste à temps et du "lean manufacturing".</p> <p><i>On completion of this course, students will be able to understand the fundamental differences between push and pull production. They will be familiar with and be able to implement the continuous improvement techniques of just-in-time and lean manufacturing.</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 | <ol style="list-style-type: none"> 1. Description graphique des problèmes 2. Recherche des causes racines 3. Identification des pistes d'amélioration 4. Proposition des leçons apprises <ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Graphic description of problems</i> 2. <i>root cause analysis</i> 3. <i>Identification of areas for improvement</i> 4. <i>Suggest lessons learned</i> |
| Contenus | <ol style="list-style-type: none"> 1. Production en flux tiré : le juste à temps, Contexte, Principes, méthodes (mise en ligne, SMED (Single Minute Exchange of Die), Poka Yoke, Kanban...) 2. Entre le MRP et le juste-à-temps : la méthode OPT (Optimized Production Technology) 3. Introduction au "Lean Manufacturing" 4. Le Lean en pratique : Kaizen, 5S, 6 sigmas... <ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Just-in-time production, Context, Principles, Methods (line-up, SMED (Single Minute Exchange of Die), Poka Yoke, Kanban...)</i> 2. <i>Between MRP and just-in-time: the OPT (Optimized Production Technology) method</i> 3. <i>Introduction to Lean Manufacturing</i> 4. <i>Lean in practice: Kaizen, 5S, 6 sigmas...</i> |
| Méthodes et/ou moyens pédagogiques | <p>Etudes de cas issus du domaine ferroviaire Travail collaboratif</p> <p><i>Case studies from the railway industry Collaborative work</i></p> |

Prérequis pour l'EC

| | |
|------------------|--|
| Prérequis | <p>EC0507SI0504 - GESTION DE PROJET - QUALITE</p> <p>EC0507SI0504 - PROJECT MANAGEMENT - QUALITY</p> |
|------------------|--|

Travail personnel hors présentiel

| | |
|------------------------|--|
| Volume horaire | <p style="text-align: right;">15 Heures</p> |
| Type de travail | <p>Révision, rédaction de rapport, préparation de soutenance, exercices supplémentaires</p> <p><i>Revision, report writing, presentation preparation, additional exercises</i></p> |

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Ressources bibliographiques

Serge Sonfack Souchio, Laurent Geneste, Bernard Kamsu Foguem, *A hypotheses-driven framework for human-machine expertise process*, *Cognitive Systems Research*, Volume 87, 2024, 101255, ISSN 1389-0417, <https://doi.org/10.1016/j.cogsys.2024.101255>. (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1389041724000494>)

Mohd Javaid, Abid Haleem, Ravi Pratap Singh, Sumit Gupta, *Leveraging lean 4.0 technologies in healthcare: An exploration of its applications*, *Advances in Biomarker Sciences and Technology*, Volume 6, 2024, Pages 138-151, ISSN 2543-1064, <https://doi.org/10.1016/j.abst.2024.08.001>. (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2543106424000127>)

Federica Costa, Najla Alemsan, Alessia Bilancia, Guilherme Luz Tortorella, Alberto Portioli Staudacher, *Integrating industry 4.0 and lean manufacturing for a sustainable green transition: A comprehensive model*, *Journal of Cleaner Production*, Volume 465, 2024, 142728, ISSN 0959-6526, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.142728>.

Bishal Dey Sarkar, Vipulesh Shardeo, Ashish Dwivedi, Dragan Pamucar, *Digital transition from industry 4.0 to industry 5.0 in smart manufacturing: A framework for sustainable future*, *Technology in Society*, Volume 78, 2024, 102649, ISSN 0160-791X, <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2024.102649>.

Andrea Brunello, Giuliano Fabris, Alessandro Gasparetto, Angelo Montanari, Nicola Saccomanno, Lorenzo Scalera, *A survey on recent trends in robotics and artificial intelligence in the furniture industry*, *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, Volume 93, 2025, 102920, ISSN 0736-5845, <https://doi.org/10.1016/j.rcim.2024.102920>.