

# Syllabus Titre d'Ingénieur

Semestre

**Nom du semestre**

**Semestre 8**

**Code du semestre**

**IGENI-M-S08**

UE et EC du semestre

**IGENI-UE0801**

**Conception et propriétés des systèmes industriels**

IGENI-EC0811

Conception fiabiliste

IGENI-EC0812

Conception en ALM

IGENI-EC0813

PLM Conception collaborative

IGENI-EC0814

Relations structure propriétés 2

**IGENI-UE0802**

**Mécanique et fabrication**

IGENI-EC0821

Calcul de structures Eléments Finis: bases

IGENI-EC0822

Machines mécaniques

IGENI-EC0823

PLM FAO

IGENI-EC0824

Procédés non conventionnels

**IGENI-UE0803**

**Information et Décision**

IGENI-EC0831

Ingénierie des connaissances et de la Décision

IGENI-EC0832

Modélisation d'entreprise

IGENI-EC0833

Gestion de projets

IGENI-EC0834

ICTT (Information and Communication Technologies Trends)

**IGENI-UE0804**

**Instrumentation et simulation des systèmes**

IGENI-EC0841

Capteurs

IGENI-EC0842

Energies renouvelables

IGENI-EC0843

Simulation de processus continus

IGENI-EC0844

Industrial Vision

**IGENI-UE0805**

**Projet et anglais**

IGENI-EC0851

Anglais

IGENI-EC0852

Projet tuteuré

IGENI-EC0853

Rapport de projet tuteuré

IGENI-EC0854

Soutenance de projet tuteuré

**IGENI-UE0806**

**Environnement économique et social de l'entreprise**

IGENI-EC0861

Sciences humaines et sociales appliquées aux projets

IGENI-EC0863

Intelligence économique

IGENI-EC0864

Design Industriel

# Syllabus Titre d'Ingénieur

## **IGENI-UE0807GM**

IGENI-EC0871GM

IGENI-EC0872GM

IGENI-EC0873GM

IGENI-EC0874GM

IGENI-EC0875GM

IGENI-EC0876GM

## **Option Génie Mécanique**

Calcul de structures Eléments Finis avancé

Modélisation Numérique CFD

Mécanique des fluides visqueux et compressibles

Simulation dynamique des systèmes

Outils de conception (PLM CAO - TP Fiab)

Robotisation en fabrication mécanique

## **IGENI-UE0807MP**

IGENI-EC0871MP

IGENI-EC0872MP

IGENI-EC0873MP

IGENI-EC0874MP

## **Option Génie des Matériaux de Structure et Procédés**

Procédés d'assemblage

Composites biosourcés et inorganiques

Contrôle qualité matière multi-échelle

Céramiques

## **IGENI-UE0807TP**

IGENI-EC0871TP

IGENI-EC0872TP

IGENI-EC0873TP

IGENI-EC0874TP

IGENI-EC0875TP

IGENI-EC0876TP

IGENI-EC0877TP

## **Option Bâtiment et Travaux Publics**

Dynamique des structures

Construction bois

Ouvrages et aménagements hydrauliques

Réseaux extérieurs et VRD

Electricité du bâtiment

Pathologies et réparation des ouvrages

Développement durable et BTP

## **IGENI-UE0807SI**

IGENI-EC0871SI

IGENI-EC0872SI

IGENI-EC0874SI

IGENI-EC0875SI

IGENI-EC0876SI

IGENI-EC0877SI

IGENI-EC0878SI

## **Option Conception des Systèmes Intégrés**

Stockage de l'énergie électrochimique

Compatibilité Electromagnétique

Commande et identification avancée

Communication des systèmes informatiques

Vérification & Validation

Interactive simulation

State space Control for robotic systems

## **IGENI-UE0807GI**

IGENI-EC0871GI

IGENI-EC0872GI

IGENI-EC0873GI

## **Option Génie Industriel**

Capitalisation des connaissances et systèmes décisionnels

Systèmes d'information et modélisation des processus métier

Gestion de projet avancée

## **IGENI-UE0807OP**

IGENI-EC0871

IGENI-EC0872

IGENI-EC0873

## **Option**

Projet

Rapport

Soutenance

## Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Code UE	IGENI-UE0801
Crédits ECTS	4
Coefficient interne à l'UE	3,6

### 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	21,5 H
	TD	30,5 H
	TP	6 H
	Projet encadré	0 H
	Projet en autonomie	0 H
	<b>Total</b>	<b>58 heures</b>

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

## Thèmes et Objectifs de la formation visés

<b>Principaux thèmes abordés</b>	<p>Fiabilité appliquée à la conception mécanique : modélisation des incertitudes, analyse de fiabilité des composants et systèmes.</p> <p>Conception et fabrication par procédés additifs (ALM) : procédés, choix matériaux, stratégies de fabrication et optimisation topologique.</p> <p>Gestion du cycle de vie des produits (PLM) : conception collaborative, outils de PDM/PLM, traçabilité des données produits.</p> <p>Relations structure/propriétés des matériaux métalliques et polymères : comportement à haute température, mécanismes de défaillance, propriétés diélectriques et environnementales.</p>
<b>Principaux objectifs généraux visés</b>	<p>Intégrer les principes de fiabilité dans la conception mécanique de systèmes industriels.</p> <p>Sélectionner des procédés et matériaux adaptés dans un contexte de fabrication additive en optimisant coût, performance et qualité.</p> <p>Mobiliser un outil de gestion du cycle de vie produit (PLM) dans un cadre de conception collaborative.</p> <p>Comprendre et exploiter les relations structure/propriétés des matériaux métalliques et polymères pour prévenir les défaillances en service.</p>

## Acquis d'apprentissage visés

<b>Compétence(s)</b>	<p><b>Compétence principale</b> À l'issue de l'UE, les étudiants seront en mesure, dans le cadre de la conception et de la fabrication de systèmes industriels complexes, d'intégrer des démarches de fiabilité, d'optimisation de la conception et de gestion du cycle de vie produit, en démontrant leur capacité à mobiliser des outils numériques et scientifiques adaptés, et à anticiper les contraintes technologiques, économiques et environnementales.</p> <p><b>Compétence complémentaire 1</b> À l'issue de l'UE, les étudiants seront en mesure, dans leur futur métier d'ingénieur, d'analyser les propriétés fonctionnelles de matériaux métalliques et polymères dans des environnements contraints, afin de prévenir les risques de défaillance, en montrant une maîtrise des liens entre structures, propriétés et conditions d'usage.</p> <p><b>Compétence complémentaire 2</b> À l'issue de l'UE, les étudiants seront en mesure, en contexte de projet collaboratif, de structurer, partager et suivre les données techniques de conception à l'aide d'un outil de PLM, en assurant la traçabilité, la cohérence et la qualité des informations échangées entre parties prenantes.</p>
----------------------	---

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Code EC	IGENI-EC0811
Code UE	IGENI-UE0801
Coefficient interne à l'EC	0,7

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

## Présentation de l'EC

Nom de l'EC	Conception fiabiliste Reliability design
Nom(s) du/des enseignant(s)	Carmen Martin

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

## Acquis d'apprentissage visés

Compétence(s)	<p>A l'issue de ce cours, les étudiants seront capables de :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Identifier les enjeux de la fiabilité en ingénierie mécanique et appliquer les bases des probabilités pour modéliser les événements aléatoires.</li> <li>• Modéliser les incertitudes via des variables aléatoires et collecter des données adaptées aux besoins d'analyse de fiabilité</li> <li>• Maîtriser les méthodes de création et de structuration des données pour des études de fiabilité fiables et exploitables.</li> <li>• Appliquer les principes de fiabilité à la conception mécanique en intégrant les contraintes physiques et les défaillances possibles.</li> <li>• Analyser la fiabilité des systèmes complexes en combinant les performances des composants individuels.</li> </ul>
	<p>At the end of this course, students will be able to:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Identify the challenges of reliability in mechanical engineering and apply the fundamentals of probability to model random events.</li> <li>• Model uncertainties using random variables and collect data suited to reliability analysis needs.</li> <li>• Master methods for creating and structuring data for reliable and actionable reliability studies.</li> <li>• Apply reliability principles to mechanical design by integrating physical constraints and potential failures.</li> <li>• Analyze the reliability of complex systems by combining the performance of individual components.</li> </ul>

## Modalités d'évaluation

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

## Langue d'enseignement

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

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

## Objectifs de la formation visés

<b>Objectifs généraux</b>	<p><b>Connaître</b> les fondements théoriques de la fiabilité et son importance dans la conception mécanique.  <b>Maîtriser</b> les notions de base en probabilité et en statistiques nécessaires à l'évaluation de la fiabilité.  <b>Comprendre</b> les principes des variables aléatoires et leur rôle dans la modélisation des incertitudes.  <b>Créer</b> et exploiter des données spécifiques à l'évaluation de la fiabilité dans un contexte mécanique.  <b>Mettre en œuvre</b> des méthodologies d'analyse de fiabilité adaptées à la conception mécanique.  <b>Être conscient</b> des enjeux industriels, économiques et sécuritaires liés à la fiabilité des systèmes.</p> <p><i>Understand the theoretical foundations of reliability and its importance in mechanical design.</i>  <i>Master the basic notions of probability and statistics required to assess reliability.</i>  <i>Understand the principles of random variables and their role in modelling uncertainties.</i>  <i>Create and exploit data specific to reliability assessment in a mechanical context.</i>  <i>Implement reliability analysis methodologies adapted to mechanical design.</i>  <i>Be aware of the industrial, economic and safety issues associated with system reliability.</i></p>
<b>Contenus</b>	<p>Chapitre I : Introduction à la Fiabilité et rappel des notions de probabilité            Chapitre II : Rappel des Variables Aléatoires et création des données pour l'évaluation de la fiabilité            Chapitre III : Création des données pour l'évaluation de la fiabilité (suite)            Chapitre IV: Approche de la Fiabilité en mécanique            Chapitre V : Fiabilité des systèmes</p> <p><i>Chapter I: Introduction to Reliability and reminder of the concepts of probability</i>  <i>Chapter II: Reminder of Random Variables and creation of data for reliability assessment</i>  <i>Chapter III: Creating Data for Reliability Assessment (continued)</i>  <i>Chapter IV: Approach to Reliability in Mechanics</i>  <i>Chapter V: Reliability of Systems</i></p>
<b>Méthodes et/ou moyens pédagogiques</b>	<p><b>Cours en présentiel</b> : Les séances sont dispensées en classe pour favoriser les interactions directes entre l'enseignant et les étudiants.</p> <p><b>Supports pédagogiques</b> : Un support papier est distribué pour accompagner les cours, regroupant les concepts théoriques et les exemples pratiques abordés.</p> <p><b>Exercices pratiques</b> : Des exercices sont réalisés en classe pour appliquer les notions vues, et ces exercices, ainsi que des ressources complémentaires, sont également disponibles sur la plateforme Moodle.</p> <p><b>Évaluation continue</b> : Un suivi régulier des acquis est assuré tout au long des séances à travers des évaluations progressives intégrées aux activités pédagogiques.</p> <p><i>Face-to-face tuition: Sessions are given in class to encourage direct interaction between teacher and students.</i></p> <p><i>Teaching aids: A paper support is distributed to accompany the lessons, bringing together the theoretical concepts and practical examples covered.</i></p> <p><i>Practical exercises: Exercises are carried out in class to apply the concepts covered, and these exercises, along with additional resources, are also available on the Moodle platform.</i></p> <p><i>Ongoing assessment: Learning is regularly monitored throughout the course by means of progressive assessments integrated into the teaching activities.</i></p>

## Prérequis pour l'EC

<b>Prérequis</b>	Des notions de mathématiques avancées <i>Advanced mathematical concepts</i>
------------------	--

## Travail personnel hors présentiel

<b>Volume horaire</b>	Cliquez ici et entrez le nombre d'heures de travail personnel <b>Heures</b>
<b>Type de travail</b>	Révision des exercices faits en cours et préparation des Contrôles Continues <i>Revision of exercises and preparation Continuous Auditing</i>

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

## *Ressources bibliographiques*

Cliquez ici et entrez les ressources bibliographiques

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Code EC	IGENI-EC0812
Code UE	IGENI-UE0801
Coefficient interne à l'EC	0,7

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

## Présentation de l'EC

Nom de l'EC	Conception en ALM
Nom(s) du/des enseignant(s)	Lionel ARNAUD, Foued ABROUG

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

## Acquis d'apprentissage visés

<b>Compétence(s)</b>	<p>A l'issue des cours les élèves auront une connaissance des différentes techniques de fabrication additives et leurs principales limites, techniques et économiques.</p> <p>A l'issue des TD les élèves seront capables de choisir un matériau et des paramètres de fabrication, en vue d'optimiser la qualité et le coût des pièces. De plus l'utilisation de l'optimisation topologique leur permettra de pouvoir remettre en cause un design initial et en proposer un plus optimal.</p> <p><i>At the end of the course, students will be familiar with the various additive manufacturing techniques and their main technical and economic limitations.</i></p> <p><i>At the end of the course, students will be able to choose materials and manufacturing parameters, with a view to optimizing part quality and cost. In addition, the use of topological optimization will enable them to question an initial design and propose a more optimal one.</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

<b>Objectifs généraux</b>	<p>Distinguer les différents procédés (Dépôt de fil, poudre, liquide, polymère ou métallique)  Distinguer les rendus atteignables (états de surface, précision géométrique, résistance mécanique, durabilité, anisotropie), et des principales limites (formes réalisables, nécessité de supports, nécessité de post-traitement).  Mettre en œuvre une stratégie d'impression et de supportage dans un logiciel tel que Cura (dépôt de fil) ou QuantAM (fusion laser sur lit de poudre métallique)  Mettre en œuvre la méthode d'optimisation topologique dans un logiciel tel que Inspire</p> <p><i>Distinguish between the different processes (wire, powder, liquid, polymer or metal deposition)  Distinguish between achievable renderings (surface finishes, geometric precision, mechanical strength, durability, anisotropy), and the main limitations (achievable shapes, need for supports, need for post-processing).  Implement a printing and support strategy in software such as Cura (wire deposition) or QuantAM (laser fusion on metal powder bed).  Implement the topological optimization method in software such as Inspire.</i></p>
<b>Contenus</b>	<p>Cours introductif (notions de base)  Conférences industrielles (aspects techniques, productivité et coûts)  TD Tranchage et supportage  TD Inspire</p> <p><i>Introductory course (basic concepts)  Industrial lectures (technical aspects, productivity and costs)  TD Slicing and supporting  TD Inspire</i></p>
<b>Méthodes et/ou moyens pédagogiques</b>	<p>Intervenants industriels  Choix libre du sujet d'étude par les élèves sur l'aspect optimisation topologique</p> <p><i>Industrial speakers  Free choice of study topic by students on topological optimization aspect</i></p>

## Prérequis pour l'EC

<b>Prérequis</b>	
------------------	--

## Travail personnel hors présentiel

<b>Volume horaire</b>	2 Heures
<b>Type de travail</b>	Finalisation des rapports à rendre  <i>Finalization of reports</i>

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

## *Ressources bibliographiques*

Plateforme moodle.enit.fr, contenant la description du travail à faire, des tutoriels adaptés, et des exemples de rapports rendus par les élèves des années précédentes.

L'impression 3D : la prochaine révolution industrielle / Hod Lipson, Melba Kurman (Disponible à la bibliothèque de l'ENIT)

L'imprimante 3D : une révolution en marche / Benjamin et Matthieu Lavergne (Disponible à la bibliothèque de l'ENIT)

Impression 3D l'usine du futur : 70 créations innovantes / François Brument, Maëlle Campagnoli (Disponible à la bibliothèque de l'ENIT)

Fabrication additive : du prototypage rapide à l'impression 3D / Claude Barlier, Alain Bernard (Disponible à la bibliothèque de l'ENIT)

Fabrication additive métallique : les fondamentaux \_ Cetim \_ Techniques de l'Ingénieur

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Code EC	IGENI-EC0813 -
Code UE	IGENI-
Coefficient interne à l'EC	0,5

Coordinateur ENIT de l'EC	David YERLE
---------------------------	-------------

## Présentation de l'EC

Nom de l'EC	PLM Conception collaborative
Nom(s) du/des enseignant(s)	Florian LECLERT, David YERLE

Volume Horaire/Format	Format	Heures
	CM	2 H
	TD	6 H
	TP	0 H
	Projet encadré	H
	Projet en autonomie	H
	<b>Total</b>	<b>26 heures</b>

## Acquis d'apprentissage visés

Compétence(s)	<p>A l'issue de l'EC l'étudiant doit être capable de mettre en œuvre les fonctions de base d'un outil de PLM dans le cadre d'un projet de conception collaboratif</p> <p>Découvrir le concept du PLM (Product LifeCycle Management)</p> <p>Comprendre l'intérêt et les enjeux d'un PLM dans une entreprise</p> <p>Etre capable de mettre en œuvre un outil de PLM dans le cadre d'un projet de conception collaboratif.</p> <p><i>At the end of the course, students should be able to implement the basic functions of a PLM tool as part of a collaborative design project</i></p> <p><i>Discover the concept of PLM (Product LifeCycle Management) Understand the benefits and challenges of PLM in a company Be able to implement a PLM tool as part of a collaborative design project.</i></p>
---------------	---

## Modalités d'évaluation

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

## Langue d'enseignement

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

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

## Objectifs de la formation visés

<b>Objectifs généraux</b>	<p>Découvrir le concept du PLM (Product LifeCycle Management) Comprendre l'intérêt et les enjeux d'un PLM dans une entreprise Être capable de mettre en œuvre un outil de PLM dans le cadre d'un projet de conception collaboratif.</p> <p><i>Discover the concept of PLM (Product LifeCycle Management) Understand the benefits and challenges of PLM within a company Be able to implement a PLM tool as part of a collaborative design project.</i></p>
<b>Contenus</b>	<p>Découverte du PLM, son concept, ses outils et son intérêt industriel. Présentation des éléments constitutifs d'un PLM, des exigences de standardisation des processus, des exigences de traçabilité des différentes étapes du cycle de vie, des exigences de gestion des données dans le cadre de l'entreprise étendue Découverte des outils de PDM (Product Data Management) et de gestion des données industrielles durant le cycle de vie des produits. Découverte de ARAS Innovator, (outil PLM) Utilisation de ARAS dans le cadre d'un projet de modification d'un produit existant. Travail en « Team » avec un étudiant « Team Manager » et des étudiants « Team Designer » Gestion des données générées et gestion du cycle de vie de ces données en fonction des droits des utilisateurs.</p> <p><i>Introduction to PLM, its concept, tools and industrial benefits. Presentation of the constituent elements of PLM, process standardisation requirements, traceability requirements for the various stages of the life cycle, data management requirements in the context of the extended enterprise Discovery of PDM (Product Data Management) and industrial data management tools during the product life cycle. Discover ARAS Innovator (PLM tool) Use of ARAS as part of a project to modify an existing product Team work with a Team Manager student and Team Designer students Management of the data generated and management of the lifecycle of this data according to user rights.</i></p>
<b>Méthodes et/ou moyens pédagogiques</b>	<p>Cours et projet</p> <p><i>Courses and projects</i></p>

## Prérequis pour l'EC

<b>Prérequis</b>	<p>Utilisation de CATIA</p> <p><i>Using CATIA</i></p>
------------------	---

## Travail personnel hors présentiel

<b>Volume horaire</b>	8 heures
<b>Type de travail</b>	Projet <i>Project</i>

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

## *Ressources bibliographiques*

Documentation libre de l'École Centrale de Paris sur les bases du PLM

<http://plm.ecp.fr/index.php?page=dummys.htm>

Regroupement des dernières informations sur le PLM en entreprise

<http://www.cimdata.com>

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Code EC	IGENI-EC0814
Code UE	IGENI-UE0801
Coefficient interne à l'EC	1,7
Coordinateur ENIT de l'EC	Valérie Nassiet

## Présentation de l'EC

Nom de l'EC	Relations structure propriétés 2
Nom(s) du/des enseignant(s)	Yannick Balcaen, Valérie Nassiet

Volume Horaire/Format	Format	Heures
	CM	14 H
	TD	7 H
	TP	6 H
	Projet encadré	H
	Projet en autonomie	H
	<b>Total</b>	<b>27 heures</b>

## Acquis d'apprentissage visés

Compétence(s)	<b>Matériaux Métalliques</b> A l'issue de cet enseignement, l'étudiant sera capable de cerner les limites d'utilisation des alliages métalliques, de comprendre leurs mécanismes de déformation et d'endommagement à haute température, de mettre en œuvre des modèles de fluage, et de cerner les comportements à la corrosion/oxydation à haute température des différents alliages.
	<b>Matériaux Polymères</b> A la fin de cet enseignement, les étudiants devront être capable de mettre en place une méthodologie d'études (calculs et essais) pour éviter l'apparition de défaillances électriques.
	<b>Metallic Materials</b> At the end of this course, students will be able to identify the limits of use of metallic alloys, understand their deformation and damage mechanisms at high temperatures, implement creep models and identify the corrosion/oxidation behaviour of different alloys at high temperatures.
	<b>Polymer Materials</b> At the end of this course, students should be able to implement a study methodology (calculations and tests) to avoid the occurrence of electrical failures.

## Modalités d'évaluation

Formule d'évaluation	$(3*DS1+1*TP1)/4$
----------------------	-------------------

## Langue d'enseignement

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

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

## Objectifs de la formation visés

### Objectifs généraux

Concernant les matériaux métalliques, les objectifs sont les suivants :

- (i) Donner un prolongement aux notions acquises dans le premier volet (EC0712) au sujet du comportement à chaud des alliages ; déterminer les propriétés d'usage des alliages en fonction de la température.
- (ii) Permettre la compréhension et la maîtrise des modèles de comportement au fluage, leurs domaines de validité et corrélation aux mécanismes de déformation élémentaires.
- (iii) Sensibiliser aux problématiques de l'oxydation des alliages, présenter les principaux modèles et faire cas des alliages hautes performances.

Concernant les matériaux polymères, l'objectif central est de permettre aux étudiants d'acquérir des connaissances suivantes :

- (i) Relier les propriétés diélectriques (résistivité, permittivité, rigidité diélectrique, ...) à leurs structures. La structure sera déclinée en termes de morphologie, de fonctions chimiques, d'agencement des séquences chimiques dans une macromolécule.
- (ii) Identifier et dimensionner les modes de défaillances électriques en milieu applicatif.

*With regard to metallic materials, the objectives are as follows:*

- (i) To extend the notions acquired in the first part (EC0712) concerning the hot behaviour of alloys; to determine the properties of alloys as a function of temperature.*
- (ii) Understand and master creep behaviour models, their areas of validity and correlation with elementary deformation mechanisms.*
- (iii) Raise awareness of the problems associated with alloy oxidation, present the main models and discuss the case of high-performance alloys.*

*With regard to polymer materials, the central objective is to enable students to acquire the following knowledge:*

- (i) Relate dielectric properties (resistivity, permittivity, dielectric strength, etc.) to their structures. The structure will be described in terms of morphology, chemical functions and the arrangement of chemical sequences in a macromolecule.*
- (ii) Identify and dimension electrical failure modes in an application environment.*

### Contenus

Matériaux métalliques

- Phénomènes physiques dans les métaux liés à la température et leurs effets sur les mécanismes de déformation. Comportements mécaniques généraux associés.
- Propriétés mécaniques d'usage des alliages métalliques courants à températures élevées
- Mécanismes de fluage et lois de comportement associées
- Corrosion haute température des alliages métalliques : mécanismes, modèles, voies d'améliorations

Matériaux polymères

- Propriétés diélectriques des polymères et composites (résistivité, permittivité, rigidité diélectrique, perte électrique) : Définition, techniques de mesure et traitement statistique des mesures
- Relations structure (polarité des polymères, réarrangements macromoléculaires)/propriétés diélectriques
- Les différents types d'endommagement : claquage électrique, claquage électromécanique, décharges partielles, carbonisation massive, contournement) et leurs conséquences en service
- Effet de l'environnement sur la tenue diélectrique

*Metallic materials*

- *Physical phenomena in metals related to temperature and their effects on deformation mechanisms. Associated general mechanical behaviour.*
- *Mechanical properties of common metal alloys at elevated temperatures*
- *Creep mechanisms and associated behaviour laws*
- *High-temperature corrosion of metal alloys: mechanisms, models, ways to improve.*

*Polymeric materials*

- *Dielectric properties of polymers and composites (resistivity, permittivity, dielectric rigidity, electrical loss): Definition, measurement techniques and statistical processing of measurements*
- *Structure relationships (polymer polarity, macromolecular rearrangements)/dielectric properties*
- *The different types of damage: electrical breakdown, electromechanical breakdown, partial discharges, mass carbonisation, bypassing) and their consequences in service*
- *Effect of the environment on dielectric strength*

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

## Méthodes et/ou moyens pédagogiques

Les étudiants disposent d'une copie des supports de cours de type PowerPoint. Des exercices illustratifs sont réalisés en interaction avec les étudiants dans le cadre de séances de travaux dirigés.  
Les travaux pratiques permettent de concrétiser les aspects évoqués lors des enseignements magistraux, portant plus précisément sur la mise en œuvre d'essais de traction à chaud et d'oxydation haute température, et le dépouillement de données d'essais de fluage.

*Students are provided with a copy of the PowerPoint-based course materials. Illustrative exercises are carried out in interaction with the students as part of the tutorials.*

*Practical work is used to put into practice the aspects discussed in the lectures, focusing more specifically on the implementation of hot tensile and high-temperature oxidation tests, and the analysis of creep test data.*

## 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 structure/propriétés I (IGENI - EC0712)

*Materials science courses S3 (IGENI-EC0323), S4 (IGENI-EC0434) and S5 (IGENI-EC0531), organic matrix composite materials (IGENI-EC0532), structure/property relationships I (IGENI - EC0712)*

## Travail personnel hors présentiel

### Volume horaire

10 Heures

### Type de travail

Révision, exercices supplémentaires

*Revision, additional exercises*

## Ressources bibliographiques

F Propriétés diélectriques des polymères, Jean-Marc BUREAU, Techniques de l'Ingénieur (2020)

F Les diélectriques - propriétés diélectriques des matériaux isolants, Roland Coelho, Bernard Aladenize - Collection Matériaux

F Propriétés physiques et électriques de polymères électroactifs, Saber Hammami, doctorat 2017, Laboratoire de Génie Electrique de Grenoble,

F Influence des nano-charges de noir de carbone sur le comportement mécanique de matériaux composites Application au blindage électromagnétique, Mohcine Hassar, doctorat 2013, Université de technologie de Compiègne

F Nanocomposite conducteur polymère/nanofils métalliques : Elaboration et Analyse des propriétés physiques, Antoine Lonjon, doctorat 2010, Université Paul Sabatier

F Stainless Steels, Lacombe, Baroux and Beranger, Les Editions de Physique (1993), ISBN 978-2868831897; (1st and 2nd part).

F Corrosion and Mechanical Stress at High Temperature, Guttman and Merz, Elsevier Science Ltd (1981) ISBN 978-0853349563

F Deformation and Fracture Mechanics of Engineering Materials, Hertzberg, John Wiley & Sons Inc. (1995) ISBN 9780471012146; (Section 1 chapters 1, 3 and 4).

F Handbook of Materials Behavior Models, LeMaitre, Academic Press; 1st edition (2001), ISBN 978-0124433410

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Code EC	IGENI-EC0821
Code UE	IGENI-UE0802
Coefficient interne à l'EC	1

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

## Présentation de l'EC

Nom de l'EC	Calcul de structures Eléments Finis bases
Nom(s) du/des enseignant(s)	Olivier Pantalé, Christian Garnier

Volume Horaire/Format	Format	Heures
	CM	9,5 H
	TD	6 H
	TP	H
	Projet encadré	H
	Projet en autonomie	H
	<b>Total</b>	<b>15,5 heures</b>

## Acquis d'apprentissage visés

Compétence(s)	<p>À l'issue de ce cours, les étudiants seront capables de comprendre et d'appliquer les principes fondamentaux de la méthode des éléments finis. Ils sauront modéliser numériquement des structures telles que des poutres et barres en utilisant des hypothèses adaptées à chaque contexte. Ils seront également en mesure de discrétiser un domaine à l'aide d'un maillage approprié, d'établir les matrices élémentaires (rigidité, masse) et de résoudre les systèmes matriciels associés. Une attention particulière sera portée à l'interprétation critique des résultats obtenus, en tenant compte des hypothèses et limitations inhérentes aux modèles utilisés.</p>
	<p><i>On completion of this course, students will be able to understand and apply the fundamental principles of the finite element method. They will be able to numerically model structures such as beams and bars, using assumptions adapted to each context. They will also be able to discretize a domain using an appropriate mesh, establish elementary matrices (stiffness, mass) and solve the associated matrix systems. Particular attention will be paid to the critical interpretation of the results obtained, taking into account the assumptions and limitations inherent in the models used.</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

À la fin du cours, les étudiants posséderont des connaissances théoriques, des compétences pratiques en modélisation numérique et un esprit critique envers les résultats, ce qui leur permettra d'appliquer ces outils efficacement dans des contextes industriels ou académiques. Sur le plan cognitif, ils saisiront les principes fondamentaux de la MEF, comme la formulation variationnelle, la discrétisation et l'assemblage des matrices élémentaires, les bases théoriques de la modélisation mécanique et numérique des structures, notamment pour les poutres. Ils intégreront également les notions de convergence, de précision du maillage et d'interprétation des résultats. En termes de savoir-faire, ils pourront réaliser une modélisation complète d'un problème mécanique, choisir le modèle mécanique adapté (1D, 2D ou 3D), générer un maillage structuré ou libre et appliquer les conditions aux limites et les chargements. Sur le plan du savoir-être, les étudiants développeront une rigueur méthodologique essentielle dans la mise en œuvre de simulations numériques, seront conscients des limites des modèles utilisés et adopteront une attitude critique envers les résultats obtenus.

*By the end of the course, students will possess theoretical knowledge, practical numerical modeling skills and a critical eye for results, enabling them to apply these tools effectively in industrial or academic contexts. On a cognitive level, they will grasp the fundamental principles of FEM, such as variational formulation, discretization and assembly of elementary matrices, and the theoretical foundations of mechanical and numerical modeling of structures, particularly beams. They will also integrate the notions of convergence, mesh accuracy and interpretation of results. In terms of know-how, they will be able to carry out a complete modeling of a mechanical problem, choose the appropriate mechanical model (1D, 2D or 3D), generate a structured or free mesh and apply boundary conditions and loads. In terms of interpersonal skills, students will develop the methodological rigor essential to the implementation of numerical simulations, be aware of the limits of the models used and adopt a critical attitude towards the results obtained.*

### Contenus

Cours : 9h30

- Introduction à la méthode des éléments finis
- Modélisation numérique et mécanique
- Formulation des éléments finis
- Mise en œuvre pratique de la méthode
- Application aux structures barres/poutres

TD : 6h

- Modélisation numérique
- Etude de Structures à base de Poutres

Course: 9h30

- Introduction to the finite element method
- Numerical modeling and mechanics
- Finite element formulation
- Practical application of the method
- Application to bar/beam structures

TD : 6h

- Numerical modeling
- Study of beam-based structures

### Méthodes et/ou moyens pédagogiques

L'ensemble est composé d'une partie cours magistraux d'une durée de 9h30 faite par deux intervenants et présentant dans un premier temps les concepts de base de la modélisation numérique, puis l'application aux structures à base de poutres. Trois séances de travaux dirigés de 2h chacune permettent d'illustrer les concepts abordés lors du cours.

*The course consists of a 9.5 hour lecture given by two lecturers, firstly introducing the basic concepts of numerical modeling, then applying them to beam structures. Three 2-hour tutorials illustrate the concepts covered in the course.*

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

## Prérequis pour l'EC

### Prérequis

Les étudiants doivent avoir des notions en mécanique des milieux continus et devront avoir suivi le module d'introduction à la méthode des éléments finis de M11.

*Students should have some knowledge of continuum mechanics and should have taken the introductory finite element method module in M11.*

## Travail personnel hors présentiel

### Volume horaire

8 Heures

### Type de travail

Apprentissage du cours et préparation des exercices des séances de travaux dirigés.

*Learning the course and preparing exercises for tutorials.*

## Ressources bibliographiques

- J. C. Craveur. Modélisation des Structures; Calcul par Eléments Finis. Masson, 1997.
- J. L. Batoz. Modélisation des structures par éléments finis - Poutres et plaques. Hermes, 1990.
- J. Fish, T. Belytschko. A first course in finite elements. Wiley, 2007.

## Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Code UE	IGENI-UE0802
Crédits ECTS	3
Coefficient interne à l'UE	2,9

### Présentation de l'UE

Nom de l'UE	MECANIQUE ET FABRICATION
Nom(s) du/des enseignant(s)	Olivier Pantalé Christian Garnier Amèvi Tongne Christophe Brillet V. Wagner Guillaume Mazenc Maher Baili Foued Abroug

Volume Horaire/Format	Format	Heures
	CM	23 H
	TD	18 H
	TP	6 H
	Projet encadré	0 H
	Projet en autonomie	0 H
	<b>Total</b>	<b>47 heures</b>

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

## Thèmes et Objectifs de la formation visés

### Principaux thèmes abordés

Cette UE vise à former les élèves sur différents aspects d'ingénierie mécanique, en lien avec les technologies non conventionnelles de fabrication, les machines mécaniques industrielles, les concepts de PLM - FAO et les calculs des structures par méthode d'éléments finis.

*The aim of this course is to train students in various aspects of mechanical engineering, in relation to non-conventional manufacturing technologies, industrial mechanical machines, PLM - CAM concepts and structural calculations using the finite element method.*

### Principaux objectifs généraux visés

- Connaître les différents moyens de fabrications non conventionnels, leurs spécificités, avantages et limitations.
- Connaître différentes machines industrielles mécaniques, leurs fonctions, domaines d'application, caractéristiques et performances.
- Connaître les différents aspects du PLM, en lien avec le procédé de fabrication, en particulier l'usinage.
- Savoir utiliser les moyens de calcul de structures à base de poutres dans un contexte de simulation numérique par éléments finis
- Be familiar with the various non-conventional manufacturing methods, their specific features, advantages and limitations.
- Be familiar with different mechanical industrial machines, their functions, fields of application, characteristics and performance.
- Be familiar with the various aspects of PLM in relation to the manufacturing process, particularly machining.
- Know how to use the means of calculating beam-based structures in the context of finite element digital simulation.

## Acquis d'apprentissage visés

### Compétence(s)

A l'issue de cette UE, les étudiants seront capables dans leur futur métier d'ingénieur, de :

- Répondre à un besoin industriel, différencier les procédés de fabrication nécessaires et les moyens de production adéquats.
- Analyser des pièces, identifier dans un contexte donné l'usinabilité des formes et proposer des solutions d'amélioration.
- Choisir des machines et des systèmes industriels, permettant d'assurer une fonction donnée, en lien avec la mécanique de fluides compressibles et incompressibles.
- Mettre en œuvre des simulations numériques sur des codes de calcul commerciaux, ainsi qu'analyser de manière constructive et critique les résultats fournis par le code de calcul.

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

- Respond to an industrial need, differentiate between the manufacturing processes required and the appropriate production resources.
- Analyse parts, identify the machinability of shapes in a given context and propose solutions for improvement.
- Choose industrial machines and systems to perform a given function, in relation to the mechanics of compressible and incompressible fluids.
- Implement numerical simulations using commercial calculation codes, and analyse the results provided by the calculation code constructively and critically.

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Code EC	IGENI-EC0822
Code UE	IGENI-UE0802
Coefficient interne à l'EC	0,7

Coordinateur ENIT de l'EC	TONGNE Amèvi
---------------------------	--------------

## Présentation de l'EC

Nom de l'EC	Machines mécaniques
Nom(s) du/des enseignant(s)	TONGNE Amèvi, BRILLET Christophe

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

## Acquis d'apprentissage visés

Compétence(s)	<p>À l'issue de l'EC, les étudiants seront capables de décrire le fonctionnement général des machines mécaniques (turbomachines et compresseurs), de choisir les machines adaptées à chaque application et de les dimensionner.</p> <p><i>At the end of the course, students will be able to describe the general operation of mechanical machines (turbomachines and compressors), choose the machines best suited to each application and size them.</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

A l'issue de l'EC, les étudiants doivent :

#### Partie 1 - Turbomachines :

- Savoir les principales applications des turbomachines
- Comprendre le fonctionnement d'une turbomachine et particulièrement celui du turbo réacteur et du turbomoteur
- Avoir des notions de l'impact environnemental des turbomachines aéronautiques
- Être capables de tracer un triangle des vitesses dans un compresseur ou une turbine
- Être capables d'appliquer l'équation d'Euler des turbomachines et calculer les évolutions de vitesse, de pression et de température à la traversée d'un étage de compresseur ou de turbine.
- Être capables de déterminer les caractéristiques principales d'un compresseur ou d'une turbine (débit, rendement, taux de compression / détente)

#### Partie 2 - Capsulismes:

- Comprendre le fonctionnement des machines thermiques à fluide compressible, notamment les moteurs à pistons.
- Identifier et classer les machines motrices et génératrices selon leur principe de fonctionnement.
- Étudier les cycles thermodynamiques idéaux (Beau de Rochas, Diesel, Sabathé, etc.).
- Analyser les transformations thermodynamiques et établir les bilans d'énergie associés.
- Évaluer les performances énergétiques des machines (travail, rendement, puissance).
- Interpréter et utiliser les outils graphiques comme les diagrammes de Clapeyron et d'entropie.

*At the end of the CE, students must:*

#### Part 1 - Turbomachinery :

- Know the main applications of turbomachinery
- Understand how turbomachinery works, particularly turbojet and turboshaft engines
- Understand the environmental impact of aeronautical turbomachinery
- Be able to draw a velocity triangle in a compressor or turbine
- Be able to apply the Euler equation for turbomachinery and calculate the changes in speed, pressure and temperature as the air passes through a compressor or turbine stage.
- Be able to determine the main characteristics of a compressor or turbine (flow rate, efficiency, compression/expansion ratio)

#### Part 2 - Capsulisms:

- Understand the operation of compressible fluid thermal machines, in particular piston engines.
- Identify and classify prime movers and generators according to their operating principle.
- Study ideal thermodynamic cycles (Beau de Rochas, Diesel, Sabathé, etc.).
- Analyse thermodynamic transformations and draw up the associated energy balances.
- Assess the energy performance of machines (work, efficiency, power).
- Interpret and use graphical tools such as Clapeyron and entropy diagrams.

### Contenus

#### Partie 1 - Turbomachines :

Cours 1 : Les types de turbomachines et applications (1h)

- Focus sur les applications aéronautiques (turbo réacteur, turbomoteur, ...)

Cours 2 : Généralités d'aérothermodynamiques (2h00)

- Bilan d'énergie avec échange de travail, équation généralisé de Bernoulli
- Notions de température et de pression statique, totale et totale relative
- Evolutions et rendement isentropiques et polytropiques

Cours 3 : Aérodynamique des aubages (1h30)

- Principe de fonctionnement d'un compresseur et d'une turbine (notions déstage)
- Triangle des vitesses dans les étages de compresseur et turbine
- Equation d'Euler des turbomachines
- Technologie des aubages

Travaux dirigés (2h)

- Exercices d'application d'aérothermodynamique sur des compresseurs et turbines

#### Partie 2 - Capsulismes :

Cours 1 : Théorie générale des machines mécaniques

- Exemples de machines mécaniques
- Classification générale
- Rappels de thermodynamique

Cours 2 : Machines thermiques

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

- Les catégories de machines thermiques
  - Moteurs thermiques (Automobile)
  - Classification des machines thermiques
  - Études des cycles théoriques
- Cours 3 : Machines hydrauliques à capsulisme
- Technologie suivant les gammes de pression
  - Notion de cylindrée
  - Description technologique
- Travaux dirigés (2h)
- Exercices d'application portant sur le calcul de la puissance, du rendement et des principales variables d'état dans les systèmes thermodynamiques.

## Part 1 - Turbomachinery:

### Lesson 1: Types of turbomachinery and applications (1hr)

- Focus on aeronautical applications (turbojet, turboshaft, etc.)

### Lesson 2: General aerothermodynamics (2hrs)

- Energy balance with work exchange, generalized Bernoulli equation
- Concepts of static, total and relative total temperature and pressure
- Isentropic and polytropic evolution and efficiency

### Lesson 3: Blade aerodynamics (1h30)

- Operating principle of a compressor and a turbine (basic concepts)
- Speed triangle in the compressor and turbine stages
- Euler equation for turbomachinery
- Blade technology

### Tutorial (2h)

- Aerothermodynamics application exercises on compressors and turbines

## Part 2 - Capsulisms:

### Course 1: General theory of mechanical machines

- Examples of mechanical machines
- General classification
- Reminder of thermodynamics

### Lesson 2: Thermal machines

- Categories of thermal machines
- Thermal engines (Automotive)
- Classification of thermal machines
- Study of theoretical cycles

### Lesson 3: Hydraulic machines with capsulism

- Technology according to pressure ranges
- Notion of displacement
- Technological description

### Tutorial (2h)

- Application exercises relating to the calculation of power, efficiency and the main state variables in thermodynamic systems.

## Méthodes et/ou moyens pédagogiques

### Documents :

- Support de cours (planches présentées) et cours complet en PDF
- Support d'exercices travaux dirigés avec corrections en PDF
- Recueil d'exercices corrigés

A l'issue de l'EC, les étudiants disposent d'un recueil d'exercices complémentaires avec corrections pour s'entraîner et préparer l'examen écrit.

### Documents :

- Course support (plates presented) and full course in PDF
- Tutorials with corrections in PDF format
- Collection of corrected exercises

At the end of the course, students have access to a collection of additional exercises with corrections to help them practise and prepare for the written exam.

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

## Prérequis pour l'EC

### Prérequis

Notions de thermodynamique (bilan énergétique) et de mécanique des fluides (dynamique des fluides compressibles)

*Notions of thermodynamics (energy balance) and fluid mechanics (compressible fluid dynamics)*

## Travail personnel hors présentiel

### Volume horaire

4 Heures

### Type de travail

Revoir les exercices abordés en travaux dirigés et faire des exercices supplémentaires du recueil d'exercices fourni.

*Review exercises covered in tutorials and do additional exercises from the exercise book provided.*

## Ressources bibliographiques

### Mécanique des fluides :

- J.M BREBEC. *Mécanique des fluides – H Prépa*. Hachette Supérieur, 2004
- S. CANDEL. *Mécanique des fluides – Cours*. Dunod, 2001
- P. CHASSAING. *Mécanique des fluides – Eléments d'un premier parcours*. Cépaduès Editions, 2000
- R. COMOLET. *Mécanique expérimentale des fluides – Tome II Dynamique des fluides réels, turbomachines*. Masson, 1994
- T. FAURE. *Dynamique des fluides appliquée. Application à l'aérodynamique*. Dunod, 2008
- J. LUNEAU – *Aérodynamique – Théorie de la dynamique des fluides*. Cépaduès Editions, 1989
- I.L. RYHMING. *Dynamique des fluides*. Presses polytechniques et Universitaires Romandes, 2004
- Lallemand, A. (2016). Thermodynamique appliquée - Deuxième principe . Entropie Thermodynamique appliquée Deuxième principe . Entropie. 33(0).

### Turbomachines :

- X. OTTAVY. *Cours de turbomachine à fluide compressible*.  
URL : [http://lmfa.ec-lyon.fr/perso/perso.004/Doc/cours\\_machines\\_fluide\\_compressible.pdf](http://lmfa.ec-lyon.fr/perso/perso.004/Doc/cours_machines_fluide_compressible.pdf)
- P.P. WALSH & P. FLETCHER. *Gas turbine performance – Second edition*. Blackwell Science, 2004

### Capsulismes :

- T. Destoop. *Compresseurs volumétriques. Techniques de l'ingénieur*, 1989
- A. Lallemand. *Machines hydrauliques et thermiques résumés et problèmes corrigés*. Ellipses, 2014.
- L. Martin. *Pompes et moteurs. Techniques de l'ingénieur*, 1999.

### Thermodynamique :

- J.P. FOHR. *Thermodynamique des systèmes fluides et des machines thermiques*. Lavoisier Hermes Sciences, 2010

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Code EC	IGENI-EC0823
Code UE	IGENI-UE0802
Coefficient interne à l'EC	0,5

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

## Présentation de l'EC

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

Volume Horaire/Format	Format	Heures
	CM	H
	TD	2 H
	TP	6 H
	Projet encadré	H
	Projet en autonomie	H
	<b>Total</b>	<b>8 heures</b>

## Acquis d'apprentissage visés

Compétence(s)	<p>A l'issus de cette intervention, les étudiants seront capables de critiquer la conception d'une pièce vis-à-vis de la fabrication et seront capables de proposer de nouvelles formes usinables. Cet enseignement étant réalisé sur la base du PLM, les élèves auront aussi la capacité de travailler en groupe et de confronter leurs idées.</p>
	<p><i>At the end of this course, students will be able to evaluate the design of a part with respect to its manufacturability and propose alternative, machinable geometries. Since this course is based on the PLM approach, students will also develop the ability to work in teams and engage in constructive discussion of their ideas.</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

Ce cours explore le rôle central de la fabrication mécanique dans le cycle de développement produit, en intégrant les principes du PLM (Product Lifecycle Management).

Il établit une démarche systémique reliant :

- La conception CAO (choix géométriques, tolérances)
- Le comportement mécanique (résistance, déformations)
- La sélection des matériaux (usinabilité, coût, disponibilité)
- Les contraintes de production (moyens machines, post-traitement)

Une attention particulière est portée sur l'analyse critique des formes : arêtes vives, épaisseurs minimales, accessibilité des outils, etc. Chaque décision de conception génère des coûts cachés (ex : temps de changement d'outil pour une gorge étroite) qui seront quantifiés via des simulations d'usinage (logiciels FAO) et des protocoles expérimentaux.

*This course explores the central role of mechanical manufacturing within the product development cycle, integrating the principles of PLM (Product Lifecycle Management).*

*It establishes a systemic approach connecting:*

- *CAD design (geometric choices, tolerances)*
- *Mechanical behavior (strength, deformations)*
- *Material selection (machinability, cost, availability)*
- *Production constraints (machine capabilities, post-processing)*

*Particular attention is given to the critical analysis of part geometries: sharp edges, minimum wall thicknesses, tool accessibility, etc.*

*Every design decision generates hidden costs (e.g., tool change time for a narrow groove), which will be quantified through machining simulations (CAM software) and experimental protocols.*

### Contenus

L'approche pédagogique se base sur :

- Études de cas industriels : Analyse de pièces critiques (aéronautique, médical) où une mauvaise conception a entraîné des surcoûts de production.
- Ateliers pratiques :
- Utilisation de CATIA V5/3DEXPERIENCE pour identifier les zones à faible usinabilité
- Benchmark de stratégies d'usinage (paramètres de coupe, trajectoires d'outil)
- Intégration PLM : Workflows de rétro-conception via des outils comme ENOVIA ou Teamcenter.

*The pedagogical approach is based on:*

- **Industrial case studies:** Analysis of critical parts (aerospace, medical) where poor design choices led to increased production costs.
- **Hands-on workshops:**
  - Use of CATIA V5/3DEXPERIENCE to identify areas with low machinability
  - Benchmarking of machining strategies (cutting parameters, tool paths)
  - **PLM integration:** Reverse engineering workflows using tools such as ENOVIA or Teamcenter

### Méthodes et/ou moyens pédagogiques

Basé sur une démarche projet, les étudiants (par binôme) devront reconcevoir entièrement des pièces en appliquant les règles induites par le PLM et les contraintes de la fabrication mécanique. Pour cela, l'ensemble du projet s'appuiera sur la mise en place d'une FAO sur le logiciel CATIA V5 et sur l'utilisation d'un logiciel PLM.

*Based on a project-based approach, students (working in pairs) will be required to fully redesign parts by applying the rules derived from PLM principles and mechanical manufacturing constraints. The entire project will be supported by the implementation of CAM using CATIA V5 and the use of a PLM software system.*

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

## Prérequis pour l'EC

### Prérequis

Méthodes de fabrication (tournage, fraisage, perçage... Outils coupants, paramètres de coupe, outillage), Mise en oeuvre des machines-outils à commande numérique, programmation en commande numérique, Fabrication assistée par Ordinateur (FAO 2,5 et 3 axes).

*Manufacturing methods (turning, milling, drilling... cutting tools, cutting parameters, tooling), operation of CNC machine tools, CNC programming, Computer-Aided Manufacturing (2.5- and 3-axis CAM).*

## Travail personnel hors présentiel

### Volume horaire

4 Heures

### Type de travail

Finalisation du projet et rédaction du rapport

*Finalize the project and write the report*

## Ressources bibliographiques

Cliquez ici et entrez les ressources bibliographiques

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Code EC	IGENI-EC0824
Code UE	IGENI-UE0802
Coefficient interne à l'EC	0,7

Coordinateur ENIT de l'EC	Foued ABROUG
---------------------------	--------------

## Présentation de l'EC

Nom de l'EC	Procédés non conventionnels
Nom(s) du/des enseignant(s)	Maher BAILI, Guillaume MAZENC, Foued ABROUG

Volume Horaire/Format	Format	Heures
	CM	6 H
	TD	6 H
	TP	H
	Projet encadré	H
	Projet en autonomie	H
	<b>Total</b>	<b>12 heures</b>

## Acquis d'apprentissage visés

Compétence(s)	<p>A l'issue du TD, les étudiants seront capables de répondre à un besoin industriel de choix de procédés de découpe en fonction d'un besoin industriel (type de matériau, milieu de travail, qualité de découpe, etc.)</p> <p><i>At the end of the course, students will be able to choose a cutting process to meet an industrial need (type of material, work environment, cutting quality, etc.).</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

A l'issue des cours, les étudiants auront des connaissances dans le domaine de la fabrication mécanique non conventionnelle et/ou moderne. Ils auront vu les différentes techniques, leurs domaines d'application, leurs avantages et limites.

- Savoir connaître et distinguer le principe physique de chaque procédé (électroérosion, usinage chimique, découpe laser, découpe jet d'eau, découpe plasma, oxycoupage)
- distinguer les performances, avantages et limitations de chaque procédé.
- savoir les problématiques liées à l'utilisation d'un des moyens de fabrication associés aux procédés.
- proposer le procédé le mieux adapté en fonction d'un contexte d'utilisation (performances attendues, matériau travaillé, ...)
- Exposer le travail devant un auditoire à l'aide de support visuel, d'un schéma, quelques phrases, mots clés.

*By the end of the course, students will have a sound knowledge of unconventional and/or modern mechanical manufacturing. They will have seen the different techniques, their fields of application, their advantages and limitations.*

- *know and distinguish the physical principle of each process (electroerosion, chemical machining, laser cutting, waterjet cutting, plasma cutting, oxy-fuel cutting)*
- *distinguish the performance, advantages and limitations of each process.*
- *understand the issues involved in using one of the manufacturing methods associated with each process.*
- *propose the most appropriate process for a given application (expected performance, material to be processed, etc.).*
- *Present work to an audience using visual aids, a diagram, a few sentences and key words.*

### Contenus

Cours N°1 : 2 heures

Chapitre 1 : Electroérosion

Cours N°2 : 2 heures

Chapitre 2 : usinage chimique

Cours N°3 : 2 heures

Chapitre 3 : procédés laser

Chapitre 4 : procédés de découpage

TD : 6 heures

Analyse d'un dossier client, analyse de moyens de fabrication, préparation d'un dossier de réponse au besoin.

*Lesson 1: 2 hours*

*Chapter 1: EDM*

*Lesson 2: 2 hours*

*Chapter 2: chemical machining*

*Course 3: 2 hours*

*Chapter 3: laser processes*

*Chapter 4: cutting processes*

*TD: 6 hours*

*Analysis of a customer file, analysis of manufacturing resources, preparation of a file in response to a need.*

### Méthodes et/ou moyens pédagogiques

Supports de cours, TD, illustrations vidéo.

TD : apprentissage par projet, Evaluation par les pairs.

*Course materials, tutorials, video illustrations.*

*TD: project-based learning, peer assessment.*

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

## Prérequis pour l'EC

### Prérequis

Connaissance des procédés conventionnels de mise en forme (cours MFPM1 MFPM2)

*Knowledge of conventional forming processes (MFPM1 MFPM2 courses)*

## 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*

Plateforme moodle.enit.fr, contenant la description du travail à faire, des illustrations.

Les guides de l'innovation : Les applications innovantes des lasers de puissance dans l'industrie / Réseau Novelect.

Coupage thermique et coupage au jet d'eau, G. CANNET, M. DELZENNE, Techniques de l'Ingénieur.

La découpe industrielle des aciers de construction, Techniques de l'ingénieur.

Plasmas thermique aux puissances inférieures à 400 KW : applications, P. FAUCAHIS, Techniques de l'ingénieur

Usinage par électroérosion : Daniel KREMER, Techniques de l'ingénieur.

Industrialisation des produits mécaniques : C. MARTY et J.M. LINARAES, Hermes Science Publication, Paris 1999.

Liens vers les pages des différents fabricants de machines (trumpf, renishaw, mazak, IPG laser, etc.)

## Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Code UE	IGENI-UE0803
Crédits ECTS	4
Coefficient interne à l'UE	4

### Présentation de l'UE

Nom de l'UE	INFORMATION ET DECISION
Nom(s) du/des enseignant(s)	

Volume Horaire/Format	Format	Heures
	CM	35 H
	TD	23,5 H
	TP	6 H
	Projet encadré	0 H
	Projet en autonomie	0 H
	<b>Total</b>	<b>64,5 heures</b>

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

## Thèmes et Objectifs de la formation visés

<b>Principaux thèmes abordés</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Ingénierie des connaissances, modélisation organisationnelle et aide à la décision.</li><li>• Analyse et modélisation des processus métiers (BPMN, IDEF0) et découverte automatique de modèles (process mining).</li><li>• Gestion de projet, analyse des risques, planification probabiliste (PERT), et méthodes de mitigation.</li><li>• Évolutions et tendances des technologies de l'information et de la communication (TIC) : IA générative, IoT, Big Data.</li><li>• Impacts sociétaux, environnementaux, juridiques et éthiques des technologies numériques.</li><li>• Usage raisonné et responsable des technologies émergentes.</li></ul>
<b>Principaux objectifs généraux visés</b>	<p>L'UE vise à permettre aux étudiants :</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• De comprendre les fondements de la modélisation organisationnelle et son rôle dans la structuration des systèmes d'information pour soutenir la prise de décision.</li><li>• De maîtriser des méthodes d'analyse, de simulation et d'optimisation de processus organisationnels à l'aide d'outils et d'approches formelles.</li><li>• D'acquérir les compétences fondamentales pour planifier, structurer, suivre et ajuster un projet en tenant compte des aléas et risques.</li><li>• D'identifier, analyser et intégrer les tendances technologiques actuelles dans une approche critique, éthique et durable.</li><li>• D'exploiter des outils numériques pour expérimenter et proposer des solutions adaptées aux enjeux organisationnels et sociétaux.</li></ul>

## Acquis d'apprentissage visés

<b>Compétence(s)</b>	<p><b>Compétence principale</b> À l'issue de l'UE, les étudiants seront en mesure, dans leur futur métier, lorsque confrontés à des situations complexes de structuration organisationnelle ou de conduite de projet impliquant des systèmes d'information, <b>d'analyser, modéliser et exploiter les données et processus de l'organisation afin d'éclairer la prise de décision stratégique</b>, en démontrant une maîtrise des outils de modélisation, d'analyse de risques, et de technologies émergentes tout en adoptant une posture critique et responsable.</p> <p><b>Compétence complémentaire 1</b> À l'issue de l'UE, les étudiants seront en mesure, dans un contexte de transformation numérique, <b>d'identifier les technologies de l'information pertinentes et d'en évaluer les implications techniques, sociales et environnementales</b>, en montrant qu'ils sont capables de formuler des choix technologiques éclairés et durables.</p> <p><b>Compétence complémentaire 2</b> À l'issue de l'UE, les étudiants seront en mesure, dans une dynamique de projet, <b>de structurer et piloter un projet en intégrant l'analyse de risques, la planification probabiliste et les interactions avec les parties prenantes</b>, en montrant leur capacité à formaliser une démarche rigoureuse de gestion de projet.</p>
----------------------	---

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Code EC	IGENI-EC0831
Code UE	IGENI-UE0803
Coefficient interne à l'EC	0,7

Coordinateur ENIT de l'EC	Laurent GENESTE
---------------------------	-----------------

## Présentation de l'EC

Nom de l'EC	Ingénierie des connaissances et de la Décision
Nom(s) du/des enseignant(s)	Laurent GENESTE

Volume Horaire/Format	Format	Heures
	CM	7,5 H
	TD	2 H
	TP	H
	Projet encadré	H
	Projet en autonomie	H
	<b>Total</b>	<b>11,5 heures</b>

## 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"><li>de structurer un problème de prise de décision (actions, critères, incertitude) et d'adopter une méthode de résolution (décision sous incertitude, multicritère)</li><li>d'appréhender un problème d'ingénierie des connaissances et d'envisager des méthodes adaptées au contexte</li></ul>
	<p>At the end of this course, students will be able to:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>structure a decision-making problem (actions, criteria, uncertainty) and adopt a resolution method (decision under uncertainty, multi-criteria)</li><li>understand a knowledge engineering problem and envisage methods adapted to the context</li></ul>

## 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

<p><b>Objectifs généraux</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Comprendre la problématique et les enjeux de la décision sous incertitude et de la décision multicritère</li> <li>Savoir exploiter résoudre un problème de décision en sélectionnant des critères appropriés (en fonction du contexte) et en tenant compte de l'incertitude et de la multiplicité des critères</li> <li>Comprendre la problématique et les enjeux de l'ingénierie des connaissances</li> <li>Avoir une vision panoramique des différentes approches d'ingénierie des connaissances et de leur contexte d'utilisation</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li><i>Understand the issues and challenges of decision-making under uncertainty and multi-criteria decision-making</i></li> <li><i>Know how to solve a decision-making problem by selecting appropriate criteria (depending on the context) and taking account of uncertainty and the multiplicity of criteria</i></li> <li><i>Understand the issues and challenges of knowledge engineering</i></li> <li><i>Have a panoramic view of the different approaches to knowledge engineering and their context of use</i></li> </ul>
<p><b>Contenus</b></p>	<p>Chapitre 1 : ingénierie de la décision (4h CM, 2h TD)</p> <p>1.1 Différents contextes de décision (jeux, recherche opérationnelle, choix social, sous incertitude)</p> <p>1.2 Notion de critères décision sous incertitude ; étude et critique de différents critères (espérance mathématique, utilité espérée, MaxMin, critère basé sur les regrets...)</p> <p>1.3 Traitement des problèmes multicritère</p> <p>Chapitre 2 : ingénierie des connaissances (3,5h CM, 2h TD)</p> <p>2.1 Problématique de l'ingénierie des connaissances (apprentissage organisationnel, connaissances issues des experts)</p> <p>2.2 Méthodes d'ingénierie des connaissances (approche documentaire, formalisation des connaissances, retour d'expérience)</p> <p>2.3 Outils scientifiques pour l'ingénierie des connaissances (utilisation du moteur d'inférence gprolog, utilisation d'un outil de Case Based Reasoning).</p> <p><i>Chapter 1: decision engineering (4h CM, 2h TD)</i></p> <p><i>1.1 Different decision contexts (games, operational research, social choice, under uncertainty)</i></p> <p><i>1.2 Notion of decision criteria under uncertainty; study and criticism of different criteria (mathematical expectation, expected utility, MaxMin, criterion based on regrets, etc.)</i></p> <p><i>1.3 Treatment of multi-criteria problems</i></p> <p><i>Chapter 2: knowledge engineering (3.5h CM, 2h TD)</i></p> <p><i>2.1 Knowledge engineering issues (organisational learning, expert knowledge)</i></p> <p><i>2.2 Knowledge engineering methods (documentary approach, formalisation of knowledge, feedback)</i></p> <p><i>2.3 Scientific tools for knowledge engineering (use of the gprolog inference engine, use of a Case Based Reasoning tool).</i></p>
<p><b>Méthodes et/ou moyens pédagogiques</b></p>	<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 explored in greater depth.</i></p>

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

## Prérequis pour l'EC

**Prérequis**

Aucun

## Travail personnel hors présentiel

**Volume horaire**

Pas de travail personnel exigé en dehors de la préparation de l'examen

**Type de travail**

Révisions pour l'examen

## Ressources bibliographiques

Ingénierie des connaissances, Régine Teulier, Jean Charlet, éditeur L'Harmattan, 2005

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Code EC	IGENI-EC0832
Code UE	IGENI-UE0803
Coefficient interne à l'EC	0,7

Coordinateur ENIT de l'EC	Carmen MARTIN
---------------------------	---------------

## Présentation de l'EC

Nom de l'EC	Modélisation d'entreprise
Nom(s) du/des enseignant(s)	Dr. Sina NAMAKI ARAGHI

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

## Acquis d'apprentissage visés

Compétence(s)	<p>À l'issue de l'EC <b>Modélisation Entreprise (Enterprise Architecture)</b>, les étudiants seront capables, dans leur futur métier :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Partie 1</b> : d'analyser les différents niveaux de génération de données et de modélisation des différentes parties d'une organisation (opérations, support, décision) en transformant des descriptions textuelles et des entretiens en processus modélisés à l'aide de la langage BPMN. Ils seront également en mesure d'utiliser les concepts de BPM (Business Process Management) et d'IDEF 0 pour modéliser les fonctions d'une organisation.</li> <li>• <b>Partie 2</b> : d'exploiter des méthodes d'intelligence artificielle sous-symbolique, notamment les algorithmes de <i>process mining</i>, pour extraire automatiquement des modèles BPMN à partir de données existantes.</li> </ul> <p>Cette formation leur permettra de démontrer une maîtrise des outils et techniques de modélisation organisationnelle, favorisant l'optimisation des processus et la prise de décision stratégique.</p> <p><i>On completion of the Enterprise Architecture Modeling course, students will be able to:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Part 1: analyze the different levels of data generation and modeling of the different parts of an organization (operations, support, decision) by transforming text descriptions and interviews into modeled processes using the BPMN language. They will also be able to use the concepts of BPM (Business Process Management) and IDEF 0 to model the functions of an organization.</i></li> <li>• <i>Part 2: exploit subsymbolic artificial intelligence methods, notably process mining algorithms, to automatically extract BPMN models from existing data.</i></li> </ul> <p><i>This training will enable them to demonstrate mastery of organizational modeling tools and techniques, supporting process optimization and strategic decision-making.</i></p>

## Modalités d'évaluation

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

## Langue d'enseignement

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

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

## Objectifs de la formation visés

### Objectifs généraux

#### Connaissances (Domaine cognitif)

- Comprendre les concepts fondamentaux de la modélisation organisationnelle, notamment les architectures BPMN, BPM, et IDEF 0.
- Connaître les principes des méthodes d'intelligence artificielle sous-symbolique et leur application à la modélisation des processus organisationnels.
- Avoir une vision globale des différents niveaux de données générées dans une organisation (opérations, support, décision).

#### Savoir-faire (Domaine pragmatique)

- Être capable d'analyser des descriptions textuelles et des données issues d'entretiens pour en extraire des modèles de processus structurés.
- Réaliser des modèles BPMN et IDEF 0 pour représenter les fonctions et processus d'une organisation.
- Mettre en œuvre des algorithmes de *process mining* pour extraire automatiquement des modèles BPMN à partir de données opérationnelles.
- Évaluer et optimiser les processus organisationnels à partir de modèles générés.

#### Savoir-être (Domaine affectif)

- Être conscient de l'importance des processus structurés pour améliorer la performance et l'efficacité d'une organisation.
- Adopter une approche analytique et méthodique dans la modélisation et la résolution des problématiques organisationnelles.
- Collaborer avec des parties prenantes pour comprendre et formaliser leurs besoins en matière de modélisation des processus.

#### Knowledge (Cognitive domain)

- *Understand the fundamental concepts of organizational modeling, including BPMN, BPM, and IDEF 0 architectures.*
- *Know the principles of sub-symbolic artificial intelligence methods and their application to organizational process modeling.*
- *Have a global vision of the different levels of data generated in an organization (operations, support, decision).*

#### Know-how (Pragmatic domain)

- *Be able to analyze textual descriptions and interview data to extract structured process models.*
- *Produce BPMN and IDEF 0 models to represent an organization's functions and processes.*
- *Implement process mining algorithms to automatically extract BPMN models from operational data.*
- *Evaluate and optimize organizational processes based on generated models.*

#### Personal skills (Affective domain)

- *Be aware of the importance of structured processes for improving an organization's performance and efficiency.*
- *Adopt an analytical and methodical approach to modeling and solving organizational problems.*
- *Collaborate with stakeholders to understand and formalize their process modeling needs.*

### Contenus

#### Cours n°1 : 6 heures

##### Chapitre 1 : Introduction à la modélisation avec BPMN

- 1.1 Comprendre les concepts fondamentaux de BPM (Business Process Management).
- 1.2 Positionnement des architectures BPMN et IDEF 0 dans le cadre global de BPM.
- 1.3 Apprentissage pratique de la modélisation des processus avec BPMN (création manuelle de modèles de processus).

#### Partie n°2 : 5.5 heures

##### Chapitre 2 : Introduction au Process Mining

- 2.1 Comprendre les concepts généraux du Process Mining et son rôle dans l'analyse des processus organisationnels.
- 2.2 Exploration des algorithmes de découverte de processus :
  - Heuristic Miner.
  - Stable Heuristic Miner (développé par Sina Namaki Araghi).

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

## Course 1: 6 hours

### Chapter 1: Introduction to modeling with BPMN

- 1.1 Understanding the fundamental concepts of BPM (Business Process Management).
- 1.2 Positioning the BPMN and IDEF 0 architectures within the overall BPM framework.
- 1.3 Hands-on learning of process modeling with BPMN (manual creation of process models).

## Part 2: 5.5 hours

### Chapter 2: Introduction to Process Mining

- 2.1 Understanding the general concepts of Process Mining and its role in the analysis of organizational processes.
- 2.2 Exploring process discovery algorithms:
  - Heuristic Miner.
  - Stable Heuristic Miner (developed by Sina Namaki Araghi).

## Méthodes et/ou moyens pédagogiques

### Méthodes pédagogiques

- **Approche théorique et pratique intégrée** : Chaque concept est introduit par une présentation théorique, suivie d'une mise en application pratique à travers des exercices concrets.
- **Apprentissage actif** : Les étudiants sont encouragés à participer activement via des discussions, des études de cas et des simulations.
- **Travaux en petits groupes** : Collaboration sur des scénarios réels pour modéliser des processus avec BPMN et appliquer les algorithmes de Process Mining.
- **Apprentissage par résolution de problèmes** : Analyse de données organisationnelles et modélisation de solutions adaptées.

### Moyens pédagogiques

- **Supports numériques interactifs** : Présentations PowerPoint enrichies d'exemples visuels et vidéos explicatives.
- **Études de cas basées sur des données réelles ou simulées** : Application directe des concepts enseignés sur des exemples concrets.
- **Tutoriels guidés** : Étapes détaillées pour apprendre à utiliser les logiciels et méthodologies.

### Roteaching methods

- *Integrated theoretical and practical approach: Each concept is introduced by a theoretical presentation, followed by practical application through concrete exercises.*
- *Active learning: Students are encouraged to participate actively through discussions, case studies and simulations.*
- *Small-group work: Collaboration on real-life scenarios to model processes with BPMN and apply Process Mining algorithms.*

### Mining algorithms.

- *Problem-based learning: Analyze organizational data and model appropriate solutions.*
- *Teaching resources*
- *Interactive digital media: PowerPoint presentations enriched with visual examples and explanatory videos.*
- *Case studies based on real or simulated data: Direct application of the concepts taught to concrete examples.*
- *Guided tutorials: Detailed steps for learning how to use software and methodologies.*

## Prérequis pour l'EC

### Prérequis

**Connaissances de base en systèmes d'information** : Familiarité avec les concepts fondamentaux des systèmes d'information et des organisations.

**Notions en modélisation de données** : Compréhension des principes de modélisation conceptuelle et logique.

**Initiation à l'analyse de processus** : Connaissances élémentaires sur le fonctionnement et l'optimisation des processus organisationnels.

*Basic knowledge of information systems: Familiarity with the fundamental concepts of information systems and organizations.*

*Notions in data modeling: Understanding of conceptual and logical modeling principles. Introduction to process analysis: Basic knowledge of how organizational processes work and how to optimize them.*

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

## Travail personnel hors présentiel

<b>Volume horaire</b>	6 Heures
<b>Type de travail</b>	Révision

## Ressources bibliographiques

[Stable Heuristic Miner 2: Evaluating the Statistical Stability in Event Logs to Discover Business Processes](#)

[Stable Heuristic Miner: applying statistical stability to discover the common patient pathways from location event logs](#)

[Process Mining: Data science in action](#)

[Fundamentals of Business Process Management](#)

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Code EC	IGENI-EC0833
Code UE	IGENI-UE0803
Coefficient interne à l'EC	0,7

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

## Présentation de l'EC

Nom de l'EC	Gestion de projets Project management
Nom(s) du/des enseignant(s)	Philippe CLERMONT et Bernard KAMSU-FOGUEM

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

## Acquis d'apprentissage visés

Compétence(s)	<p>A la fin de la formation, l'étudiant sera en mesure :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- de connaître les missions d'un chef de projet,</li> <li>- de poser l'envergure ou note de cadrage d'un projet afin de le caractériser</li> <li>- d'identifier les risques projet et de les coter (criticité),</li> <li>- de disposer de plusieurs stratégies pour se prémunir des risques,</li> <li>- d'associer une probabilité à une durée probable du projet (PERT Probabiliste),</li> </ul> <p>afin d'initier n'importe quel projet dans le cadre de leurs activités professionnelles ou personnelles.</p>
	<p>At the end of the course, the student will be able to:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- to know the tasks of a project manager,</li> <li>- to lay out the scope or scoping note of a project in order to characterize it</li> <li>- to identify project risks and rate them (criticality),</li> <li>- have several strategies to protect themselves from risks,</li> <li>- to associate a probability with a probable duration of the project (probabilistic PERT),</li> </ul> <p>to initiate any project in the context of their professional or personal activities.</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

Les objectifs généraux de cet enseignement sont les suivants :

- ~ domaine cognitif : savoir planifier un projet en intégrant les risques, savoir effectuer une analyse de risques, identifier les actions possibles de mitigation et les prioriser, savoir définir l'envergure d'un projet
- ~ domaine pragmatique : comprendre un projet et ses boucles à partir du réseau PERT, calculer la probabilité qu'une boucle devienne critique et une durée pour une probabilité donnée
- ~ domaine affectif : être conscient de la zone de pouvoir décisionnel du chef de projet et de la complexité de piloter un projet en raison des nombreux aléas et perturbations.

*The general objectives of this courses are:*

- ~ *Cognitive domain: know how to plan a project by integrating risks, know how to perform a risk analysis, identify possible mitigation actions and prioritize them, know how to define the scope of a project*
- ~ *pragmatic domain: understanding a project and its loops from the PERT network, calculating the probability that a loop will become critical and a duration for a given probability*
- ~ *Emotional domain: be aware of the project leader's decision-making authority and the complexity of managing a project due to numerous hazards and disruptions.*

### Contenus

#### **TD n°1 - Etude de cas : appropriation (2h)**

- ~ Introduction du cours
- ~ Compréhension du contexte de l'étude de cas
- ~ Réalisation d'équipe et identification du chef de projet
- ~ Etablissement des objectifs du projet
- ~ Identification des clients et des parties prenantes
- ~ Identification des principaux livrables à fournir du projet

#### **TD n°2 - Etude de cas : structuration (2h)**

- ~ Identification des tâches
- ~ Etablissement du réseau logique et du réseau PERT (rappel des principes)
- ~ Méthodes d'accélération d'un projet

#### **TD n°3 - Etude de cas : simulation (3,5h)**

- ~ Intégration des risques dans le projet
- ~ Simulation du projet sous forme de jeu
- ~ Débriefing par équipe sur la réalisation du projet

#### **Cours n°1 - Rétrospective (2h)**

- ~ Analyse de l'étude de cas
- ~ Mise en exergue des notions à retenir et des pièges à éviter
- ~ Présentation de la démarche AMDEC projet et de ses 4 phases)

#### **Cours n°2 - Mitigation des risques (2h)**

- ~ Complément d'information sur l'emploi de la méthode AMDEC et de la criticité des risques
- ~ Evaluation de la criticité des risques de l'étude de cas
- ~ Calcul de la probabilité d'une boucle devienne critique
- ~ Intégration du PERT Probabiliste et calcul dans le cadre de l'étude de cas
- ~ Conclusion sur l'importance de l'analyse des risques dans les projets

#### **Tutorial n°1 - Case study: appropriation (2h)**

- ~ Course introduction
- ~ Understanding the context of the case study
- ~ Team Building and Project Leader Identification
- ~ Setting of project objectives
- ~ Identification of clients and stakeholders
- ~ Identification of key project deliverables

#### **Tutorial n°2 - Case study: structuring (2h)**

- ~ Identification of tasks
- ~ Establishment of the logical network and the PERT network (reminder of principles)
- ~ Methods for project acceleration

#### **Tutorial n°3 - Simulation Case Study (3,5h)**

- ~ Integration of risks into the project
- ~ Simulation of the project in the form of a game
- ~ Team debriefing on project completion

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

	<p><b>Course 1 – Retrospective (2 hours)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>~ Analysis of the case study</li> <li>~ Highlighting concepts to be retained and pitfalls to be avoided</li> <li>~ Presentation of the FMEA project approach and its 4 phases)</li> </ul> <p><b>Course 2 – Risk mitigation (2h)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>~ Additional information on the use of the FMEA method and risk criticality</li> <li>~ Assessment of the criticality of the risks in the case study</li> <li>~ Calculation of the probability that a loop becomes critical</li> <li>~ Integration of the PERT Probabilistic and Calculus into the case study</li> <li>~ Conclusion on the importance of risk analysis in projects</li> </ul>
<b>Méthodes et/ou moyens pédagogiques</b>	<p>Cet enseignement est basé sur de la pédagogie active, apprendre à marcher en marchant. Il s'appuie sur les moyens pédagogiques suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>~ serious game (jeu plateau) avec la simulation de la réalisation d'un projet industriel</li> <li>~ travail en équipe sous la responsabilité d'un chef de projet</li> <li>~ compétition entre équipes</li> <li>~ débriefing sur les expériences et compréhensions acquises lors de la simulation</li> </ul> <p>Le cours est basé sur les méthodes interrogatives et magistrales avec une pédagogie inversée (la partie cours est présentée après la partie mise en œuvre).</p> <p><i>This teaching is based on active pedagogy, learning to walk while walking. It is based on the following teaching methods:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>~ serious game (board game) with simulation of the realization of an industrial project</li> <li>~ team work under the responsibility of a project manager</li> <li>~ competition between teams</li> <li>~ debriefing on the experiences and understandings acquired during the simulation</li> </ul> <p><i>The course is based on interrogative and magistral methods with a reverse pedagogy (the course part is presented after the implementation part).</i></p>

## Prérequis pour l'EC

<b>Prérequis</b>	<p>Savoir réaliser un réseau logique et un réseau PERT Savoir réaliser une Structure de Découpage de Projet Avoir déjà été confronté(e) à des projets industriels</p> <p><i>Know how to build a PERT network Know how to create a Project Breakdown Structure Have already been confronted with industrial projects</i></p>
------------------	---

## Travail personnel hors présentiel

<b>Volume horaire</b>	<b>3 Heures</b>
<b>Type de travail</b>	<p>S'approprier les notions du cours propres au domaine : termes, démarche et outils avec leur logique d'emploi Refaire les exercices réalisés en séance S'entraîner pour le devoir en réalisant les exercices types disponibles à la fin du support de cours.</p> <p><i>Integrate the course concepts specific to the field: terms, approach and tools with their employment logic Repeat exercises performed in courses Train for the assignment by performing the typical exercises available at the end of the course document.</i></p>

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

## *Ressources bibliographiques*

« Management de projet », adapté par Yves Langevin, Auteurs : Clifford F Gray, E.W. Larson Edition Dunod - ISBN2-7651-0453-0

"Project Management: the managerial process", Clifford F Gray, E.W. Larson, McGraw-Hill Education editor

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Code EC	IGENI-EC0834
Code UE	IGENI-UE0803
Coefficient interne à l'EC	1,9

Coordinateur ENIT de l'EC	Cédric BELER
---------------------------	--------------

## Présentation de l'EC

Nom de l'EC	ICTT (Information and Communication Technologies Trends)
Nom(s) du/des enseignant(s)	Cédric BELER

Volume Horaire/Format	Format	Heures
	CM	12 H
	TD	12 H
	TP	6 H
	Projet encadré	H
	Projet en autonomie	H
	<b>Total</b>	<b>30 heures</b>

## Acquis d'apprentissage visés

Compétence(s)	<p>À l'issue de l'EC, les étudiants seront en mesure, dans un contexte de conception ou d'analyse de systèmes numériques, de :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- analyser les évolutions technologiques des TIC en tenant compte de leurs <i>impacts sociaux et environnementaux</i>,</li> <li>- identifier les technologies émergentes pertinentes (IAG, IoT, Big Data) pour répondre à des enjeux industriels ou territoriaux,</li> <li>- comprendre et concevoir des solutions numériques en prenant en compte la sobriété numérique, la protection des données et les contraintes de durabilité.</li> </ul>
	<p><i>At the end of this course, students will be able, in the context of digital systems design or analysis, to:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- analyze technological evolutions in ICT considering their <i>social and environmental impacts</i>,</li> <li>- identify relevant emerging technologies (GAI, IoT, Big Data) to address industrial or territorial challenges,</li> <li>- understand and design digital solutions while accounting for digital sobriety, data protection, and sustainability constraints.</li> </ul>

## Modalités d'évaluation

Formule d'évaluation	(1*DS1+1*PJ1)/2
----------------------	-----------------

## Langue d'enseignement

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

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

## Objectifs de la formation visés

### Objectifs généraux

À l'issue de cet enseignement, les étudiants devront :

**Domaine cognitif :**

- Comprendre l'évolution des technologies de l'information et de la communication (TIC) et leurs dynamiques d'innovation.
- Connaître les concepts clés liés aux architectures distribuées, à l'Internet des Objets, à l'Intelligence Artificielle Générative et aux systèmes d'information.
- *Avoir des notions sur les enjeux juridiques, éthiques et environnementaux liés aux usages numériques (RGPD, sobriété numérique, souveraineté des données).*

**Domaine pragmatique :**

- Savoir identifier et analyser des cas d'usage actuels des TIC dans les domaines industriels, territoriaux et citoyens.
- Être capable d'utiliser des outils simples (API, open data, visualisation web) pour expérimenter des scénarios techniques.

**Domaine affectif :**

- Être conscient des impacts des technologies numériques sur les individus, les organisations et l'environnement.
- *Développer une posture réflexive sur l'usage raisonné et responsable des technologies émergentes.*

*At the end of this course, students are expected to:*

**Cognitive domain:**

- *Understand the evolution of information and communication technologies (ICT) and their innovation dynamics.*
- *Know the key concepts related to distributed architectures, Internet of Things, Generative AI, and information systems.*
- *Be aware of legal, ethical, and environmental challenges in digital uses (GDPR, digital sobriety, data sovereignty).*

**Pragmatic domain:**

- *Identify and analyze current ICT use cases in industrial, territorial, and civic contexts.*
- *Be able to use basic tools (APIs, open data, web visualization) to experiment with technical scenarios.*

**Affective domain:**

- *Be aware of the impacts of digital technologies on individuals, organizations, and the environment.*
- *Develop a reflective stance on the responsible and reasoned use of emerging technologies.*

### Contenus

**Cours n°1 : 2h**

Chapitre 1 : Introduction aux tendances et aux ruptures dans les TIC

- 1.1 Évolution des technologies et des sociétés : de l'écriture à l'intelligence artificielle
- 1.2 Accélération technologique, singularité et transition écologique

**Cours n°2 : 2h**

Chapitre 2 : Grandes familles de technologies émergentes

- 2.1 Internet des objets, Big Data, systèmes distribués
- 2.2 Intelligence artificielle : historique, typologies, enjeux sociétaux et environnementaux

**Cours n°3 : 2h**

Chapitre 3 : Communications entre systèmes et paradigmes cyber-physiques

- 3.1 Protocoles réseaux (TCP/IP, modèle OSI), CPS et jumeaux numériques
- 3.2 Observation et traçage des échanges (Wireshark)

**Cours n°4 : 2h**

Chapitre 4 : Du web statique au web dynamique

- 4.1 HTML, CSS, JS : structure de base d'un site personnel (CV)
- 4.2 Serveurs web simples et échanges client-serveur

**Cours n°5 : 2h**

Chapitre 5 : API REST et données ouvertes

- 5.1 Fonctionnement des APIs, format JSON, appel HTTP
- 5.2 Cartographie et données ouvertes (OpenStreetMap, geo.api.gouv.fr, etc.)

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

	<p><b>Cours n°6 : 2h</b> Chapitre 6 : Ingénierie créative et préparation de la restitution 6.1 Décomposition de problème, usage raisonné des IAG dans les projets 6.2 Restitution synthétique en anglais, critères d'évaluation et autoévaluation</p> <p>---</p> <p><b>TD n°1 : 2h</b> Structure HTML/CSS d'une page CV, interaction client-serveur simple, appel d'API REST</p> <p><b>TD n°2 : 2h</b> Présentation des sujets, constitution des binômes, choix du thème de projet</p> <p><b>TD n°3 à 5 : 3 x 2h</b> Suivi de l'avancement des projets par itérations encadrées (coaching technique et réflexif)</p> <p><b>TP n°1 et 2 : 2 x 3h</b> Expérimentations individuelles ou binômes : mise en œuvre technique des solutions (web, IAG, données, IHM)</p> <p><b>TD n°6 et 7 : 2 x 2h</b> Présentation finale des projets en anglais avec évaluation par les pairs et autoévaluation</p>
Méthodes et/ou moyens pédagogiques	<p><b>Cours magistraux :</b> apport théorique et contextualisation des tendances actuelles, dans un format interactif et réflexif favorisant les échanges.</p> <p><b>Travaux dirigés (TD) :</b> mise en situation concrète à travers des exercices pratiques.</p> <p><b>Projet fil rouge en groupe :</b> travail collaboratif sur un sujet complexe et initialement non maîtrisé, avec une approche par résolution de sous-problèmes. Intégration intensive des intelligences artificielles génératives (IAG), avec une analyse critique de leur apport pédagogique.</p> <p><b>Présentation finale en anglais.</b></p> <p><b>Évaluation :</b> combinaison d'auto-évaluation et d'évaluation par les pairs, centrée sur la capacité à transmettre les connaissances acquises et mises en œuvre.</p> <p><i>Lectures: theoretical input and contextualization of current trends, in an interactive and reflective format that encourages discussion.</i></p> <p><i>Tutorials (TD): hands-on application through practical exercises.</i></p> <p><i>Capstone group project: collaborative work on a complex, initially unfamiliar topic, using a problem decomposition approach. Intensive use of generative AI tools, with a critical evaluation of their pedagogical contribution.</i></p> <p><i>Final presentation in English.</i></p> <p><i>Assessment: a combination of self-assessment and peer evaluation, focusing on the ability to convey the knowledge acquired and applied.</i></p>

## Prérequis pour l'EC

Prérequis	<p>Compétences de base en informatique, programmation et administration des systèmes Aptitudes à la résolution de problèmes (décomposition en sous-problèmes) Compétences en communication écrite et orale en anglais</p> <p><i>Basic skills in computing, programming, and system administration</i> <i>Problem-solving skills (decomposition into sub-problems)</i> <i>Written and oral communication skills in English</i></p>
-----------	---

## Travail personnel hors présentiel

Volume horaire	12 Heures
Type de travail	Révision, travail complémentaire de projet (entre séances), préparation de soutenance de projet

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

## *Ressources bibliographiques*

Cliquez ici et entrez les ressources bibliographiques

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Code UE	IGENI-UE0804
Crédits ECTS	4
Coefficient interne à l'UE	3,4

## Présentation de l'UE

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

Volume Horaire/Format	Format	Heures
	CM	36 H
	TD	4 H
	TP	16 H
	Projet encadré	0 H
	Projet en autonomie	0 H
	<b>Total</b>	<b>56 heures</b>

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

## Thèmes et Objectifs de la formation visés

<b>Principaux thèmes abordés</b>	<p>Les principes fondamentaux des capteurs, leurs caractéristiques métrologiques, les conditionneurs et leur intégration dans les systèmes de mesure ou de production.</p> <p>Les sources d'énergie renouvelable, leur stockage, leur conversion, et les enjeux de la transition énergétique.</p> <p>La modélisation, la simulation et la commande de systèmes dynamiques continus à l'aide d'outils numériques (Matlab/Simulink).</p> <p>Les systèmes de vision industrielle, de l'acquisition d'image au traitement en temps réel, et leur application dans des contextes robotiques et de contrôle qualité.</p>
<b>Principaux objectifs généraux visés</b>	<p>Comprendre et maîtriser les composants et principes des systèmes de mesure, notamment les capteurs et leurs conditionneurs.</p> <p>Savoir intégrer la problématique de la transition énergétique dans la conception de systèmes, notamment par la mobilisation de sources d'énergie renouvelables et leurs systèmes de stockage.</p> <p>Modéliser et simuler des processus dynamiques continus pour concevoir des stratégies de commande performantes.</p> <p>Identifier, concevoir et mettre en œuvre des solutions de vision industrielle adaptées à des applications complexes.</p>

## Acquis d'apprentissage visés

<b>Compétence(s)</b>	<p><b>Compétence principale (transversale à tous les EC) :</b> À l'issue de l'UE, les étudiants seront en mesure, lorsqu'ils seront confrontés dans leur futur métier à la conception ou à l'optimisation d'un système complexe, d'analyser, modéliser, simuler et instrumenter ce système en mobilisant les outils de mesure, de simulation et de traitement appropriés, en montrant qu'ils savent articuler les dimensions physiques, énergétiques et numériques de manière cohérente et efficiente.</p> <p><b>Compétence complémentaire (liée à l'EC Énergies renouvelables) :</b> À l'issue de l'UE, les étudiants seront en mesure, lorsqu'ils doivent intégrer des contraintes environnementales et énergétiques dans un projet d'ingénierie, d'identifier et dimensionner des solutions de production et de stockage d'énergie renouvelable en montrant leur capacité à inscrire leur approche dans le cadre de la transition énergétique.</p> <p><b>Compétence complémentaire (liée à l'EC Vision industrielle) :</b> À l'issue de l'UE, les étudiants seront en mesure, lorsqu'ils auront à concevoir ou améliorer un système de contrôle par vision, de mettre en œuvre une chaîne de traitement d'image complète en montrant leur aptitude à coordonner des compétences en optique, électronique et algorithmique pour répondre à un besoin industriel.</p>
----------------------	--

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Code EC	IGENI-EC0841
Code UE	IGENI-UE0804
Coefficient interne à l'EC	0,7

Coordinateur ENIT de l'EC	Jean Da Cunha
---------------------------	---------------

## Présentation de l'EC

Nom de l'EC	Capteurs Sensors
Nom(s) du/des enseignant(s)	Jean Da Cunha

Volume Horaire/Format	Format	Heures
	CM	10 H
	TD	2 H
	TP	H
	Projet encadré	H
	Projet en autonomie	H
	<b>Total</b>	<b>12 heures</b>

## Acquis d'apprentissage visés

Compétence(s)	<p>Les étudiants seront capables de choisir, de dimensionner et de mettre en œuvre un capteur ou un ensemble de capteurs associés à un système de mesure ou de production et répondant à un cahier des charges.</p> <p><i>Students will be able to select, size and implement a sensor or a set of sensors associated with a measurement or production system and meeting a set of specifications.</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

<b>Objectifs généraux</b>	<p>Connaître les principaux capteurs et les principaux conditionneurs associés</p> <p><i>Know the main sensors and associated conditioners</i></p>
<b>Contenus</b>	<p>Principes fondamentaux : définitions, capteurs actifs, capteurs passifs, capteurs composites, grandeurs d'influence, constituants d'un capteur, transmetteur et chaîne de mesure.</p> <p>Caractéristiques métrologiques : erreurs de mesure, qualités d'une chaîne de mesure, étendue de mesure, limites d'utilisation, étalonnage, sensibilité.</p> <p>Conditionneurs de capteurs passifs : caractéristiques, montages potentiométriques, ponts de mesure.</p> <p>Conditionneurs du signal : adaptation, amplificateur différentiel, amplificateur d'isolement.</p> <p>Capteurs de grandeurs mécaniques : capteurs de déformation, de déplacement, de force, de couple, d'accélération et de vibrations.</p> <p>Capteurs dans les systèmes de production : détection avec et sans contact, capteurs de courant, de position et de vitesse, capteurs de température avec et sans contact, capteurs de pression et de débit.</p> <p>Méthodologie de choix d'un capteur.</p> <p><i>Fundamental principles: definitions, active sensors, passive sensors, composite sensors, influence quantities, sensor components, transmitter and measurement chain.</i></p> <p><i>Metrological characteristics: measurement errors, qualities of a measurement chain, measurement range, limits of use, calibration, sensitivity.</i></p> <p><i>Passive sensor conditioners: characteristics, potentiometers, measurement bridges.</i></p> <p><i>Signal conditioners: adaptation, differential amplifier, isolation amplifier.</i></p> <p><i>Sensors for mechanical quantities: deformation, displacement, force, torque, acceleration and vibration sensors.</i></p> <p><i>Sensors in production systems: contact and non-contact detection, current, position and speed sensors, contact and non-contact temperature sensors, pressure and flow sensors.</i></p> <p><i>Sensor selection methodology.</i></p>
<b>Méthodes et/ou moyens pédagogiques</b>	<p>Cours et TD.</p>

## Prérequis pour l'EC

<b>Prérequis</b>	<p>Electronique et électricité : amplificateur opérationnel, circuits électriques.</p> <p><i>Electronics and electricity: operational amplifier, electrical circuits.</i></p>
------------------	---

## Travail personnel hors présentiel

<b>Volume horaire</b>	<p>4 Heures</p>
<b>Type de travail</b>	<p>Révisions</p>

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

## *Ressources bibliographiques*

Cliquez ici et entrez les ressources bibliographiques

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Code EC	IGENI-EC0842
Code UE	IGENI-UE0804
Coefficient interne à l'EC	0,9

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

## Présentation de l'EC

Nom de l'EC	Energies renouvelables <i>Renewable energies</i>
Nom(s) du/des enseignant(s)	Baptiste TRAJIN

Volume Horaire/Format	Format	Heures
	CM	6 H
	TD	2 H
	TP	6 H
	Projet encadré	H
	Projet en autonomie	H
	<b>Total</b>	<b>14 heures</b>

## Acquis d'apprentissage visés

Compétence(s)	A l'issue de cet EC, les étudiants seront capables de : <ul style="list-style-type: none"><li>- Comprendre et prendre en compte les objectifs de la transition énergétique dans leurs pratiques personnelles et professionnelles notamment au travers de la prise en compte des sources d'énergie renouvelables.</li><li>- Connaître et critiquer les moyens de production et de stockage de l'énergie électrique d'origine renouvelable.</li></ul>
	At the end of this course, students will be able to: <ul style="list-style-type: none"><li>• Understand and integrate the objectives of the energy transition into their personal and professional practices, particularly by considering renewable energy sources.</li><li>• Know and critically assess the methods of production and storage of renewable electric energy.</li></ul>

## Modalités d'évaluation

Formule d'évaluation	$(0.4 * CC1 + 0.6 * PJ1) / 1$
----------------------	-------------------------------

## Langue d'enseignement

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

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

## Objectifs de la formation visés

<b>Objectifs généraux</b>	<p>Avoir des notions de consommation énergétique, de bilan carbone équivalent dans le cadre de la transition énergétique à l'échelle sociétale.</p> <p>Dimensionner la production et le stockage d'énergie électrique d'origine renouvelable pour l'autonomisation énergétique d'un hameau isolé.</p> <p>Caractériser les systèmes photovoltaïques associés à la production et au stockage de l'hydrogène vert en vue de la production d'électricité par pile à combustible.</p> <p>Connaitre la chaîne de valeur de l'hydrogène.</p> <p><i>Have an understanding of energy consumption and equivalent carbon footprint within the context of the societal energy transition.</i></p> <p><i>Design renewable electric energy production and storage systems to achieve energy self-sufficiency for an isolated hamlet.</i></p> <p><i>Characterize photovoltaic systems combined with green hydrogen production and storage for electricity generation using fuel cells.</i></p> <p><i>Understand the hydrogen value chain.</i></p>
<b>Contenus</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1- Bilan carbone et dépense énergétique</li> <li>2- Autonomisation énergétique d'un hameau</li> <li>3- Energie électrique renouvelable</li> <li>4- Fresque de l'hydrogène</li> </ol> <ol style="list-style-type: none"> <li>1- Carbon footprint and energy expenditure</li> <li>2- Energy self-sufficiency for a hamlet</li> <li>3- Renewable electric energy</li> <li>4- Hydrogen roadmap</li> </ol>
<b>Méthodes et/ou moyens pédagogiques</b>	<p>L'enseignement sera articulé autour d'activités spécifiques :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Etablissement d'un bilan CO2 personnel par chaque étudiant,</li> <li>- Apprentissage par projet en groupe</li> <li>- Fresque de l'hydrogène</li> </ul> <p>Personal Carbon footprint Project based learning Hydrogen roadmap</p>

## Prérequis pour l'EC

<b>Prérequis</b>	<p>Electricité</p> <p><i>Electricity</i></p>
------------------	--

## Travail personnel hors présentiel

<b>Volume horaire</b>	<p style="text-align: right;">2 Heures</p>
<b>Type de travail</b>	<p>Réalisation d'un bilan Carbone en amont des séances présentiels</p> <p><i>Carrying out a carbon assessment prior to the face-to-face sessions</i></p>

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

## *Ressources bibliographiques*

Installations photovoltaïques : conception et dimensionnement - Labouret / Villos / Villos (Dunod - 2022)

G. Guerassimoff, L'hydrogène : un vecteur pour la transition énergétique, Ecole des mines, 2020

Rapport GIEC

L'énergie, histoire et enjeux - Jean-Paul Bouttes , Dominique Bourg (Frémeaux et Associés)

Rapport ADEME : Transition 2050

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Code EC	IGENI-EC0843
Code UE	IGENI-UE0804
Coefficient interne à l'EC	0,7

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

## Présentation de l'EC

Nom de l'EC	Simulation de processus continus
Nom(s) du/des enseignant(s)	Mourad Benoussaad

Volume Horaire/Format	Format	Heures
	CM	6 H
	TD	0 H
	TP	6 H
	Projet encadré	0 H
	Projet en autonomie	0 H
	<b>Total</b>	<b>12 heures</b>

## Acquis d'apprentissage visés

Compétence(s)	<p>À l'issue de cet EC, les étudiants de M1.1 seront en mesure, face à un système dynamique continu décrit par des équations différentielles, de le modéliser, de synthétiser des lois de commande linéaire adéquates et de le simuler à l'aide d'un logiciel de simulation (Matlab/Simulink).</p> <p>Plus en détails, à l'issue de cet enseignement, les étudiants seront capables :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• D'analyser les résultats de la simulation dans l'espace d'état,</li> <li>• d'appliquer les bases de la commande par retour d'état pour améliorer les performances du système,</li> <li>• d'optimiser le comportement des systèmes dynamiques,</li> <li>• de maîtriser le passage de la théorie à la pratique.</li> </ul> <p><i>At the end of this lecture, M1.1 students will be able, with a continuous dynamic system described by differential equations, to model it, synthesize adequate linear control laws and simulate it using simulation software (Matlab/Simulink).</i></p> <p><i>In more detail, at the end of this course, students will be able to:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Analyze the results of the simulation in the state space,</li> <li>• Apply the basics of state feedback control to improve system performance,</li> <li>• Optimize the behavior of dynamic systems,</li> <li>• Master the transition from theory to practice.</li> </ul>
---------------	--

## Modalités d'évaluation

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

## Langue d'enseignement

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

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

## Objectifs de la formation visés

### Objectifs généraux

#### Domaine cognitif (connaissances et compétences intellectuelles)

- Comprendre le lien entre les équations différentielles et les modèles de simulation.
- Connaître les différentes représentations de modèles, notamment la représentation d'état et ses variantes.
- Comprendre les méthodes d'analyse de performance des systèmes dans l'espace d'état.
- Connaître les principes de base de la commande par retour d'état et du placement de pôles.

#### Domaine pragmatique (compétences pratiques et applications)

- Savoir traduire des équations différentielles en un modèle simulable.
- Savoir implémenter un modèle de système dynamique, notamment en représentation d'état, dans un logiciel de simulation (Matlab/Simulink) et optimiser les paramètres de simulation.
- Savoir analyser et interpréter les résultats d'une simulation dans l'espace d'état.
- Savoir appliquer les bases de la commande par retour d'état pour modifier les performances d'un système.

#### Domaine affectif (valeurs, attitudes et engagement)

- Être capable de travailler de manière autonome sur la modélisation, la simulation et l'analyse de systèmes.
- Développer un esprit critique face aux résultats de simulation et à l'efficacité des stratégies de commande.

#### Cognitive domain (knowledge and intellectual skills)

- Understand the link between differential equations and simulation models.
- Know the different model representations, in particular the state representation and its variants.
- Understand the methods for analyzing the performance of systems in state space.
- Know the basic principles of state feedback control and pole placement.

#### Pragmatic domain (practical skills and applications)

- Know how to translate differential equations into a simulable model.
- Know how to implement a dynamic system model, in particular in state representation, in simulation software (Matlab/Simulink) and optimize the simulation parameters.
- Know how to analyze and interpret the results of a simulation in state space.
- Know how to apply the basics of state feedback control to modify the performance of a system.

#### Affective domain (values, attitudes and commitment)

- Be able to work independently on modeling, simulation and analysis of systems.
- Develop a critical mindset regarding simulation results and the effectiveness of control strategies.

### Contenus

#### Cours n°1 : Du modèle mathématique à la simulation (2h Cours)

- 1.1 Rappel sur les équations différentielles : principe de résolution analytique et numérique.
- 1.2 Introduction à la simulation : principe, intérêt, outils.
- 1.3 Passage des équations différentielles à un modèle de simulation : exemples et méthodes.

#### Cours n°2 : Représentations des modèles et représentation d'état (2h Cours)

- 2.1 Rappels sur les fonctions de transfert.
- 2.2 Introduction à la représentation d'état : définition, intérêt.
- 2.3 Différentes formes de la représentation d'état (canonique de commandabilité, d'observabilité, modale).
- 2.4 Passage de la fonction de transfert à la représentation d'état et inversement.

#### Cours n°3 : Analyse de performance et commande par retour d'état (2h Cours)

- 3.1 Analyse de la stabilité dans l'espace d'état (valeurs propres, pôles).
- 3.2 Performance des systèmes dans l'espace d'état (rapidité, amortissement).
- 3.3 Introduction à la commande par retour d'état (placement de pôles) : principe, objectif et application.

#### TP n°1 : Simulation de systèmes décrits par des équations différentielles (3h TP)

- Implémentation sous Matlab/Simulink de modèles non-linéaire d'équations différentielles de système de gyropode
- Analyse et interprétation physique des résultats de simulation
- Analyse de l'influence des paramètres physique

#### TP n°2 : Analyse dans l'espace d'état et commande par retour d'état (3h TP)

- Représentation d'état de systèmes dynamiques linéarisé sous Simulink
- Analyse des performances (stabilité, rapidité, amortissement) à partir de la représentation d'état
- Implémentation de deux commandes par retour d'état, avec observation et comparaison de l'amélioration des performances par placement de pôles
- Adaptation et implémentation de la meilleure commande par retour d'état sur le modèle non-linéaire et observation de l'amélioration des performances

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

## Course No. 1: From the mathematical model to simulation (2h Course)

- 1.1 Review of differential equations: principle of analytical and numerical resolution.
- 1.2 Introduction to simulation: principle, interest, tools.
- 1.3 Transition from differential equations to a simulation model: examples and methods.

## Course No. 2: Model representations and state representation (2h Course)

- 2.1 Review of transfer functions.
- 2.2 Introduction to state representation: definition, interest.
- 2.3 Different forms of state representation (canonical controllability, observability, modal).
- 2.4 Transition from transfer function to state representation and vice versa.

## Course No. 3: Performance analysis and state feedback control (2h Course)

- 3.1 Analysis of stability in state space (eigenvalues, poles).
- 3.2 Performance of systems in state space (speed, damping).
- 3.3 Introduction to state feedback control (pole placement): principle, objective and application.

## PT n°1: Simulation of systems described by differential equations (3h TP)

- Implementation in Matlab/Simulink of non-linear models of differential equations of gyropode systems
- Analysis and physical interpretation of simulation results
- Analysis of the influence of physical parameters

## PT n°2: Analysis in state space and control by state feedback (3h TP)

- State representation of linearized dynamic systems under Simulink
- Performance analysis (stability, speed, damping) from the state representation
- Implementation of two state feedback controls, with observation and comparison of the improvement in performance by pole placement
- Adaptation and implementation of the best state feedback control on the non-linear model and observation of the improvement in performance

## Méthodes et/ou moyens pédagogiques

- Cours magistraux pour l'acquisition des concepts théoriques
- Partage de ressources et tests sur Moodle, pour l'apprentissage hors présentiel
- Travaux pratiques sur Matlab/Simulink pour la mise en œuvre et l'expérimentation.
- Les TP permettront une approche pratique et interactive de la simulation et de l'analyse des systèmes, avec une progression graduelle dans la complexité des exercices.
- L'accent est mis sur l'interprétation des résultats, la validation des modèles et l'application des concepts de commande.
  
- Lectures for the acquisition of theoretical concepts
- Sharing of resources and tests on Moodle, for off-site learning
- Practical work on Matlab/Simulink for implementation and experimentation.
- The practical work will allow a practical and interactive approach to simulation and system analysis, with a gradual progression in the complexity of the exercises.
- The emphasis is on the interpretation of results, the validation of models and the application of control concepts.

## Prérequis pour l'EC

## Prérequis

- Connaissances de base en mathématiques (calcul différentiel et intégral, algèbre linéaire)
- Connaissances de base en automatique linéaire (représentation des systèmes, transformée de Laplace, notions de base sur la stabilité)
  
- Basic knowledge of mathematics (differential and integral calculus, linear algebra)
- Basic knowledge of linear automation (representation of systems, Laplace transform, basic notions of stability)

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

## Travail personnel hors présentiel

<b>Volume horaire</b>	4 Heures
<b>Type de travail</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Révisions des notions abordées en cours</li><li>• Refaire les exercices faits en cours</li><li>• Faire des anciens DS fournis dans Moodle</li><li>• Réalisation de travaux pratiques</li></ul> <ul style="list-style-type: none"><li>• <i>Review of concepts covered in lecture</i></li><li>• <i>Redo the exercises done in class</i></li><li>• <i>Do old Exam provided in Moodle</i></li><li>• <i>Carry out practical work</i></li></ul>

## Ressources bibliographiques

Harold Klee, Randal Allen, Simulation of Dynamic Systems with MATLAB and Simulink, Second Edition. CRC Press, Inc. Boca Raton, FL, USA ©2007

Devendra K. Chaturvedi, Modeling and Simulation of Systems Using MATLAB and Simulink, First Edition. CRC Press, Inc. Boca Raton, FL, USA ©2009

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Code EC	IGENI-EC0844
Code UE	IGENI-UE0804
Coefficient interne à l'EC	1,1

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

## Présentation de l'EC

Nom de l'EC	Industrial Vision
Nom(s) du/des enseignant(s)	Philippe FILLATREAU

Volume Horaire/Format	Format	Heures
	CM	14 H
	TD	H
	TP	4 H
	Projet encadré	H
	Projet en autonomie	H
	<b>Total</b>	<b>18 heures</b>

## Acquis d'apprentissage visés

Compétence(s)	<p>Acquérir une solide connaissance globale des systèmes de vision appliqués à la robotique ou au contrôle qualité / CND, et du métier d'ingénieur dans ces domaines. Les étudiants sauront analyser, concevoir et mettre en œuvre des solutions de vision industrielle adaptées aux besoins.</p> <p><i>To acquire a solid global knowledge of vision systems applied to robotics or quality/non-destructive control and of the engineering profession in these domains. Students will be able to analyze, design, and implement industrial vision solutions tailored to specific needs.</i></p>
---------------	--

## Modalités d'évaluation

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

## Langue d'enseignement

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

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

## Objectifs de la formation visés

### Objectifs généraux

Ce cours vise à présenter les technologies et approches utilisées dans les systèmes de vision, allant de l'acquisition d'images au traitement de données, et leur application dans divers domaines industriels. Il met l'accent sur la pluridisciplinarité (optique, électronique, informatique) et les collaborations nécessaires pour atteindre des performances de traitement optimales.

*This course aims to present the technologies and approaches used in vision systems, from image acquisition to data processing, and their application in various industrial domains. It emphasizes interdisciplinarity (optics, electronics, computing) and the collaborations required to achieve optimal processing performance.*

### Contenus

- Définition et utilité des systèmes de vision industrielle
- Technologies d'acquisition d'images ou de données
- Technologies d'éclairage et configuration des systèmes
- Familles d'algorithmes de traitement d'images
- Technologies d'implantation des traitements (microprocesseurs, DSP, FPGA)
- Applications industrielles : contrôle qualité, robotique, imagerie satellite
- Coopération pluridisciplinaire pour des traitements en temps réel performants
- Travaux pratiques : Développement d'applications de traitement d'images sous Matlab

- *Definition and utility of industrial vision systems*
- *Image or data acquisition technologies*
- *Lighting technologies and system configuration*
- *Image processing algorithm families*
- *Implementation technologies (microprocessors, DSP, FPGA)*
- *Industrial applications: quality control, robotics, satellite imaging*
- *Interdisciplinary cooperation for high-performance real-time processing*
- *Practical sessions: Image processing application development using Matlab*

### Méthodes et/ou moyens pédagogiques

Cours magistraux, travaux pratiques avec Matlab, études de cas et exemples industriels.

*Lectures, practical sessions with Matlab, case studies, and industrial examples.*

## Prérequis pour l'EC

### Prérequis

Aucun prérequis spécifique

*No specific prerequisites*

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

## Travail personnel hors présentiel

<b>Volume horaire</b>	6 Heures
<b>Type de travail</b>	Révision des concepts vus en cours, exercices de traitement d'images supplémentaires. <i>Review of concepts covered in lectures, additional image processing exercises.</i>

## Ressources bibliographiques

Jean Louis CHARRON - Mesures sans contacts Généralités. Techniques de l'Ingénieur, R1330 -1.

Jean-Louis CHARRON - Mesures sans contact - Méthodes optiques (partie 1). Techniques de l'ingénieur, R1332 -1.

Jean-Louis CHARRON - Mesures sans contact - Méthodes optiques (partie 2). Techniques de l'ingénieur, R1333 -1.

Jean-Louis CHARRON - Mesures sans contact - Autres méthodes. Techniques de l'ingénieur, R1334 -1.

Jean-Louis CHARRON - Mesures sans contact. Techniques de l'ingénieur, R1335 -1.

Nicolas VANDENBROUCKE - Système de Vision Industrielle - Techniques de l'ingénieur - S7799 v1.

## Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Code UE	IGENI-UE0805
Crédits ECTS	6
Coefficient interne à l'UE	7

### Présentation de l'UE

Nom de l'UE	PROJET ET ANGLAIS
Nom(s) du/des enseignant(s)	Line Langlois, Rosemary Palliser et les encadrants des projets tuteurés.

Volume Horaire/Format	Format	Heures
	CM	0 H
	TD	30 H
	TP	0 H
	Projet encadré	4 H
	Projet en autonomie	78 H
	<b>Total</b>	<b>112 heures</b>

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

## Thèmes et Objectifs de la formation visés

<b>Principaux thèmes abordés</b>	<p>Les thèmes abordés varient d'un semestre à l'autre, en fonction des projets proposés par les tuteurs; le thème principal de l'UE est le travail au sein d'équipes multiculturelles.</p> <p><i>The topics covered vary from semester to semester, depending on the projects proposed; the underlying theme of the UE is working in multi-cultural teams.</i></p>
<b>Principaux objectifs généraux visés</b>	<p>Être capable de :</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Concevoir et réaliser un projet technique complet.</li><li>• Travailler de manière autonome et collaborative tout en respectant les exigences d'un projet réel.</li><li>• Maîtriser la communication interculturelle professionnelle en anglais.</li></ul> <p><i>Be able to :</i></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• <i>Design and carry out a complete technical project.</i></li><li>• <i>Work both autonomously and collaboratively while meeting the requirements of a real-world project.</i></li><li>• <i>Communicate professionally in English in an intercultural working environment.</i></li></ul>

## Acquis d'apprentissage visés

<b>Compétence(s)</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Analyse, conception et réalisation d'un projet.</li><li>• Gestion de projet.</li><li>• Collaboration en équipe.</li><li>• Communication professionnelle dans un contexte international/interculturel.</li><li>• Maîtrise de l'anglais dans le milieu professionnel.</li></ul> <ul style="list-style-type: none"><li>• <i>Analysis, design and implementation of a project.</i></li><li>• <i>Project management.</i></li><li>• <i>Collaborative work.</i></li><li>• <i>Professional communication in a multicultural environment.</i></li><li>• <i>Command of professional English.</i></li></ul>
----------------------	---

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Code EC	IGENI-EC0851
Code UE	IGENI-UE0805
Coefficient interne à l'EC	1,9

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

## Présentation de l'EC

Nom de l'EC	Anglais
Nom(s) du/des enseignant(s)	Line Langlois, Rosemary Palliser

Volume Horaire/Format	Format	Heures
	CM	H
	TD	30 H
	TP	H
	Projet encadré	H
	Projet en autonomie	H
	<b>Total</b>	<b>30 heures</b>

## Acquis d'apprentissage visés

Compétence(s)	A l'issue de l'EC, les étudiants seront capables dans leur futur métier de : <ul style="list-style-type: none"> <li>communiquer en langue anglaise dans un contexte international et/ou interculturel</li> </ul>
	At the end of this course, students should be able to <ul style="list-style-type: none"> <li>know how to communicate in English in an international and/or intercultural context</li> </ul>

## 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

<b>Objectifs généraux</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>développer la communication interculturelle professionnelle</li><li>savoir utiliser le registre de langue approprié pour assurer une communication (écrite et orale) efficace et faire preuve de respect envers le public cible</li><li>réaliser une présentation sur un sujet d'intérêt ou de débat international</li><li>être capable de discuter d'un sujet présenté en cours et de donner son avis</li> <li><i>develop professional intercultural communication skills</i></li><li><i>be able to use the appropriate language register to ensure effective communication and show respect for the target audience</i></li><li><i>make a presentation on a topic of international interest or debate</i></li><li><i>be able to discuss a topic presented in class and give an opinion</i></li></ul>
<b>Contenus</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>présentation orale (en groupe et individuelle)</li><li>la communication et l'ingénieur</li><li>les registres de langue</li><li>l'actualité</li> <li><i>oral presentation (group and individual)</i></li><li><i>communication and the engineer</i></li><li><i>language registers</i></li><li><i>current affairs</i></li></ul>
<b>Méthodes et/ou moyens pédagogiques</b>	<p>Approche communicative et actionnelle.</p> <p><i>Communicative and action-based approach.</i></p>

## Prérequis pour l'EC

<b>Prérequis</b>	Néant  None
------------------	-------------------

## Travail personnel hors présentiel

<b>Volume horaire</b>	15 Heures
<b>Type de travail</b>	Révision, préparation de présentation orale.

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

## *Ressources bibliographiques*

*Documents authentiques (presse et médias audiovisuels anglophones).*

*Documents from English-language press and audio-visual media.*

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Code EC	IGENI-EC0852
Code UE	IGENI-UE0805
Coefficient interne à l'EC	3,6

Coordinateur ENIT de l'EC	Carmen MARTIN
---------------------------	---------------

## Présentation de l'EC

Nom de l'EC	Projet tuteuré <i>Tutored project</i>
Nom(s) du/des enseignant(s)	Les enseignants concernés par cet EC sont les encadrants ENIT des Projets tuteurés.  <i>The teachers involved in this course component are the ENIT supervisors of the tutored projects.</i>

Volume Horaire/Format	Format	Heures
	CM	H
	TD	H
	TP	H
	Projet encadré	4 H
	Projet en autonomie	54 H
	<b>Total</b>	<b>58 heures</b>

## Acquis d'apprentissage visés

Compétence(s)	<p>Grâce au Projet Tutoré M1-2, l'étudiant acquiert une expérience pratique valorisant :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sa capacité d'analyse, de conception et de réalisation dans un cadre réel.</li> <li>• Ses compétences en gestion de projet, travail collaboratif et communication.</li> <li>• Sa capacité à résoudre des problèmes techniques complexes tout en respectant des contraintes temporelles.</li> </ul> <p>Ces compétences, essentielles pour sa réussite académique et professionnelle, préparent l'étudiant à s'intégrer efficacement dans des environnements techniques et collaboratifs variés.</p>
	<p><i>Through the M1-2 Tutored Project, the student gains valuable practical experience, enhancing:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Their ability to analyze, design, and implement solutions in a real-world context.</i></li> <li>• <i>Their skills in project management, collaborative work, and communication.</i></li> <li>• <i>Their capacity to solve complex technical problems while meeting time constraints.</i></li> </ul> <p><i>These skills, essential for academic and professional success, prepare the student to integrate effectively into various technical and collaborative environments.</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

<b>Objectifs généraux</b>	<p>À la fin du projet, les étudiants doivent être capables de :</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Concevoir et réaliser un projet technique complet</b> en lien avec un domaine enseigné à l'ENIT.</li><li>• <b>Justifier leurs choix techniques</b> et méthodologiques lors d'une soutenance structurée.</li><li>• <b>Travailler de manière autonome et collaborative</b> tout en respectant les exigences d'un projet réel.</li></ul> <p>Ces objectifs permettent aux étudiants de relier la théorie à la pratique, d'acquérir des compétences transférables et de se préparer aux défis professionnels futurs.</p> <p><i>At the end of the project, students should be able to:</i></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• <i>Design and complete a full technical project related to a field taught at ENIT.</i></li><li>• <i>Justify their technical and methodological choices during a structured defense.</i></li><li>• <i>Work both autonomously and collaboratively while meeting the requirements of a real-world project.</i></li></ul> <p><i>These objectives enable students to bridge the gap between theory and practice, acquire transferable skills, and prepare for future professional challenges.</i></p>
<b>Contenus</b>	
<b>Méthodes et/ou moyens pédagogiques</b>	<p>Réunions de travail hebdomadaires avec les encadrants</p> <p><i>Weekly work meetings with supervisors</i></p>

## Prérequis pour l'EC

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

## Travail personnel hors présentiel

<b>Volume horaire</b>	<p>Cliquez ici et entrez le nombre d'heures de travail personnel <b>Heures</b></p>
<b>Type de travail</b>	<p>Rédaction du rapport et préparation de la soutenance</p> <p><i>Writing the report and preparing the presentation</i></p>

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

## *Ressources bibliographiques*

Cliquez ici et entrez les ressources bibliographiques

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Code EC	IGENI-EC0853
Code UE	IGENI-UE0805
Coefficient interne à l'EC	1

Coordinateur ENIT de l'EC	Carmen MARTIN
---------------------------	---------------

## Présentation de l'EC

Nom de l'EC	Rapport de projet tuteuré
Nom(s) du/des enseignant(s)	Enseignants et/ou enseignants chercheurs de l'ENIT

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

## Acquis d'apprentissage visés

<b>Compétence(s)</b>	<p>Dans le cadre de ce projet tuteuré réalisé en groupe, les étudiants mobilisent et développent les compétences suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Travailler en autonomie dans le cadre d'un projet technique ou scientifique : s'organiser de manière responsable pour réaliser un projet sur une durée étalée, en respectant les étapes, les délais et les objectifs fixés.</li> <li>• Mobiliser les connaissances acquises dans les enseignements de l'école pour formuler, structurer et résoudre une problématique technique ou scientifique concrète en lien avec les domaines étudiés.</li> <li>• Collaborer efficacement au sein d'un groupe de travail : faire preuve de communication, d'écoute active, de respect mutuel entre les membres de l'équipe.</li> <li>• Assurer la coordination au sein du groupe : répartir les tâches de manière équilibrée, suivre l'avancement du travail collectif, gérer les imprévus et s'adapter aux contraintes du groupe.</li> <li>• Préparer et animer les réunions d'avancement avec le tuteur : produire des supports de suivi, rendre compte de l'évolution du projet, poser des questions et intégrer les retours du tuteur dans le travail.</li> </ul> <p><i>In the context of this supervised group project, students mobilise and develop the following skills:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Working independently on a technical or scientific project: organising themselves responsibly to carry out a project over a period of time, respecting the stages, deadlines and objectives set.</li> <li>• Mobilise the knowledge acquired in school lessons to formulate, structure and solve a concrete technical or scientific problem related to the fields studied.</li> <li>• Collaborate effectively within a working group: demonstrate communication, active listening and mutual respect between team members.</li> <li>• Ensure coordination within the group: distribute tasks in a balanced way, monitor the progress of the collective work, manage the unexpected and adapt to the constraints of the group.</li> <li>• Prepare and lead progress meetings with the tutor: produce monitoring materials, report on the progress of the project, ask questions and integrate the tutor's feedback into the work</li> </ul>
----------------------	--

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

## Modalités d'évaluation

Formule d'évaluation

(1\*RAP1)/1

## Langue d'enseignement

Langue

Anglais/English

## Objectifs de la formation visés

Objectifs généraux

### Objectifs en termes de connaissances

- Approfondir les connaissances disciplinaires liées au projet (techniques, scientifiques, ou professionnelles).
- Comprendre les enjeux du contexte : entreprise, secteur, domaine d'application.
- Assimiler la démarche de projet : cahier des charges, planification, analyse de besoins, etc.

### Objectifs en termes de savoir-faire

- Rédiger un rapport structuré : introduction, méthodologie, résultats, analyse, conclusion, annexes.
- Appliquer une méthode de conduite de projet : Gantt, gestion des tâches, suivi d'avancement.
- Présenter des résultats de manière claire et argumentée : tableaux, graphiques, schémas explicatifs.
- Citer ses sources correctement (bibliographie, normes, données externes).
- Travailler en équipe et rendre compte des contributions individuelles.

### Objectives in terms of knowledge

- Deepen disciplinary knowledge related to the project (technical, scientific or professional).
- Understand the issues at stake in the context: company, sector, field of application.
- Assimilate the project approach: specifications, planning, needs analysis, etc.

### Objectives in terms of know-how

- Write a structured report: introduction, methodology, results, analysis, conclusion, appendices.
- Apply a project management method: Gantt, task management, progress monitoring.
- Present results in a clear and reasoned manner: tables, graphs, explanatory diagrams
- Cite sources correctly (bibliography, standards, external data).
- Work in a team and report on individual contributions.

Contenus

Méthodes et/ou moyens  
pédagogiques

Réunions de travail avec le tuteur du projet tuteuré tout le long du semestre.

Work meetings with the tutor of the tutored project throughout the semester.

Prérequis pour l'EC

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

<b>Prérequis</b>	Pas de prérequis demandés <i>No prerequisites required</i>
------------------	---

## Travail personnel hors présentiel

<b>Volume horaire</b>	Cliquez ici et entrez le nombre d'heures de travail personnel <b>Heures</b>
<b>Type de travail</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Travail en équipe et en autonomie dans le cadre d'un projet technique ou scientifique.</li><li>• Assurer la coordination au sein du groupe et préparer et animer les réunions d'avancement avec le tuteur .</li> <li>• <i>Teamwork and working independently as part of a technical or scientific project.</i></li><li>• <i>Ensuring coordination within the group and preparing and chairing progress meetings with the tutor.</i></li></ul>

## Ressources bibliographiques

Cliquez ici et entrez les ressources bibliographiques

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Code EC	IGENI-EC0854
Code UE	IGENI-UE0805
Coefficient interne à l'EC	0,5

Coordinateur ENIT de l'EC	Carmen MARTIN
---------------------------	---------------

## Présentation de l'EC

Nom de l'EC	Soutenance de projet tuteuré
Nom(s) du/des enseignant(s)	Enseignants et/ou enseignants chercheurs de l'ENIT

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

## Acquis d'apprentissage visés

<b>Compétence(s)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Structurer clairement la présentation orale (introduction, problématique, méthodologie, résultats, conclusion) en utilisant des supports visuels pertinents, lisibles et bien organisés (diaporamas, schémas, graphiques) et répondre efficacement aux questions posées en montrant une bonne réactivité et une maîtrise du sujet.</li> <li>Démontrer une bonne compréhension du sujet traité, justifier clairement la démarche méthodologique adoptée et présenter et analyser les résultats obtenus avec précision et rigueur.</li> <li>Justifier les choix effectués (techniques, matériels, organisationnels) et évaluer de manière critique les éventuels écarts entre les prévisions et les réalisations effectives.</li> <li>Analyser et interpréter les résultats, en expliquant clairement les limites ou difficultés rencontrées, et faire preuve de recul en proposant des améliorations ou perspectives</li> <li>Présenter clairement, puisque le travail se réalise en équipe, la répartition des tâches et responsabilités au sein du groupe et démontrer une bonne cohésion d'équipe lors de la présentation, en assurant une complémentarité entre les intervenants.</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li><i>Clearly structure the oral presentation (introduction, issues, methodology, results, conclusion) using relevant, legible and well-organised visual aids (slideshows, diagrams, graphs) and effectively answer to questions asked by showing good responsiveness and mastery of the subject.</i></li> <li><i>Demonstrate a good understanding of the subject matter, clearly justify the methodological approach adopted and present and analyze the results obtained with precision and rigour.</i></li> <li><i>Justify the choices made (technical, material, organisational) and critically evaluate any discrepancies between forecasts and actual results</i></li> <li><i>Interpret the results, clearly explaining the limitations or difficulties encountered, and take a step back by proposing improvements or perspectives</i></li> <li><i>Present clearly, since the work is carried out in a team, the distribution of tasks and responsibilities within the group and demonstrate good team cohesion during the presentation, ensuring complementarity between the speakers.</i></li> </ul>
----------------------	---

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

## Modalités d'évaluation

Formule d'évaluation

(1\*SOUT)/1

## Langue d'enseignement

Langue

Anglais/English

## Objectifs de la formation visés

Objectifs généraux

L'objectif est d'évaluer la capacité des étudiants à présenter de manière autonome, structurée et critique un projet d'ingénierie qu'ils ont réalisé.

*The objective is to assess the students' ability to present an engineering project they have carried out in an autonomous, structured and critical manner.*

Contenus

Méthodes et/ou moyens  
pédagogiques

Présentation en anglais d'une durée de 20 minutes, suivie des questions et/ou des remarques de la part du jury.

Presentation in English lasting 20 minutes, followed by questions and/or comments from the jury

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

## Prérequis pour l'EC

### Prérequis

Pas de prérequis demandé

*No prerequisites required*

## Travail personnel hors présentiel

### Volume horaire

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

### Type de travail

Préparation d'un support pour la soutenance

*Preparation of a support for the defence*

## Ressources bibliographiques

Cliquez ici et entrez les ressources bibliographiques

## Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Code UE	IGENI-UE0806
Crédits ECTS	3
Coefficient interne à l'UE	2,8

### Présentation de l'UE

Nom de l'UE	ENVIRONNEMENT ECONOMIQUE ET SOCIAL DE L'ENTREPRISE THE COMPANY'S ECONOMIC AND SOCIAL ENVIRONMENT
Nom(s) du/des enseignant(s)	Anne-Edith Bard, Anne Boyries, Alexandre Goenaga, Marie-Andrée Liet, Hélène Ransan, Patrice Ransan

Volume Horaire/Format	Format	Heures
	CM	0 H
	TD	46 H
	TP	0 H
	Projet encadré	0 H
	Projet en autonomie	0 H
	<b>Total</b>	<b>46 heures</b>

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

## Thèmes et Objectifs de la formation visés

### Principaux thèmes abordés

#### **-Design industriel (4h)**

Sensibilisation au design industriel (historique, réponse aux besoins, réflexion design pour le développement de nouveaux produits)

#### **-Intelligence économique (12h)**

Recherche d'information sur les principales bases de données scientifiques, techniques, et de gestion d'information.

#### **-Sciences humaines et sociales appliquées aux projets (30h)**

Ethique, juridique, financier, communication écrite et orale

#### **-Industrial design (4h)**

*Introduction to industrial design (history, response to needs, design thinking for new product development)*

#### **-Business intelligence (12h)**

*Search for information on the main scientific, technical and information management databases.*

#### **-Human and social sciences applied to projects (30h)**

*Ethics, legal, financial, written and oral communication*

### Principaux objectifs généraux visés

#### **-Design industriel**

- \* Développer une culture du design (objets iconiques).
- \* Connaître le processus de design thinking
- \* Avoir conscience de l'impact du design.

#### **-Intelligence économique**

- \* Acquérir une méthode de travail permettant à l'étudiant de construire son étude documentaire ou une recherche d'information.
- \* S'approprier des outils d'intelligence économiques adaptés à la recherche d'information

#### **-Sciences humaines et sociales appliquées aux projets**

- \* Comprendre Les concepts clés de l'éthique et reconnaître les enjeux éthiques dans les projets techniques.
- \* Sensibiliser aux risques juridiques (RSE, RGPD)
- \* Mettre en place des critères financiers de choix d'investissement
- \* Construire des présentations orales et des rapports écrits clairs et impactants

#### **-Industrial design**

- \* *Develop a design culture (iconic objects).*
- \* *Understand the design thinking process.*
- \* *Be aware of the impact of design.*

#### **-Business intelligence**

- \* *Acquire a working method enabling the student to construct a documentary study or an information search.*
- \* *Learn how to use business intelligence tools adapted to the search for information.*

#### **-Human and social sciences applied to projects**

- \* *Understand the key concepts of ethics and recognise the ethical issues involved in technical projects.*
- \* *Raise awareness of legal risks (CSR, RGPD)*
- \* *Implement financial criteria for investment choices*
- \* *Construct clear and impactful oral presentations and written reports.*

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

## Acquis d'apprentissage visés

### Compétence(s)

A l'issue de ces enseignements, l'étudiant sera capable de :

#### **-Design industriel**

- \* Être conscient de ce que le design a pu historiquement apporter dans la vie des gens.
- \* Développer une culture de l'histoire du design et d'objets iconiques.
- \* Connaître les étapes du processus de design thinking, en comparaison du processus de développement produit classique.
- \* Avoir conscience de l'impact du design pour le développement d'une entreprise.

#### **-Intelligence économique**

- \* identifier et travailler sur les principales bases de données scientifiques, techniques, de gestion d'information.
- \* adopter une démarche structurée allant de la recherche et de la surveillance automatisée de sources d'information à la présentation sous forme cartographique des résultats

#### **-Sciences humaines et sociales appliquées aux projets**

- \* apporter aux projets techniques une réflexion liée aux sciences humaines (juridique, éthique).
- \* d'utiliser des outils de mathématiques financières dans le cadre des études préalables d'un projet d'investissement.
- \* de rédiger un rapport et de soutenir un projet à l'oral impactant

*At the end of these courses, students will be able to :*

#### **-Industrial design**

- \* *Be aware of what design has historically contributed to people's lives.*
- \* *Develop a culture of design history and iconic objects.*
- \* *Know the stages in the design thinking process, compared with the traditional product development process.*
- \* *Be aware of the impact of design on a company's development.*

#### **-Business intelligence**

- \* *Identify and work with the main scientific, technical and information management databases.*
- \* *Adopt a structured approach ranging from automated research and monitoring of information sources to the presentation of results in map form.*

#### **- Human and social sciences applied to projects**

- \* *Apply a human sciences approach (legal, ethical) to technical projects.*
- \* *Use financial mathematics tools as part of preliminary studies for an investment project.*
- \* *Write a report and give an effective oral presentation on a project.*

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Code EC	IGENI-EC0861
Code UE	IGENI-UE0806
Coefficient interne à l'EC	1,9

Coordinateur ENIT de l'EC	Anne-Edith Bard
---------------------------	-----------------

## Présentation de l'EC

Nom de l'EC	Sciences humaines et sociales appliquées aux projets <i>Human and social sciences applied to projects</i>
Nom(s) du/des enseignant(s)	Anne-Edith Bard, Anne Boyries, Marie-Andrée Liet, Patrice Ransan, Hélène Ransan

Volume Horaire/Format	Format	Heures
	CM	H
	TD	30 H
	TP	H
	Projet encadré	H
	Projet en autonomie	H
	<b>Total</b>	<b>30 heures</b>

## Acquis d'apprentissage visés

Compétence(s)	<p>A l'issue de cet EC, les étudiants seront capables d'apporter aux projets techniques une réflexion liée aux sciences humaines (juridique, financière, éthique). Ils seront capables de rédiger un rapport et de soutenir un projet à l'oral. Ils seront capables d'utiliser des outils de mathématiques financiers dans le cadre des études préalables d'un projet d'investissement.</p> <p><i>At the end of this CE, students will be able to bring to technical projects a reflection linked to the human sciences (legal, financial, ethical). They will be able to write a report and present a project orally. They will be able to use financial mathematical tools as part of the preliminary studies for an investment project.</i></p>
---------------	--

## Modalités d'évaluation

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

## Langue d'enseignement

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

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

## Objectifs de la formation visés

### Objectifs généraux

**Hélène Ransan :**

Comprendre les concepts clés de l'éthique appliquée.  
Reconnaître les enjeux éthiques dans les projets techniques.  
Apprendre à intégrer une réflexion éthique dans le processus de conception et de réalisation d'un projet technique.

**Marie Andrée Liet :**

Sensibiliser aux risques juridiques notamment en ce qui concerne la RSE et la gestion des données personnelles dans le cadre d'une activité professionnelle.

**Anne Boyries :**

Savoir construire un support et une présentation orale impactante pour convaincre.

**Patrice Ransan :**

Savoir rédiger un rapport clair, complet, concis, correct, convaincant.

**Anne-Edith Bard :**

Être capable de mettre en œuvre des critères de choix d'investissement.

**Hélène Ransan :**

*Understand the key concepts of applied ethics.  
Recognize the ethical issues at stake in technical projects.  
Learn how to integrate ethical reflection into the design and implementation process of a technical project.*

**Marie Andrée Liet :**

*Raising awareness of legal risks, particularly with regard to CSR and the management of personal data in the context of professional activity.*

**Anne Boyries :**

*How to create a convincing oral presentation.*

**Patrice Ransan :**

*Write a clear, complete, concise, correct and convincing report.*

**Anne-Edith Bard :**

*Implement investment selection criteria.*

### Contenus

**Hélène Ransan - 6 heures**

2

**Hélène Ransan - 6 hours**

TD1: Introduction to applied ethics

Definitions

Case study: ethical analysis of a technical project

TD2: Ethics applied to a tutored project

Group work

TD3: Oral presentations

**Marie-Andrée LIET - 4 hours**

TD1: presentation of CSR concepts

TD2: presentation of RGPD and application to their project with class discussion

**Anne Boyries**

TD1 and 2: criteria for a successful and impactful oral presentation. Applications and coaching.

TD 3: mock oral and areas for improvement.

**Patrice Ransan**

TD1: Presentation of reader expectations and methods for meeting them.

Progress report on the project and angle of attack for presenting the subject.

TD2: Presentation by the different groups of the report's progress and debriefing.

**Anne-Edith Bard**

Session 1: Concept and calculation of project cash flow, financial mathematics tools (DRCI, NPV, IRR), application exercises.

Session 2: case study

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

## Méthodes et/ou moyens pédagogiques

### Hélène Ransan

Utiliser l'outil de cartographie des parties prenantes et repérer les questionnements d'ordre éthique inhérents à un projet technique.

### Marie-Andrée LIET

Présentation des règles et comprendre les enjeux et les risques à travers différents articles de presse.

### Anne Boyries

Apports pédagogiques en neurosciences sur l'attention afin de travailler sur une bonne organisation des idées et d'un support qui répond à ces besoins de l'attention. Mise en situations pour application et gestion des émotions.

### Patrice Ransan

Présentation des règles de qualité d'un rapport.

Questionnement sur leurs attentes en tant que lecteur (se mettre à la place de l'autre) et des implications.

### Anne-Edith Bard

Présentation des outils - application

### Hélène Ransan

*Using the stakeholder mapping tool to identify the ethical issues inherent in a technical project.*

### Marie-Andrée LIET

*Presentation of the rules and understanding the stakes and risks through various press articles.*

### Anne Boyries

*Neuroscience lessons on attention, to work on the proper organization of ideas and a medium that meets these attentional needs. Situations for application and emotional management.*

### Patrice Ransan

*Presentation of the rules governing the quality of a report.*

*Questioning of expectations as a reader (putting oneself in the other person's shoes) and implications.*

### Anne-Edith Bard

*Presentation of tools - application*

## Prérequis pour l'EC

### Prérequis

#### Anne-Edith Bard

Notions de charges, produits, amortissements

#### Anne-Edith Bard

Notions of expenses, income, depreciation

## Travail personnel hors présentiel

### Volume horaire

3 Heures

### Type de travail

#### Hélène Ransan :

Réaliser une cartographie des parties prenantes liée au projet tuteuré et présenter des questionnements d'ordre éthique associés.

#### Marie-Andrée Liet :

Application ou non à leur projet en justifiant leur position

#### Anne Boyries

Utilisation du schéma heuristique pour organiser les idées, réalisation des power points sur

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

leurs sujets, conception des animations, posture et applications.

**Patrice Ransan**

Réflexion sur différence de position entre rédacteur et lecteur.  
Travail rédactionnel.

**Hélène Ransan :**

*Produce a stakeholder map linked to the tutored project and present associated ethical issues.*

**Marie-Andrée Liet :**

*Apply or not their project and justify their position.*

**Anne Boyries :**

*Use heuristic diagrams to organize ideas, produce power points on their subjects, design animations, posture and applications.*

**Patrice Ransan :**

*Reflection on the difference in position between writer and reader.  
Editorial work.*

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

## *Ressources bibliographiques*

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Code EC	IGENI-EC0863
Code UE	IGENI-UE0806
Coefficient interne à l'EC	0,7

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

## Présentation de l'EC

Nom de l'EC	Intelligence économique
Nom(s) du/des enseignant(s)	Dr Bertrand Augé

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

## Acquis d'apprentissage visés

Compétence(s)	<p>A l'issue de l'EC, les étudiants concernés seront capables de</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mener une recherche d'information stratégique sur un sujet industriel.</li> <li>- Identifier, évaluer et croiser des sources d'information fiables.</li> <li>- Utiliser des outils d'intelligence artificielle et de veille documentaire pour structurer l'information.</li> <li>- Restituer une veille sous une forme claire, structurée et argumentée.</li> </ul>
	<p><i>At the end of the course, students will be able to</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Conduct strategic information research on an industrial subject - Identify, evaluate and cross-reference reliable sources of information - Use artificial intelligence and documentary intelligence tools to structure information - Present intelligence in a clear, structured and well-argued form.</li> </ul>

## 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

<b>Objectifs généraux</b>	<p>Sensibiliser les étudiants aux enjeux contemporains de la veille stratégique, de la recherche d'information et de l'analyse critique des sources à l'ère du numérique et de l'intelligence artificielle. L'objectif est de développer leur capacité à exploiter efficacement des outils classiques et d'IA pour la collecte, le traitement, et la diffusion d'informations utiles à la prise de décision industrielle ou technologique.</p> <p><i>To make students aware of the contemporary challenges of strategic intelligence, information research and the critical analysis of sources in the digital and artificial intelligence age. The aim is to develop their ability to make effective use of traditional and AI tools for collecting, processing and disseminating information useful for industrial or technological decision-making.</i></p>
<b>Contenus</b>	<p>- Séance 1 : Introduction aux fondements de l'intelligence économique et des systèmes de veille, typologies d'informations stratégiques.</p> <p>- Séance 2 : Méthodologie de recherche d'information (Google avancé, Scholar, brevets, bases spécialisées) et apports de l'IA générative (ChatGPT, Gemini, Perplexity...).</p> <p>- Séance 3 : Restitution par groupe d'un travail de veille stratégique sur un cas industriel ou aéronautique simulé.</p> <p><i>- Session 1: Introduction to the foundations of business intelligence and intelligence systems, typologies of strategic information.</i></p> <p><i>- Session 2: Information search methodology (advanced Google, Scholar, patents, specialised databases) and the contribution of generative AI (ChatGPT, Gemini, Perplexity, etc.).</i></p> <p><i>- Session 3: Group presentation of strategic intelligence work on a simulated industrial or aeronautical case study.</i></p>
<b>Méthodes et/ou moyens pédagogiques</b>	<p>Contrôle continu uniquement. Évaluation sur la base d'un travail de groupe (étude de cas + restitution orale). Critères : pertinence des sources, clarté du raisonnement, mobilisation d'outils numériques/IA, capacité de synthèse critique.</p> <p><i>Continuous assessment only. Assessment based on group work (case study + oral presentation). Criteria: relevance of sources, clarity of reasoning, use of digital/IA tools, ability to summarise critically.</i></p>

## Prérequis pour l'EC

<b>Prérequis</b>	Maîtrise de la recherche sur Internet <i>Internet research skills</i>
------------------	--

## Travail personnel hors présentiel

<b>Volume horaire</b>	Cliquez ici et entrez le nombre d'heures de travail personnel <b>Heures</b>
-----------------------	---

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

## Type de travail

Travail sur étude de cas : rédaction d'un court rapport et d'une présentation associée

*Case study work: writing a short report and associated presentation*

## Ressources bibliographiques

Martre, H. (1994). Intelligence économique et stratégie des entreprises. La Documentation Française.

- Dufour, F. (2021). L'intelligence économique à l'ère numérique. ISTE Editions.

- <https://www.bases-netsources.com>

- <https://www.portail-ie.fr>

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Code EC	IGENI-EC0864
Code UE	IGENI-UE0806
Coefficient interne à l'EC	0,2

Coordinateur ENIT de l'EC	Anne Edith Bard
---------------------------	-----------------

## Présentation de l'EC

Nom de l'EC	Design Industriel
Nom(s) du/des enseignant(s)	Alexandre GOENAGA

Volume Horaire/Format	Format	Heures
	CM	H
	TD	4 H
	TP	H
	Projet encadré	H
	Projet en autonomie	H
	<b>Total</b>	<b>4 heures</b>

## Acquis d'apprentissage visés

Compétence(s)	<p>A l'issue de ce TD, les étudiant auront été sensibilisés au design industriel. Ils auront vu comment le design a historiquement pu répondre et doit encore aujourd'hui répondre aux usages et besoins de tout un chacun et seront en mesure d'avoir une pensée design et d'appliquer une méthode de réflexion design dans le développement de leurs futurs produits.</p> <p><i>At the end of this TD, students will have been made aware of industrial design. They will have seen how design has historically been able to respond, and still needs to respond, to the uses and needs of everyone, and will be able to think in terms of design and apply a design thinking method to the development of their future products.</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

<b>Objectifs généraux</b>	<p>Être conscient de ce que le design a pu historiquement apporter dans la vie des gens. Développer une culture de l'histoire du design et d'objets iconiques. Connaître les étapes du processus de design thinking, en comparaison du process de développement produit classique. Avoir conscience de l'impact du design pour le développement d'une entreprise.</p> <p><i>Be aware of what design has historically contributed to people's lives. Develop a culture of design history and iconic objects. Know the steps involved in the design thinking process, in comparison with the classic product development process. Be aware of the impact of design on a company's development.</i></p>
<b>Contenus</b>	<p>1 cours de 4h :</p> <ul style="list-style-type: none"><li>– 1<sup>ère</sup> partie : Introduction au design industriel 1h</li><li>– 2<sup>ème</sup> partie : Processus de Design 0,5h</li><li>– 3<sup>ème</sup> partie : Le design en entreprise 0,5h</li><li>– 4<sup>ème</sup> partie : Cas concret 1h</li><li>– 5<sup>ème</sup> partie : Étude pratique en groupe 1h</li></ul> <p>1 lesson of 4h :</p> <ul style="list-style-type: none"><li>– Part 1: Introduction to industrial design 1h</li><li>– Part 2: Design process 0.5h</li><li>– Part 3: Corporate design 0.5h</li><li>– Part 4: Case study 1h</li><li>– Part 5: Practical group study 1h</li></ul>
<b>Méthodes et/ou moyens pédagogiques</b>	<p>Présentation d'un Power Point, de cas concrets réalisés en entreprise (avec présentation de produits) puis travail en groupes.</p> <p><i>Power Point presentation, case studies (with product presentations) and group work.</i></p>

## Prérequis pour l'EC

<b>Prérequis</b>	<p>Avoir des notions d'un cycle de développement de produit</p> <p><i>Knowledge of the product development cycle</i></p>
------------------	--

## Travail personnel hors présentiel

<b>Volume horaire</b>	0 Heures
<b>Type de travail</b>	NA

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

## *Ressources bibliographiques*

-

## Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Code UE	IGENI-UE0807GI
Crédits ECTS	6
Coefficient interne à l'UE	6,3

### Présentation de l'UE

Nom de l'UE	OPTION GENIE INDUSTRIEL
Nom(s) du/des enseignant(s)	

Volume Horaire/Format	Format	Heures
	CM	46 H
	TD	44 H
	TP	12 H
	Projet encadré	0 H
	Projet en autonomie	0 H
	<b>Total</b>	<b>102 heures</b>

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

## Thèmes et Objectifs de la formation visés

<b>Principaux thèmes abordés</b>	<p>L'ingénierie de la décision et la capitalisation des connaissances en entreprise : perception, raisonnement, apprentissage et action sur l'environnement ;</p> <p>L'analyse, la modélisation et l'architecture des systèmes d'information d'entreprise ;</p> <p>La gestion de projet avancée : structuration, planification, suivi, pilotage par les coûts et délais, et méthodes agiles (SCRUM).</p>
<b>Principaux objectifs généraux visés</b>	<p>À l'issue de l'UE, l'étudiant sera capable de :</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Appliquer des méthodes d'aide à la décision et de capitalisation des connaissances pour améliorer la gestion de l'information et la performance des processus industriels ;</li><li>• Concevoir et modéliser des systèmes d'information en cohérence avec les besoins métiers et les stratégies d'entreprise, en intégrant des contraintes d'interopérabilité ;</li><li>• Piloter des projets industriels complexes en mobilisant des outils classiques et agiles de gestion de projet, en maîtrisant les coûts, les délais, et les ressources.</li></ul>

## Acquis d'apprentissage visés

<b>Compétence(s)</b>	<p><b>Compétence principale :</b> À l'issue de l'UE, les étudiants seront en mesure, dans leur futur métier d'ingénieur, lorsque confrontés à des problématiques d'organisation, de coordination et de performance industrielle, <b>de concevoir, planifier et piloter des projets techniques ou organisationnels</b> en s'appuyant sur des systèmes d'information adaptés, en mobilisant les connaissances disponibles et en intégrant des méthodes décisionnelles, en montrant qu'ils maîtrisent les outils et démarches méthodologiques permettant d'optimiser les ressources, d'anticiper les aléas et de justifier leurs choix de manière rigoureuse.</p> <p><b>Compétence complémentaire 1 (liée à EC1 - capitalisation &amp; décision) :</b> À l'issue de l'UE, les étudiants seront en mesure, dans leur futur métier, lorsque confrontés à des situations nécessitant une prise de décision fondée, <b>d'intégrer les connaissances disponibles pour modéliser, expliciter et justifier des choix stratégiques ou opérationnels</b>, en montrant qu'ils sont capables d'utiliser des approches de représentation, de raisonnement et d'apprentissage adaptées au contexte industriel.</p> <p><b>Compétence complémentaire 2 (liée à EC2 - SI et processus métier) :</b> À l'issue de l'UE, les étudiants seront en mesure, dans leur futur métier, lorsque chargés d'optimiser ou de transformer un processus métier, <b>de modéliser et structurer des systèmes d'information en cohérence avec les besoins de l'entreprise</b>, en montrant qu'ils savent aligner architecture technique, processus métiers et stratégie globale.</p>
----------------------	--

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Code EC	IGENI-EC0871GI
Code UE	IGENI-UE0807
Coefficient interne à l'EC	2,3

Coordinateur ENIT de l'EC	VIDAL Thierry
---------------------------	---------------

## Présentation de l'EC

Nom de l'EC	Capitalisation Connaissances SD
Nom(s) du/des enseignant(s)	VIDAL Thierry / KAMSU FOGUEM Bernard

Volume Horaire/Format	Format	Heures
	CM	18 H
	TD	16 H
	TP	H
	Projet encadré	H
	Projet en autonomie	H
	<b>Total</b>	<b>43 heures</b>

## Acquis d'apprentissage visés

Compétence(s)	<p>A l'issue de l'EC, les étudiants seront capables dans leur futur métier d'intégrer les principes de rationalisation des expériences et connaissances de l'entreprise afin d'en extraire des indicateurs décisionnels pertinents en vue d'offrir une aide à la décision dans le développement des produits/ processus et de permettre à l'entreprise d'avoir une vue d'ensemble des activités de gestion de connaissances et de décision. Ils devront pouvoir raisonner sur les informations perçues et les connaissances disponibles pour parvenir à des décisions adéquates, si possible explicables et convaincantes.</p> <p><i>At the end of the EC, students will be able in their future profession to integrate the principles of rationalization of the experiences and knowledge of the company in order to extract relevant decision-making indicators in order to offer decision support in the development of products/processes and to allow the company to have an overview of knowledge management and decision-making activities. They will have to be able to reason on the information perceived and the knowledge available to arrive at adequate decisions, if possible explainable and convincing.</i></p>
---------------	---

## Modalités d'évaluation

Formule d'évaluation	1*DS1
----------------------	-------

## Langue d'enseignement

Langue	ENglish friendly
--------	------------------

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

## Objectifs de la formation visés

<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);"><b>Objectifs généraux</b></p>	<p>Au terme de cet enseignement, un étudiant sera capable de maîtriser quatre types de méthodes :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>(i) les méthodes pour percevoir l'environnement pour capter des informations utiles à la tâche, par exemple identifier les objets, des personnes, des sons ou des voix.</li> <li>(ii) les méthodes pour raisonner sur les informations perçues et les connaissances disponibles pour parvenir à des décisions adéquates, si possible explicables et convaincantes.</li> <li>(iii) les méthodes pour apprendre, sur la base d'exemples et d'expériences, à mieux réaliser l'objectif assigné.</li> <li>(iv) les méthodes pour agir sur l'environnement et interagir avec d'autres de façon délibérée, en prenant en compte le contexte de la tâche.</li> </ul> <p><i>At the end of this course, a student will be able to master four types of methods:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><i>(i) methods for perceiving the environment to capture information useful for the task, for example identifying objects, people, sounds or voices.</i></li> <li><i>(ii) methods for reasoning on the information perceived and the available knowledge to arrive at adequate decisions, if possible explainable and convincing.</i></li> <li><i>(iii) methods for learning, based on examples and experiences, to better achieve the assigned objective.</i></li> <li><i>(iv) methods for acting on the environment and interacting with others in a deliberate way, taking into account the context of the task.</i></li> </ul>
<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);"><b>Contenus</b></p>	<p>Cours n° 1 : 6 heures Chapitre 1 : Généralités sur l'ingénierie de la décision</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1.1 Définition et motivation de l'aide à la décision</li> <li>1.2 Concepts, principes et méthodes de l'ingénierie décisionnelle</li> <li>1.3 Approches utilisées en ingénierie de la décision : Approche tenant compte de connaissances a priori d'experts/ Approche intégrant de l'expérience contenue dans les données.</li> </ul> <p>Cours ° 2 : 10 heures Chapitre 2 : Capitalisation et Raisonnement sur les connaissances</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>2.1 Représentation des connaissances : définition, bases philosophiques et psychologiques, historique de l'évolution des formalismes.</li> <li>2.2 Types de représentation : logique formelle, règles de production, graphes conceptuels.</li> <li>2.3 Diverses applications de l'ingénierie des connaissances : web sémantique, travail coopératif, ingénierie éducative, conception de systèmes, ingénierie linguistique, systèmes d'information, mémoires d'entreprise, etc.</li> </ul> <p><i>Course No. 1: 6 hours Chapter 1: Generalities on decision engineering</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><i>1.1 Definition and motivation of decision support</i></li> <li><i>1.2 Concepts, principles and methods of decision engineering</i></li> <li><i>1.3 Approaches used in decision engineering: Approach taking into account a priori expert knowledge/ Approach integrating experience contained in the data.</i></li> </ul> <p><i>Course No. 2: 10 hours Chapter 2: Capitalization and Reasoning on knowledge</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><i>2.1 Knowledge representation: definition, philosophical and psychological bases, history of the evolution of formalisms.</i></li> <li><i>2.2 Types of representation: formal logic, production rules, conceptual graphs.</i></li> <li><i>2.3 Various applications of knowledge engineering: semantic web, cooperative work, educational engineering, system design, linguistic engineering, information systems, corporate memories, etc.</i></li> </ul>
<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);"><b>Méthodes et/ou moyens pédagogiques</b></p>	

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

## Prérequis pour l'EC

### Prérequis

IGENI-UE0702A - GENIE INDUSTRIEL

## Travail personnel hors présentiel

### Volume horaire

10 Heures

### Type de travail

Révision, rédaction de rapport, exercices supplémentaires

*Revision, report writing, additional exercises*

## Ressources bibliographiques

Abolfazl Bagheri Tofghi, Abbas Ahmadi, Hadi Mosadegh, A novel case-based reasoning system for explainable lung cancer diagnosis, *Computers in Biology and Medicine*, Volume 185, 2025, 109547, ISSN 0010-4825, <https://doi.org/10.1016/j.combiomed.2024.109547>.

Mario G.C.A. Cimino, Giuseppina Campisi, Federico A. Galatolo, Paolo Neri, Pietro Tozzo, Marco Parola, Gaetano La Mantia, Olga Di Fede, Explainable screening of oral cancer via deep learning and case-based reasoning, *Smart Health*, Volume 35, 2025, 100538, ISSN 2352-6483, <https://doi.org/10.1016/j.smhl.2024.100538>.

Marta Caro-Martínez, Juan A. Recio-García, Belén Díaz-Agudo, Jesus M. Darias, Nirmalie Wiratunga, Kyle Martin, Anjana Wijekoon, Ikechukwu Nkisi-Orji, David Corsar, Preeja Pradeep, Derek Bridge, Anne Liret, iSee: A case-based reasoning platform for the design of explanation experiences, *Knowledge-Based Systems*, Volume 302, 2024, 112305, ISSN 0950-7051, <https://doi.org/10.1016/j.knosys.2024.112305>.

Mamadou Bilo Doumbouya, Bernard Kamsu-Foguem, Hugues Kenfack, Clovis Foguem, Argumentation graphs with constraint-based reasoning for collaborative expertise, *Future Generation Computer Systems*, Volume 81, 2018, Pages 16-29, ISSN 0167-739X, <https://doi.org/10.1016/j.future.2017.09.081>.

Xiaoyue Yi, Llewellyn Tang, Reynold Cheng, Mengtian Yin, Yu Zheng, Domain ontology to integrate building-integrated photovoltaic, battery energy storage, and building energy flexibility information for explicable operation and maintenance, *Computers in Industry*, Volume 166, 2025, 104250, ISSN 0166-3615, <https://doi.org/10.1016/j.compind.2025.104250>.

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Code EC	IGENI-EC0872GI
Code UE	IGENI-UE0803
Coefficient interne à l'EC	2,3

Coordinateur ENIT de l'EC	HOUE Raymond
---------------------------	--------------

## Présentation de l'EC

Nom de l'EC	IGENI-EC0872GI - SI et model.processus métier
Nom(s) du/des enseignant(s)	HOUE Raymond / KAMSU FOGUEM Bernard

Volume Horaire/Format	Format	Heures
	CM	14 H
	TD	14 H
	TP	H
	Projet encadré	H
	Projet en autonomie	H
	<b>Total</b>	<b>35 heures</b>

## Acquis d'apprentissage visés

Compétence(s)	A l'issue du cours, l'étudiant sera capable de comprendre le fonctionnement général d'un système d'information d'entreprise, de concevoir et analyser ses services et de proposer une architecture de système d'information en intégrant les besoins d'interopérabilité. Il sera en outre capable de modéliser des processus métier complexes avec différents formalismes.
	<i>A l'issue de l'EC, At the end of the course, the student will be able to understand the general functioning of a business information system, to design and analyze its services and to propose an information system architecture by integrating interoperability needs. He will also be able to model complex business processes with different formalisms.</i>

## Modalités d'évaluation

Formule d'évaluation	1*DS1
----------------------	-------

## Langue d'enseignement

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

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

## Objectifs de la formation visés

### Objectifs généraux

Au terme de cet enseignement, un étudiant sera capable de maîtriser quatre types de méthodes :

- (i) d'analyser, définir et cadrer l'évolution des systèmes d'information en fonction de la stratégie d'entreprise, des processus métier et des innovations technologiques.
- (ii) d'apporter une vue consolidée du SI et à proposer un plan cohérent pour aligner infrastructure, applications, solutions informatiques, modélisation fonctionnelle, besoins métiers et stratégie d'entreprise, tout en prenant en compte l'existant !

*At the end of this course, a student will be able to master four types of methods:*

- (i) to analyze, define and frame the evolution of information systems according to the business strategy, business processes and technological innovations.*
- (ii) to provide a consolidated view of the IS and to propose a coherent plan to align infrastructure, applications, IT solutions, functional modeling, business needs and business strategy, while considering the existing!*

### Contenus

Cours n° 1 : 6 heures  
Chapitre 1 : Analyse et Conception des Systèmes d'Information  
1.1 Généralités sur les Systèmes d'Information  
1.2 Comprendre et appliquer la démarche MERISE

Cours ° 2 : 10 heures  
Chapitre 2 : Architecture des Systèmes d'Information  
2.1. Stratégie d'architecture d'entreprise  
2.2. Principes d'architecture des SI  
2.3. Principes d'architecture des SI  
2.4. Démarche d'architecture projet

*Course No. 1: 6 hours  
Chapter 1: Analysis and Design of Information Systems  
1.1 Generalities on Information Systems  
1.2 Understanding and applying the MERISE approach*

*Course No. 2: 10 hours  
Chapter 2: Information Systems Architecture  
2.1. Enterprise Architecture Strategy  
2.2. Principles of IS Architecture  
2.3. Principles of IS Architecture  
2.4. Project Architecture Approach*

### Méthodes et/ou moyens pédagogiques

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

## Prérequis pour l'EC

### Prérequis

IGENI-UE0702A - GENIE INDUSTRIEL

## Travail personnel hors présentiel

### Volume horaire

10 Heures

### Type de travail

Révision, rédaction de rapport, exercices supplémentaires

*Revision, report writing, additional exercises*

## Ressources bibliographiques

Xuemei Li, Li Da Xu, Alexander Sigov, Leonid Ratkin, Leonid A. Ivanov, Enterprise architecture of IoT-based applications: A review, *Future Generation Computer Systems*, Volume 166, 2025, 107584, ISSN 0167-739X, <https://doi.org/10.1016/j.future.2024.107584>.

Yuk Ming Tang, Wai Hung Ip, Kai Leung Yung, Zhuming BI, Industrial information integration in deep space exploration and exploitation: Architecture and technology, *Journal of Industrial Information Integration*, Volume 42, 2024, 100721, ISSN 2452-414X, <https://doi.org/10.1016/j.jii.2024.100721>.

Zhao Li, Ju Sheng Mi, Lei Jun Li, A three-way decision model in incomplete ordered information systems with fuzzy pre-decision, *Information Sciences*, Volume 698, 2025, 121754, ISSN 0020-0255, <https://doi.org/10.1016/j.ins.2024.121754>.

Boukaye Boubacar Traore, Bernard Kamsu-Foguem, Fana Tangara, Pierre Tiako, Software services for supporting remote crisis management, *Sustainable Cities and Society*, Volume 39, 2018, Pages 814-827, ISSN 2210-6707, <https://doi.org/10.1016/j.scs.2018.02.029>.

Traore, B. B., Kamsu Foguem, B., Tangara, F., & Desforges, X. (2018). Service-Oriented Computing for intelligent train maintenance. *Enterprise Information Systems*, 13(1), 63-86. <https://doi.org/10.1080/17517575.2018.1501818>

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Code EC	IGENI-EC0873GI
Code UE	IGENI-UE0807GI
Coefficient interne à l'EC	2,1

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

## Présentation de l'EC

Nom de l'EC	Gestion de projets avancée
Nom(s) du/des enseignant(s)	BOUSQUET Corinne - CLERMONT Philippe - FILLATREAU Philippe - GENESTE Laurent

Volume Horaire/Format	Format	Heures
	CM	12 H
	TD	10 H
	TP	12 H
	Projet encadré	H
	Projet en autonomie	H
	<b>Total</b>	<b>34 heures</b>

## Acquis d'apprentissage visés

Compétence(s)	<p>A la fin de la formation, l'étudiant sera en mesure :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- d'établir l'OBS (Organizational Breakdown Structure) à partir de l'envergure ou note de cadrage</li> <li>- d'établir le planning prévisionnel d'un projet</li> <li>- de réduire à la fois les coûts et les délais d'un projet</li> <li>- de déclarer et de suivre les avancées d'un projet sous MS Project</li> <li>- de suivre l'exécution d'un projet à partir des indicateurs de coût (flux financier) et des outils de suivi tels que le Gantt de suivi ou la carte de contrôle des délais</li> <li>- et de mettre en œuvre une méthode de gestion de projet agile</li> </ul> <p>afin d'initier et de piloter n'importe quel projet dans le cadre de leurs activités professionnelles.</p>
	<p>At the end of the course, the student will be able to:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- to establish the OBS (Organizational Breakdown Structure) from the project scope</li> <li>- to establish the forecast schedule of a project</li> <li>- to reduce both project costs and timelines</li> <li>- to report and track the progress of a project under MS Project</li> <li>- to track the execution of a project using cost indicators (financial flows) and monitoring tools such as the Gantt chart or the time-frame control card</li> <li>- and implement an agile project management approach</li> </ul> <p>to initiate and manage any project as part of their professional activities.</p>

## Modalités d'évaluation

Formule d'évaluation	$(3*DS1+1*CC1+1*TP1)/5$
----------------------	-------------------------

## Langue d'enseignement

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

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

## Objectifs de la formation visés

### Objectifs généraux

Les objectifs généraux de cet enseignement sont les suivants :

- ~ domaine cognitif : savoir décomposer un projet en vue de le planifier, comprendre la logique de suivi d'un projet à partir des indicateurs de coût, savoir comment réduire à la fois les coûts et les délais d'un projet, savoir utiliser des outils de pilotage des délais, comprendre les différents concepts du SCRUM Master et leurs intérêts pour des domaines incertains
- ~ domaine pragmatique : savoir établir un planning prévisionnel robuste et réaliste, pouvoir identifier l'origine des retards dans un projet et le prouver, savoir piloter à partir des indicateurs de coût et rendre compte à sa direction, à l'aide du logiciel MS Project, savoir spécifier un projet, déclarer les avancées et faire le suivi, savoir définir les *User Stories* (US) d'un projet, organiser des périodes de travail en mode agile et convier les personnes utiles pour fournir ces US
- ~ domaine affectif : être conscient de la complexité de piloter un projet et des modes d'organisation en prédictif ou en agile.

The general objectives of this teaching are:

- ~ cognitive domain: know how to decompose a project for planning purposes, understand the logic of monitoring a project from cost indicators, know how to reduce both costs and deadlines in a project, know how to use time management tools, understand the different concepts of the SCRUM Master and their interests for uncertain areas
- ~ pragmatic area: to be able to establish a robust and realistic forecast schedule, to be able to identify the origin of delays in a project and prove it, to know how to steer from cost indicators and report back to management, using MS Project software, know how to specify a project, report progress and follow-up, know how to define the User Stories (US) of a project, organize work periods in agile mode and invite useful people to provide these US
- ~ Affective area: be aware of the complexity of piloting a project and organizational modes in predictive or agile.

### Contenus

#### **Cours n°I.1 - Introduction & piloter un projet (2 h)**

- ~ Présentation de l'enseignement, des objectifs attendus et du mode d'évaluation
- ~ Inclusion avec les règles de vie et de la météo intérieure
- ~ Besoins de contrôler l'état d'avancement d'un projet
- ~ Principales causes d'échec
- ~ Articulation de cet enseignement

#### **Cours n°I.2 - Outils de pilotage des délais (2 h)**

- ~ Méthodes de contrôle des projets
- ~ Outils de contrôle des délais : réseau des potentiels, Gantt de suivi, carte de contrôle des jalons, carte de contrôle des délais
- ~ Mise en œuvre des outils

#### **TD n°I.1 - Coûtenance (2h)**

- ~ Indicateurs de suivi : valeur acquise (VA), Coût Réel (CR) et Valeur Prévue (VP)
- ~ Méthode de pilotage d'un projet à partir du flux financier
- ~ Mise en œuvre

#### **TD n°I.2 - Réduction des coûts et des délais (2h)**

- ~ Méthodes classiques de réduction des délais et des coûts
- ~ Méthode basée sur les coûts directs et indirects
- ~ Mise en œuvre

#### **Cours n°I.4 - Clôture d'un projet (2h)**

- ~ Importance de la clôture d'un projet et difficultés afférentes
- ~ Comment bien clôturer un projet : quel processus mettre en œuvre dès le début ?
- ~ Présentation des bonnes pratiques et écueils

#### **Cours n°I.5 - Conclusion (2h)**

- ~ Synthèse des éléments présentés
- ~ Mise en œuvre dans le cadre du futur PFE

#### **Cours n°II.1 - Structuration de projet (2h)**

- ~ Poser l'envergure du projet avec l'identification des clients et parties prenantes, et la définition des exigences techniques du projet

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

~ Comprendre les mécanismes et la cohérence de la PBS, la WBS, la RBS et l'OBS d'un projet

## **TD n°II.1 - Structuration de projet (2\*3h)**

- ~ Etablir successivement la PBS, la WBS, la RBS et l'OBS du projet
- ~ Etablir le planning du projet
- ~ Manager les ressources (besoins/capacités)
- ~ Identifier les risques majeurs et les actions de mitigation.

## **Cours n°III - Méthode SCRUM (2h)**

- ~ Présenter les concepts d'agilité en gestion de projet
- ~ Définir le contexte d'application : projets avec une grande incertitude
- ~ Définir les rôles des acteurs impliqués : parties prenantes, Product Owner, Équipe de développement, SCRUM Master
- ~ Présenter le cycle agile : user stories, product backlog, livrables, sprints, activités d'un sprint (planning, réalisation, Review, Retrospective, Daily Scrum)
- ~ Évaluer la charge de travail avec la méthode du « planning poker » pour

## **TD n°III.1 : Mise en œuvre (4h)**

Mise en œuvre de la méthode SCRUM dans un jeu pédagogique (par groupe de 4 ou 5 étudiants)

- ~ Présenter le contexte du jeu basé sur la construction d'un parc d'attraction en briques Lego
- ~ Ventiler les besoins dans les groupes et les transformer en US
- ~ Évaluer la charge de travail estimée pour chaque US (planning poker)
- ~ Lancer le premier Sprint (la phase de réalisation a une durée de 7 minutes)
- ~ Analyser l'effet des incertitudes (besoins mal identifiés, charges sous-estimées ou surestimées, apparition de difficultés techniques...) sur la réalisation
- ~ Lancer le second sprint...

Après 5 à 6 sprints, fin du jeu (l'ensemble des besoins a été satisfaits)

- ~ Débriefing sur la simulation et conclure sur la méthode

## **TP n°IV.1 - Structuration d'un projet (4h)**

- ~ Appropriation de l'interface de MS Project et des affichages
- ~ Présentation des fonctionnalités du logiciel et des règles de déclaration d'un projet
- ~ Application dans le cadre d'une étude de cas et création du Gantt de référence
- ~ Manipulation et prise en main du logiciel

## **TP n°IV.2 - Suivi d'un projet (4h)**

- ~ Présentation des fonctionnalités de suivi d'un projet
- ~ Retour dans l'étude de cas
- ~ Déclaration des avancées et visualisation des écarts à partir des indicateurs de coût et des outils de visualisation
- ~ Identification des stratégies possibles pour corriger les écarts
- ~ Mise en œuvre des modifications et choix de la meilleure correction
- ~ Analyse des conséquences
- ~ Synthèse sur ces 2 séances de TP

## **Course n°I.1 - Introduction & piloting a project (2 h)**

- ~ Presentation of the teaching, the expected objectives and the evaluation method
- ~ Inclusion with living rules and indoor weather
- ~ Needs to monitor progress of a project
- ~ Main causes of failure
- ~ Articulation of this teaching

## **Course n°I.2 - Time management tools (2 h)**

- ~ Project control methods
- ~ Time control tools: potential network, tracking Gantt, milestone control map, time control map
- ~ Implementation of tools

## **Tutorial n°I.1 - Cost (2h)**

- ~ Monitoring indicators: Earned Value (VA), Actual Cost (CR) and Projected Value (VP)
- ~ Method of steering a project from the financial flow
- ~ Implementation

## **Tutorial n°I.2 - Cost and time savings (2h)**

- ~ Conventional methods of time and cost reduction

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

- ~ Method based on direct and indirect costs
- ~ Implementation
- Course n°I.4 - Closing a project (2h)**
- ~ Importance of closing a project and related difficulties
- ~ How to successfully close a project: which process should be implemented from the start?
- ~ Presentation of good practices and pitfalls
- Course n°I.5 - Conclusion (2h)**
- ~ Summary of the elements presented
- ~ Implementation in the framework of the future internship
  
- Course n°II.1 - Project structuring (2h)**
- ~ Establish the scope of the project with identification of clients and stakeholders, and definition of technical requirements for the project
- ~ Understand the mechanisms and consistency of a project's PBS, WBS, RBS and OBS
- Tutorial n°II.1 - Project structuring (2\*3h)**
- ~ Establish successively the PBS, the WBS, the RBS and the OBS of the project
- ~ Establish the project schedule
- ~ Manage resources (needs/capabilities)
- ~ Identify major risks and mitigation actions.
  
- Course no. III - SCRUM method (2h)**
- ~ Introduce agile project management concepts
- ~ Defining the application context: projects with high uncertainty
- ~ Define the roles of the stakeholders involved: stakeholders, Product Owner, Development team, SCRUM Master
- ~ Present the agile cycle: user stories, product backlog, deliverables, sprints, sprint activities (planning, execution, review, retrospective, daily scrum)
- ~ Assess workload with the "poker planning" method for
- Tutorial n°III.1: Implementation (4h)**
- ~ Implementation of the SCRUM method in an educational game (by group of 4 or 5 students)
- ~ Present the context of the game based on the construction of a Lego-brick amusement park
- ~ Break down needs into groups and transform them to US
- ~ Assess estimated workload for each US (poker planning)
- ~ Launch the first Sprint (the realization phase lasts 7 minutes)
- ~ Analyze the effect of uncertainties (poorly identified needs, underestimated or overestimated loads, appearance of technical difficulties...) on the realization
- ~ Start the second sprint...
- After 5 to 6 sprints, end of the game (all needs have been met)
- ~ Debrief on the simulation and conclude on the method
  
- Practical work n°IV.1 - Structuring a project (4h)**
- ~ Ownership of MS Project interface and displays
- ~ Presentation of software functionalities and project reporting rules
- ~ Application as part of a case study and creation of the reference Gantt
- ~ Handling and handling of software
  
- Practical work n°IV.2 - Follow-up of a project (4h)**
- ~ Overview of project tracking features
- ~ Return to the case study
- ~ Reporting progress and visualization of variances from cost indicators and visualization tools
- ~ Identification of possible strategies to correct discrepancies
- ~ Implementation of modifications and selection of the best correction
- ~ Analysis of consequences
- ~ Summary of these 2 TP sessions

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

## Méthodes et/ou moyens pédagogiques

Cet enseignement s'appuie sur les moyens pédagogiques suivants :

- ~ la séance de TD relative à la construction de la WBS (cf. TD n°II.1) est basée sur une étude de cas réelle, issue du milieu automobile.
- ~ la séance de TD relative à la méthode SCRUM (cf. TD n°III.1) s'appuie sur un jeu pédagogique visant à construire un parc d'attraction en Lego. Au travers d'un scénario simple et ludique, ce jeu permet réellement mettre en œuvre tous les principes de la méthode SCRUM et d'en montrer l'efficacité.
- ~ les séances de TP (cf. TP n°IV.1 et 2) sont basées sur une étude complète d'un projet industriel.

Après, l'enseignement est basé sur les méthodes interrogatives et magistrales.

This teaching is based on the following pedagogical means:

- ~ Tutorial session of WBS construction (cf. II.1) is based on a real case study, coming from the automotive sector.
- ~ Tutorial session on the SCRUM method (cf. III.1) is based on an educational game to build a Lego amusement park. Through a simple and playful scenario, this game allows to really implement all the principles of the SCRUM method and show its effectiveness.
- ~ Practical sessions (cf. IV.1 and 2) are based on a complete study of an industrial project.

After, the teaching is based on interrogative and magistral methods.

## Prérequis pour l'EC

### Prérequis

Savoir poser une note de cadrage ou une envergure d'un projet  
Savoir utiliser les réseaux logiques et PERT, le diagramme de Gantt  
Avoir déjà été confronté(e) à la structuration et à la gestion des coûts, délais et du contenu d'un projet industriel

Know how to set a scoping note or scale of a project  
Know how to use logical networks and PERT, the Gantt chart  
Have already been confronted with the structuring and management of costs, deadlines and content (deliverables) of an industrial project

## Travail personnel hors présentiel

### Volume horaire

10 Heures

### Type de travail

Exercices de révision du devoir et appropriation notions du cours (3h)  
Rédaction compte rendu du TD Structuration projet (4h)  
Rédaction compte rendu TP MS Project (3h)

Homework review exercises and appropriation of course concepts (3h)  
Writing report of Structuring project (WBS) tutorial session (4h)  
Writing report of MS Project practical work (3h)

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

## *Ressources bibliographiques*

« Management de projet », adapté par Yves Langevin, Auteurs : Clifford F Gray, E.W. Larson Edition Dunod - ISBN2-7651-0453-0

"Project Management: the managerial process", Clifford F Gray, E.W. Larson, McGraw-Hill Education editor

Guide Pratique Agile. (2018). États-Unis: Project Management Institute, 210 pages.

Messenger, V. (2013). Gestion de projet agile: Avec Scrum, Lean, eXtreme Programming... Ed : Eyrolles, 294 pages.

## Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Code UE	IGENI-UE0807GM
Crédits ECTS	6
Coefficient interne à l'UE	6,3

### Présentation de l'UE

Nom de l'UE	OPTION GENIE MECANIQUE
Nom(s) du/des enseignant(s)	O. Pantalé, A. Togne, JP Faye, MN Burel, D.Yerle, D. Bard et C.Martin

Volume Horaire/Format	Format	Heures
	CM	30 H
	TD	39 H
	TP	33 H
	Projet encadré	0 H
	Projet en autonomie	0 H
	<b>Total</b>	<b>102 heures</b>

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

## Thèmes et Objectifs de la formation visés

### Principaux thèmes abordés

Les principaux thèmes abordés dans cette UE couvrent des domaines variés de la mécanique et de l'ingénierie et plus précisément :

- Calculs de structures par éléments finis: L'UE permettra aux étudiants de comprendre les concepts de base de la méthode des éléments finis appliquée aux calculs de structures, notamment les poutres et les plaques. Ils apprendront à utiliser des codes de calcul commerciaux pour modéliser et simuler le comportement de ces structures
- Modélisation numérique en mécanique des fluides (CFD): Les étudiants découvriront les fondements des méthodes numériques de calcul en mécanique des fluides, en particulier la méthode des volumes finis. Ils utiliseront un logiciel CFD pour modéliser différents types d'écoulements
- Mécanique des fluides visqueux et compressibles: Ce thème abordera l'étude des écoulements réels en tenant compte de la viscosité et de la compressibilité des fluides. Les étudiants étudieront les solutions en régime laminaire et turbulent, ainsi que les écoulements dans les tuyères
- Simulation dynamique des systèmes: L'UE permettra aux étudiants de simuler le fonctionnement dynamique de mécanismes comportant des pièces déformables, en utilisant un logiciel de simulation
- Outils de conception (PLM CAO - Fiabilité): Les étudiants approfondiront le concept de PLM (Product Lifecycle Management) et ses enjeux dans l'industrie. Ils se familiariseront avec la gestion des modifications (Change Management) et les outils associés. Ils apprendront également à calculer les probabilités de défaillance pour des systèmes complexes
- Robotisation en fabrication mécanique: Ce thème abordera les méthodes de mise en œuvre d'une fabrication robotisée. Les étudiants étudieront les caractéristiques et les techniques de programmation des robots, et ils évalueront leurs performances dans différents contextes de fabrication

*The main topics covered in this UE cover various fields of mechanics and engineering, and more specifically :*

- *Structural calculations using finite elements: The UE will enable students to understand the basic concepts of the finite element method as applied to structural calculations, in particular beams and plates. They will learn to use commercial calculation codes to model and simulate the behavior of these structures.*
- *Numerical modeling in fluid mechanics (CFD): Students will discover the fundamentals of numerical computational methods in fluid mechanics, in particular the finite volume method. They will use CFD software to model different types of flow.*
- *Viscous and compressible fluid mechanics: This theme covers the study of real flows, taking into account the viscosity and compressibility of fluids. Students will study solutions in laminar and turbulent regimes, as well as flows in nozzles.*
- *Dynamic system simulation: This course enables students to simulate the dynamic operation of mechanisms with deformable parts, using simulation software.*
- *Design tools (PLM CAD - Reliability): Students will learn more about the concept of PLM (Product Lifecycle Management) and its implications for industry. They will become familiar with Change Management and associated tools. They will also learn how to calculate failure probabilities for complex systems.*
- *Robotization in mechanical manufacturing: This theme covers the methods used to implement robotized manufacturing. Students will study the characteristics and programming techniques of robots, and evaluate their performance in different manufacturing contexts.*

### Principaux objectifs généraux visés

Les objectifs généraux de cet EC sont de permettre aux étudiants de :

- Connaître les hypothèses et les méthodes de résolution utilisées dans les logiciels de calcul par éléments finis.
- Mettre en œuvre des simulations numériques sur des codes de calcul commerciaux pour les calculs de structures Analyser de manière constructive et critique les résultats fournis par les codes de calcul par éléments finis Comprendre les fondements des méthodes numériques de calcul en mécanique des fluides, en particulier la méthode des volumes finis
- Comprendre le concept de PLM (Product Lifecycle Management) et ses enjeux dans l'industrie
- Simuler le fonctionnement dynamique de mécanismes comportant des pièces déformables en utilisant un logiciel de simulation
- Connaître les différentes méthodes de mise en œuvre d'une fabrication robotisée
- Évaluer les performances des robots dans différents contextes de fabrication

*The general objectives of this CE are to enable students to :*

- *Know the assumptions and resolution methods used in finite element software.*
- *Implement numerical simulations on commercial calculation codes for structural calculations Analyze*

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

*constructively and critically the results provided by finite element calculation codes Understand the fundamentals of numerical calculation methods in fluid mechanics, in particular the finite volume method*

- *Understand the concept of PLM (Product Lifecycle Management) and its implications for industry*
- *Simulate the dynamic operation of mechanisms with deformable parts using simulation software*
- *Understand the different methods of implementing robotized manufacturing*
- *Evaluate robot performance in different manufacturing contexts*

## Acquis d'apprentissage visés

Compétence(s)

A l'issue de l'UE, les étudiants seront capables dans leur futur métier de modéliser, simuler, analyser et concevoir des systèmes mécaniques en intégrant les aspects de calcul de structures, de mécanique des fluides, de simulation dynamique, de gestion du cycle de vie des produits (PLM), de fiabilité et de robotique. Ils seront en mesure de :

- Utiliser des logiciels de calcul par éléments finis pour modéliser et simuler le comportement de structures complexes, notamment des poutres, des plaques et des coques
- Analyser les résultats des simulations par éléments finis de manière critique et constructive, en tenant compte des hypothèses et des limitations des méthodes utilisées
- Modéliser différents types d'écoulements en utilisant un logiciel de CFD (Computational Fluid Dynamics), en s'appuyant sur la méthode des volumes finis
- Simuler le fonctionnement dynamique de mécanismes comportant des pièces déformables<sup>5</sup>.
- Mettre en place un processus de gestion des modifications (Change Management) et utiliser un outil PLM (Product Lifecycle Management) comme ARAS pour gérer les ECO (Engineering Change Order)
- Calculer la probabilité de défaillance de systèmes complexes en utilisant des méthodes de simulation (Monte-Carlo) et d'approximation (FORM/SORM)
- Programmer des robots pour des applications de fabrication mécanique et évaluer leurs performances dans différents contextes

*On successful conclusion of the course, students will be able to model, simulate, analyze and design mechanical systems, integrating aspects of structural design, fluid mechanics, dynamic simulation, product lifecycle management (PLM), reliability and robotics. They will be able to :*

- *Use finite element software to model and simulate the behavior of complex structures, including beams, plates and shells.*
- *Analyze the results of finite element simulations critically and constructively, taking into account the assumptions and limitations of the methods used.*
- *Model different types of flows using CFD (Computational Fluid Dynamics) software, based on the finite volume method*
- *Simulate the dynamic operation of mechanisms involving deformable parts<sup>5</sup>.*
- *Implement a Change Management process, and use a PLM (Product Lifecycle Management) tool like ARAS to manage ECOs (Engineering Change Orders).*
- *Calculate the probability of failure of complex systems using simulation (Monte-Carlo) and approximation (FORM/SORM) methods.*
- *Program robots for mechanical manufacturing applications and evaluate their performance in different contexts*

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Code EC	IGENI-EC0871GM
Code UE	IGENI-UE0807GM
Coefficient interne à l'EC	1,1

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

## Présentation de l'EC

Nom de l'EC	Calcul de structures Eléments Finis avancé
Nom(s) du/des enseignant(s)	Olivier Pantalé, Christian Garnier

Volume Horaire/Format	Format	Heures
	CM	8 H
	TD	4 H
	TP	6 H
	Projet encadré	H
	Projet en autonomie	H
	<b>Total</b>	<b>18 heures</b>

## Acquis d'apprentissage visés

<b>Compétence(s)</b>	<p>Ce cours concerne un approfondissement du cours de calcul de structures bases proposé sur le même semestre. A l'issue de ce cours, les étudiants sauront modéliser numériquement des structures telles que des plaques en utilisant des hypothèses adaptées à chaque contexte. Ils seront également en mesure de discrétiser un domaine à l'aide d'un maillage approprié, d'établir les matrices élémentaires (rigidité, masse) et de résoudre les systèmes matriciels associés. Une attention particulière sera portée à l'interprétation critique des résultats obtenus, en tenant compte des hypothèses et limitations inhérentes aux modèles utilisés. Le cours est de plus illustré par des exemples sous forme de travaux dirigés sur le code de calcul Abaqus.</p> <p><i>This course is an extension of the Basic Structural Calculus course offered in the same semester. At the end of this course, students will be able to numerically model structures such as plates, using assumptions adapted to each context. They will also be able to discretize a domain using an appropriate mesh, establish elementary matrices (stiffness, mass) and solve the associated matrix systems. Particular attention will be paid to the critical interpretation of the results obtained, taking into account the assumptions and limitations inherent in the models used. The course is further illustrated by examples in the form of tutorials on the Abaqus FE code.</i></p>
----------------------	---

## Modalités d'évaluation

Formule d'évaluation	$(1,2*DS1+0,8*TP1)/2$
----------------------	-----------------------

## Langue d'enseignement

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

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

## Objectifs de la formation visés

### Objectifs généraux

À la fin du cours, les étudiants posséderont des connaissances théoriques, des compétences pratiques en modélisation numérique et un esprit critique envers les résultats, ce qui leur permettra d'appliquer ces outils efficacement dans des contextes industriels ou académiques. Sur le plan cognitif, ils saisiront les principes fondamentaux de la MEF, comme la formulation variationnelle, la discrétisation et l'assemblage des matrices élémentaires, les bases théoriques de la modélisation mécanique et numérique des structures à base de plaques. Ils intégreront également les notions de convergence, de précision du maillage et d'interprétation des résultats. En termes de savoir-faire, ils pourront réaliser une modélisation complète d'un problème mécanique, choisir le modèle mécanique adapté (1D, 2D ou 3D), générer un maillage structuré ou libre et appliquer les conditions aux limites et les chargements. Ils auront des notions concernant l'utilisation du logiciel Abaqus pour la simulation numérique de structures. Sur le plan du savoir-être, les étudiants développeront une rigueur méthodologique essentielle dans la mise en œuvre de simulations numériques, seront conscients des limites des modèles utilisés et adopteront une attitude critique envers les résultats obtenus.

*At the end of the course, students will possess theoretical knowledge, practical numerical modeling skills and a critical eye for results, enabling them to apply these tools effectively in industrial or academic contexts. On a cognitive level, they will grasp the fundamental principles of FEM, such as variational formulation, discretization and assembly of elementary matrices, and the theoretical foundations of mechanical and numerical modeling of plate-based structures. They will also integrate the notions of convergence, mesh accuracy and interpretation of results. In terms of know-how, they will be able to carry out a complete modeling of a mechanical problem, choose the appropriate mechanical model (1D, 2D or 3D), generate a structured or free mesh and apply boundary conditions and loads. They will be familiar with the use of Abaqus software for numerical simulation of structures. In terms of interpersonal skills, students will develop the methodological rigor essential to the implementation of numerical simulations, be aware of the limits of the models used and adopt a critical attitude towards the results obtained.*

### Contenus

Course: 8h

- Introduction and positioning
- Plate equilibrium equations and modeling
- Linear elastic behavior laws and extension to composites
- Writing elementary matrices and integration

TD : 4h

- Study of plate-based structures in diaphragm and bending modes

Practical work: 6h

- Practical work on Abaqus FE code for structural design

### Méthodes et/ou moyens pédagogiques

L'ensemble est composé d'une partie cours magistraux d'une durée de 8h les bases du calcul des structures et la formulation éléments finis de plaques. Deux séances de travaux dirigés de 2h chacune permettent d'illustrer les concepts abordés lors du cours. Ces concepts sont ensuite illustrés au travers de deux séances de travaux pratiques sur le code de calcul Abaqus.

*The course consists of 8 hours of lectures on the basics of structural design and the finite element formulation of plates. Two 2-hour tutorials illustrate the concepts covered in the course. These concepts are then illustrated in two practical work sessions on the Abaqus FE code.*

## Prérequis pour l'EC

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

## Prérequis

Les étudiants doivent avoir des notions en mécanique des milieux continus et devront avoir suivi le module d'introduction à la méthode des éléments finis de M11 et le cours de calcul de structures bases de M12.

*Students are expected to have some knowledge of continuum mechanics, and to have taken the introductory finite element module in M11 and the basic structural design course in M12.*

## Travail personnel hors présentiel

### Volume horaire

12 Heures

### Type de travail

Apprentissage du cours, préparation des exercices des séances de travaux dirigés et rédaction de rapport pour les séances de travaux pratiques.

*Learning the course, preparing exercises for tutorials and writing reports for practical sessions.*

## Ressources bibliographiques

- J. C. Craveur. Modélisation des Structures; Calcul par Eléments Finis. Masson, 1997.
- J. L. Batoz. Modélisation des structures par éléments finis - Poutres et plaques. Hermes, 1990.
- J. Fish, T. Belytschko. A first course in finite elements. Wiley, 2007.

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Code EC	IGENI-EC0872GM
Code UE	IGENI-UE0807GM
Coefficient interne à l'EC	1,2

Coordinateur ENIT de l'EC	TONGNE Amèvi
---------------------------	--------------

## Présentation de l'EC

Nom de l'EC	Modélisation Numérique CFD
Nom(s) du/des enseignant(s)	TONGNE Amèvi

Volume Horaire/Format	Format	Heures
	CM	6 H
	TD	4 H
	TP	9 H
	Projet encadré	H
	Projet en autonomie	H
	<b>Total</b>	<b>19 heures</b>

## Acquis d'apprentissage visés

Compétence(s)	<p>À l'issue de l'EC, les étudiants seront capables, dans leur futur métier, de modéliser numériquement des phénomènes de transfert en utilisant la méthode des volumes finis. Ils sauront formuler, discrétiser et résoudre des équations aux dérivées partielles relevant de la mécanique des fluides et du transfert thermique, pour des régimes stationnaires et transitoires. Ils seront capables d'analyser les résultats numériques, de les valider par comparaison à des solutions analytiques, et d'interpréter les écarts éventuels.</p>
	<p><i>At the end of the CE, students will be able, in their future profession, to model transfer phenomena numerically using the finite volume method. They will be able to formulate, discretize and solve partial differential equations relating to fluid mechanics and heat transfer, for stationary and transient regimes. They will be able to analyse numerical results, validate them by comparison with analytical solutions, and interpret any discrepancies.</i></p>

## Modalités d'évaluation

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

## Langue d'enseignement

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

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

## Objectifs de la formation visés

### Objectifs généraux

- Formuler et discrétiser des équations aux dérivées partielles de type convection-diffusion en régimes stationnaire et transitoire.
  - Choisir et justifier un schéma numérique adapté en fonction du problème étudié.
  - Implémenter et résoudre des systèmes d'équations issus de la discrétisation.
  - Analyser, valider et interpréter les résultats obtenus, en les comparant à des solutions analytiques ou de référence.
  - Adapter leur démarche de modélisation selon les objectifs visés et les contraintes physiques ou numériques du problème.
  - Faire preuve de rigueur dans l'analyse des résultats et dans l'identification des limites de la simulation.
  - Mobiliser les outils de simulation numérique dans un contexte d'ingénierie, avec un regard critique sur les hypothèses et les approximations introduites.
- 
- Formulate and discretize partial differential equations of the convection-diffusion type in stationary and transient regimes.
  - Choose and justify a suitable numerical scheme according to the problem studied.
  - Implement and solve systems of equations resulting from discretisation.
  - Analyse, validate and interpret the results obtained, comparing them with analytical or reference solutions.
  - Adapt their modelling approach according to the objectives pursued and the physical or numerical constraints of the problem.
  - Be rigorous in analysing the results and identifying the limits of the simulation.
  - Use digital simulation tools in an engineering context, with a critical eye for the assumptions and approximations introduced.

### Contenus

**Cours n°1 : 2h**  
Chapitre 1 : Introduction  
Chapitre 2 : Diffusion (or conduction) in steady state  
**Cours n°2 : 2h**  
Chapitre 3 : Steady convection and diffusion  
**Cours n°3 : 2h**  
Chapitre 4 : 1D Transient Diffusion (Explicit, Implicit, and Crank-Nicolson Schemes)

**Lecture 1: 2h**  
*Chapter 1: Introduction*  
*Chapter 2: Diffusion (or conduction) in steady state*  
**Lecture 2: 2h**  
*Chapter 3: Steady convection and diffusion*  
**Lecture 3: 2h**  
*Chapter 4: 1D Transient Diffusion (Explicit, Implicit, and Crank-Nicolson Schemes)*

### Méthodes et/ou moyens pédagogiques

Documents :

- Support de cours (planches présentées)
- Support d'exercices travaux dirigés

Documents :

- *Course material (plates presented)*
- *Tutorial exercise material*

Prérequis pour l'EC

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

## Prérequis

Comprendre les notions fondamentales en algèbre linéaire (systèmes d'équations, matrices),

*Understand the fundamental concepts of linear algebra (systems of equations, matrices),*

## Travail personnel hors présentiel

### Volume horaire

4 Heures

### Type de travail

Revoir les exercices abordés en travaux dirigés et effectuer des exercices supplémentaires du recueil d'exercices fourni.

*Review exercises covered in tutorials and complete additional exercises from the exercise book provided.*

## Ressources bibliographiques

- H.K. Versteeg and W. Malalasekera, An introduction to computational fluid dynamics : the finite volume method, Pearson.
- Suhas V. Patankar, Numerical Heat Transfer and Fluid Flow

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Code EC	IGENI-EC0873GM
Code UE	IGENI-UE0807GM
Coefficient interne à l'EC	1

Coordinateur ENIT de l'EC	TONGNE Amèvi
---------------------------	--------------

## Présentation de l'EC

Nom de l'EC	Mécanique des fluides visqueux et compressibles
Nom(s) du/des enseignant(s)	TONGNE Amèvi

Volume Horaire/Format	Format	Heures
	CM	8 H
	TD	8 H
	TP	H
	Projet encadré	H
	Projet en autonomie	H
	<b>Total</b>	<b>16 heures</b>

## Acquis d'apprentissage visés

Compétence(s)	<p>À l'issue de l'EC, les étudiants seront capables, dans leur futur métier, de modéliser et d'analyser les écoulements de fluides visqueux (incompressibles ou compressibles) en s'appuyant sur les équations fondamentales de la mécanique des fluides, de caractériser les régimes laminaires et turbulents, et d'évaluer les effets des écoulements sur des structures complexes. Ils sauront mobiliser ces connaissances pour résoudre des problèmes d'aérodynamique, de turbomachine, ou d'ingénierie appliquée (génie civil, biomécanique, etc.) avec une rigueur scientifique et une autonomie de niveau ingénieur.</p>
	<p><i>On completion of the CE, students will be able, in their future careers, to model and analyse viscous fluid flows (incompressible or compressible) based on the fundamental equations of fluid mechanics, to characterise laminar and turbulent regimes, and to assess the effects of flows on complex structures. They will be able to use this knowledge to solve problems in aerodynamics, turbomachinery or applied engineering (civil engineering, biomechanics, etc.) with the scientific rigour and autonomy of an engineer.</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

- Connaître et comprendre les équations fondamentales de la mécanique des fluides, notamment les équations de conservation de la masse, de la quantité de mouvement et de l'énergie.
  - Analyser et modéliser les écoulements visqueux incompressibles à l'aide des équations de Navier-Stokes.
  - Identifier les régimes d'écoulement (laminaire, turbulent), de comprendre les phénomènes associés (couche limite, décollement, effet Magnus) et de mettre en œuvre des modèles de turbulence (Reynolds,  $k-\epsilon$ ).
  - Appliquer l'analyse dimensionnelle et les principes de similitude à des problèmes pratiques d'ingénierie.
  - Evaluer les forces de portance et de traînée sur des corps plongés dans un fluide en mouvement, et de comprendre les mécanismes aérodynamiques autour d'un profil d'aile.
  - Résoudre analytiquement des écoulements simples (ex. entre deux plaques parallèles) et d'interpréter des résultats expérimentaux ou numériques.
  - Connaître les principes régissant les écoulements compressibles unidimensionnels dans les tuyères (tuyère de Laval), d'identifier les régimes subsoniques, transsoniques et supersoniques, et d'analyser les conditions de choc ou d'étranglement.
  - Mobiliser ces connaissances dans des domaines variés comme l'aéronautique, l'hydraulique, la production d'énergie, la biomécanique ou la météorologie.
  - Développer une approche rigoureuse et critique de la modélisation des écoulements, en lien avec les enjeux industriels et scientifiques contemporains.
- 
- *Know and understand the fundamental equations of fluid mechanics, in particular the equations of conservation of mass, momentum and energy.*
  - *Analyse and model incompressible viscous flows using the Navier-Stokes equations.*
  - *Identify flow regimes (laminar, turbulent), understand the associated phenomena (boundary layer, separation, Magnus effect) and implement turbulence models (Reynolds,  $k-\epsilon$ ).*
  - *Apply dimensional analysis and the principles of similarity to practical engineering problems.*
  - *Evaluate the lift and drag forces on bodies immersed in a moving fluid, and understand the aerodynamic mechanisms around an airfoil.*
  - *Analytically solve simple flows (e.g. between two parallel plates) and interpret experimental or numerical results.*
  - *Know the principles governing one-dimensional compressible flows in nozzles (Laval nozzle), identify subsonic, transsonic and supersonic regimes and analyse shock or throttling conditions.*
  - *Mobilise this knowledge in a variety of fields such as aeronautics, hydraulics, energy production, biomechanics and meteorology.*
  - *Develop a rigorous and critical approach to flow modelling, in line with contemporary industrial and scientific issues.*

### Contenus

#### Cours n°1 : 2h

Chapitre 1 : Les applications

Chapitre 2 : Fluides visqueux incompressibles

- Les équations régissant l'écoulement des fluides
- Distribution de vitesse dans les écoulements

#### Cours n°2 : 2h

Chapitre 3 : Notions de turbulence

- Définitions. Généralités
- Traitement statistique de la turbulence. Équations de Reynolds

Chapitre 4 : Écoulement autour d'obstacles :

- Forces de portance et de traînée
- Introduction
- Forces agissant sur l'obstacle
- La traînée
- La portance – Effet Magnus
- Écoulement autour d'un profil d'aile d'avion
- Décollement de la couche limite

#### Cours n°3 : 2h

Chapitre 5 : Analyse dimensionnelle et principe de similitude

- Introduction
- Groupes adimensionnels qui déterminent la similitude des écoulements
- Théorème de Vaschy-Buckingham
- Exemple d'application de l'analyse dimensionnelle : Résistance à l'écoulement d'une sphère

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

- Analyse dimensionnelle sur l'équation de Navier-Stokes

## Cours n°4 : 2h

Chapitre 6 : Écoulements unidimensionnels de fluides parfaits compressibles

- Rappels de thermodynamiques
- Équations générales
- Écoulement dans les tuyères

Lesson 1: 2 hrs

Chapter 1: Applications

Chapter 2: Viscous incompressible fluids

- The equations governing fluid flow
- Velocity distribution in flows

Lesson 2: 2 hrs

Chapter 3: Notions of turbulence

- Definitions. General
- Statistical treatment of turbulence. Reynolds equations

Chapter 4: Flow around obstacles :

- Forces of lift and drag
- Introduction
- Forces acting on the obstacle
- The drag
- The lift - Magnus effect
- Flow around an airfoil
- Boundary layer separation

Lesson 3: 2h

Chapter 5: Dimensional analysis and principle of similarity

- Introduction
- Dimensional groups that determine the similarity of flows
- Vaschy-Buckingham theorem
- Example of application of dimensional analysis : Resistance to the flow of a sphere
- Dimensional analysis on the Navier-Stokes equation

Lesson 4: 2h

Chapter 6: One-dimensional flows of perfect compressible fluids

- Reminders of thermodynamics
- General equations
- Flow in nozzles

Méthodes et/ou  
moyens pédagogiques

Documents :

- Support de cours (planches présentées)
- Support d'exercices travaux dirigés

Documents :

- Course material (plates presented)
- Tutorials

## Prérequis pour l'EC

Prérequis

Notions de thermodynamique et de mécanique des fluides

Notions of thermodynamics and fluid mechanics

Travail personnel hors présentiel

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

<b>Volume horaire</b>	10 Heures
<b>Type de travail</b>	Revoir les exercices abordés en travaux dirigés et faire des exercices supplémentaires du recueil d'exercices fourni.  <i>Review exercises covered in tutorials and do additional exercises from the exercise book provided.</i>

## Ressources bibliographiques

- Amiroudine, S., Battaglia, J.-L. .-, and Combarous, M. .-. Mécanique des fluides. 3è édition edition.
- Faure, T. (2008). Dynamique des fluides appliquée : applications à l'aérodynamique. Dunod.
- Lallemand, A. (1997). Écoulements monodimensionnels des fluides compressibles.,Ref : TIP201WEB - "Physique énergétique".
- Lallemand, A. (2000). Écoulement des fluides - Analyse dimensionnelle. Similitude. Ref : TIP604WEB - "Transport fluvial et maritime".
- Lallemand, A. (2015). Écoulement des fluides - Dynamique des fluides réels. Ref : TIP201WEB - "Physique énergétique".
- Nakayama, Y. (2018). Introduction to Fluid Mechanics. Butterworth-Heinemann.
- Ouziaux, R. and Perrier, J. (1998). Mécanique des fluides appliquée. Dunod.
- Lallemand, A. (2014). Machines hydrauliques et thermiques résumés et problèmes corrigés. Ellipses.
- Versteeg, H. K. H. K. and Malalasekera, W. W. (2007). An introduction to computational fluid dynamics : the finite volume method. page 503.

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Code EC	IGENI-EC0874GM
Code UE	IGENI-UE0807GM
Coefficient interne à l'EC	0,7

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

## Présentation de l'EC

Nom de l'EC	Simulation dynamique des systèmes
Nom(s) du/des enseignant(s)	BARD Denis FAYE Jean-Pierre

Volume Horaire/Format	Format	Heures
	CM	H
	TD	11 H
	TP	H
	Projet encadré	H
	Projet en autonomie	H
	<b>Total</b>	<b>11 heures</b>

## Acquis d'apprentissage visés

Compétence(s)	<p>A l'issue de l'enseignement, l'étudiant doit être capable de modéliser et simuler le comportement dynamique d'un mécanisme comportant des pièces déformables dans le but de vérifier qu'il répond au cahier des charges.</p> <p><i>At the end of the course, students should be able to model and simulate the dynamic behavior of a mechanism with deformable parts, in order to check that it meets specifications.</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

<b>Objectifs généraux</b>	<p>Utiliser un logiciel de simulation dynamique pour simuler un mécanisme dont le fonctionnement et/ou les performances dépendent de la déformabilité de certaines pièces.</p> <p><i>Use dynamic simulation software to simulate a mechanism whose operation and/or performance depend on the deformability of certain parts.</i></p>
<b>Contenus</b>	<p>Simulation d'un premier mécanisme en vue de vérifier sa tenue mécanique (2h)          Justification des réglages à effectuer sur NX pour réaliser une analyse modale (3h)          Simulation d'un mécanisme où la déformabilité est nécessaire au fonctionnement (2h)          Simulation d'un mécanisme où la déformabilité peut être préjudiciable à la performance attendue (4h)</p> <p><i>Simulation of a first mechanism to check its mechanical strength (2h)          Justification of the settings to be made on NX to perform a modal analysis (3h) Simulation of a mechanism where deformability is necessary for operation (2h)          Simulation of a mechanism where deformability may be detrimental to expected performance (4h)</i></p>
<b>Méthodes et/ou moyens pédagogiques</b>	<p>Utilisation du logiciel NX (Siemens)</p> <p><i>Using NX software (Siemens)</i></p>

## Prérequis pour l'EC

<b>Prérequis</b>	<p>Simulation dynamique des systèmes (S5) avec NX          Théorie des éléments finis, cours de mécanique des solides</p> <p><i>System dynamics simulation (S5) with NX          Finite element theory, solid mechanics course</i></p>
------------------	--

## Travail personnel hors présentiel

<b>Volume horaire</b>	<p style="text-align: right;">3 Heures</p>
<b>Type de travail</b>	<p>Finalisation des simulations initiées en séance</p> <p><i>Finalization of simulations initiated 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-EC0875GM
Code UE	IGENI-UE0807GM
Coefficient interne à l'EC	1,6

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

## Présentation de l'EC

Nom de l'EC	Outils de conception (PLM CAO - TP Fiab)
Nom(s) du/des enseignant(s)	BARD Denis

Volume Horaire/Format	Format	Heures
	CM	4 H
	TD	8 H
	TP	14 H
	Projet encadré	H
	Projet en autonomie	H
	<b>Total</b>	<b>26 heures</b>

## Acquis d'apprentissage visés

Compétence(s)	<p>A partir d'exigences fonctionnelles, l'étudiant doit être capable, à l'issue de cet enseignement, de réaliser sous CATIA V5 la conception d'une pièce de tôlerie.</p> <p><i>By the end of this course, based on functional requirements, students should be able to use CATIA V5 to design a sheet metal part.</i></p>
---------------	---

## Modalités d'évaluation

Formule d'évaluation	$(1*CC1+1*TP1+1*TP2)/3$
----------------------	-------------------------

## Langue d'enseignement

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

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

## Objectifs de la formation visés

<b>Objectifs généraux</b>	<p>Savoir utiliser l'atelier Generative Sheet Metal Design de CATIA V5 pour concevoir une pièce de tôlerie</p> <p><i>Know how to use CATIA V5's Generative Sheet Metal Design workshop to design a sheet metal part</i></p>
<b>Contenus</b>	<p>Partie CAO (6h)</p> <p>Séance 1 (2h) : apprentissage de l'utilisation de l'atelier Generative Sheet Metal Design</p> <p>Séance 2 (2h) : paramétrage de la conception en fonction des dimensions fonctionnelles et des paramètres généraux de tôlerie (angle de pliage, épaisseur de tôle, perte au pli)</p> <p>Séance 3 (2h) : réalisation de pièces entièrement paramétrées</p> <p><i>CAD part (6 hrs)</i></p> <p><i>Session 1 (2 hrs): learning how to use the Generative Sheet Metal Design workshop</i></p> <p><i>Session 2 (2 hrs): setting design parameters based on functional dimensions and general sheet metal parameters (bend angle, sheet thickness, bend loss)</i></p> <p><i>Session 3 (2 hrs): making fully parameterised parts</i></p>
<b>Méthodes et/ou moyens pédagogiques</b>	<p>Séances de travail en bureau d'étude, sur poste informatique équipé du logiciel CATIA V5</p> <p><i>Work sessions in the design office, on a computer workstation equipped with CATIA V5 software</i></p>

## Prérequis pour l'EC

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

## Travail personnel hors présentiel

<b>Volume horaire</b>	2 Heures
<b>Type de travail</b>	<p>Finalisation des exercices d'entraînement commencés en séance</p> <p><i>Finalising the training exercises started during the 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-EC0876GM
Code UE	IGENI-UE0807GM
Coefficient interne à l'EC	0,7

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

## Présentation de l'EC

Nom de l'EC	Robotisation en fabrication mécanique
Nom(s) du/des enseignant(s)	Emmanuel Hygounenc

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

## Acquis d'apprentissage visés

Compétence(s)	<p>L'objectif de cet enseignement est de fournir aux étudiants les méthodes et outils nécessaires à la mise en œuvre d'une fabrication robotisée performante. Il s'agit notamment d'aborder les caractéristiques des robots industriels, les techniques de programmation associées, ainsi que les méthodes d'évaluation de leurs performances dans différents contextes de production : usinage, parachevement et assemblage. En lien avec des applications industrielles concrètes, le comportement de la cellule robotisée est analysé afin de mieux comprendre son influence sur la qualité des pièces produites, et d'optimiser le choix des trajectoires ainsi que les paramètres de commande du procédé.</p> <p>À l'issue de cette formation, l'étudiant sera en mesure d'identifier et de comparer différentes stratégies de fabrication robotisée, d'en évaluer les bénéfices potentiels, et de prendre en compte les contraintes techniques et organisationnelles liées à leur mise en œuvre en milieu industriel.</p>
	<p><i>The aim of this course is to provide students with the methods and tools needed to implement high-performance robotized manufacturing. In particular, it covers the characteristics of industrial robots, associated programming techniques, and methods for evaluating their performance in different production contexts: machining, finishing and assembly. Based on real-life industrial applications, the behavior of the robotic cell is analyzed to better understand its influence on the quality of the parts produced, and to optimize the choice of trajectories and process control parameters.</i></p> <p><i>On completion of this course, students will be able to identify and compare different robotized manufacturing strategies, evaluate their potential benefits, and take into account the technical and organizational constraints linked to their implementation in an industrial environment.</i></p>

## Modalités d'évaluation

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

## Langue d'enseignement

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

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

## Objectifs de la formation visés

### Objectifs généraux

L'usinage robotisé représente une alternative flexible et économique aux machines-outils conventionnelles, notamment pour les grandes pièces ou les matériaux complexes. Toutefois, son déploiement industriel reste freiné par plusieurs verrous scientifiques. Le principal défi réside dans la faible rigidité intrinsèque des robots industriels, qui entraîne des déformations structurelles significatives sous l'effet des efforts de coupe, impactant directement la précision géométrique et l'état de surface. À cela s'ajoutent les vibrations auto-entretenues (chatter), plus difficiles à maîtriser en raison des variations de raideur selon la position du bras robotisé dans l'espace de travail. La dynamique propre du robot, couplée aux lois de commande souvent conçues pour des tâches de manutention et non d'usinage, limite également les capacités d'adaptation en temps réel aux conditions de coupe. Sur le plan de la modélisation, il devient nécessaire de développer des jumeaux numériques intégrant à la fois la cinématique non linéaire, la flexibilité articulaire et les interactions outil-matière. Enfin, l'identification en ligne des paramètres d'usinage optimaux, tenant compte des zones de raideur variable et des phénomènes de résonance, constitue un enjeu majeur pour assurer une qualité constante et prédictive du procédé robotisé.

L'objectif de cet enseignement est de reprendre l'ensemble de ces verrous et de donner les clefs aux étudiants.

*Robotic machining represents a flexible, cost-effective alternative to conventional machine tools, particularly for large parts or complex materials. However, its industrial deployment remains hampered by a number of scientific obstacles. The main challenge lies in the low intrinsic rigidity of industrial robots, which leads to significant structural deformation under the effect of cutting forces, directly impacting geometric precision and surface finish. Added to this are self-sustaining vibrations (chatter), which are more difficult to control due to variations in stiffness depending on the position of the robotic arm in the workspace. The robot's own dynamics, coupled with control laws often designed for handling rather than machining tasks, also limit its ability to adapt in real time to cutting conditions. In terms of modeling, it is becoming necessary to develop digital twins integrating non-linear kinematics, joint flexibility and tool-material interactions. Finally, the on-line identification of optimal machining parameters, taking into account variable stiffness zones and resonance phenomena, is a major challenge to ensure consistent and predictive quality of the robotized process.*

*The aim of this course is to take up all these issues and provide students with the keys.*

Les robots industriels adoptent différentes configurations mécaniques en fonction des applications :

- **Robots articulés** (6 axes) pour usinage 3D complexe et soudage FSW
- **Robots SCARA** pour assemblage haute précision dans l'électronique
- **Robots parallèles** (Delta) pour opérations rapides de pick-and-place
- **Robots collaboratifs** équipés de capteurs de force pour le parachèvement

### Contenus

Tâche	Configuration robotique	Exemple d'application
Usinage	Robot articulé + broche motorisée	Fraisage de pièces aéronautiques
Soudage FSW	Robot lourd (50kg+ de charge utile)	Assemblage de réservoirs spatiaux
Polissage	Cobot + effecteur adaptatif	Finition de pièces moulées

#### Opérations de fabrication robotisées

Les cellules robotisées modernes intègrent :

- **Opérations hybrides** combinant usinage et contrôle qualité inline
- **Soudage par friction malaxage (FSW)** pour assemblages métallurgiques sans fusion
- **Parachèvement intelligent** avec systèmes de vision 3D et IA
- **Chargement/Déchargement** de machines-outils avec gestion automatique des outils

#### Programmation des robots

Méthodes clés :

1. **Programmation hors-ligne** avec logiciels comme NX CAM pour simulation préalable

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

2. **Enseignement direct** via pendulets tactiles pour ajustements fins
3. **Programmation adaptative** utilisant des capteurs de force/torque pour l'usinage
4. **Bibliothèques de mouvements** pré-optimisées pour le FSW

## Exemple de workflow :

text

*Mise en œuvre d'une fabrication robotisée*

Processus d'intégration :

1. Analyse des contraintes process (temps cycle, précision)
2. Conception de cellules modulaires avec interfaces standardisées
3. Intégration de systèmes de vision et capteurs IoT
4. Validation par jumeau numérique avant déploiement

## Points critiques :

- Adéquation robot/effecteur (couple, vitesse) pour le FSW
- Gestion des vibrations en usinage robotisé
- Sécurisation des flux matières dans les cellules

Comportements attendus

- **Précision** :  $\leq 0.05\text{mm}$  pour opérations de finition
- **Robustesse** : Fonctionnement 24/7 avec MTBF > 4000 heures
- **Adaptabilité** : Reconfiguration rapide pour petites séries
- **Sûreté** : Arrêt d'urgence en < 200ms pour cobots

Étude de cas : Parachèvement et soudage FSW

## Application Airbus :

- Robot KUKA KR 1000 Titan équipé d'outil FSW
- Soudage de longerons d'aile en Al-Li à 3m/min
- Réduction de 70% des défauts comparé au soudage TIG

## Solution Proxinnov :

- Cellule de polissage robotisé avec compensation thermique
- Gain de productivité : 40% sur pièces composites

*TP d'application*

La plateforme intègre :

- Robots ABB IRB 6700 pour usinage lourd
- Cellule FSW avec robot Yaskawa Motoman HP500
- Système de mesure tridimensionnel Zeiss

## Déroulé type :

1. Modélisation cinématique inverse d'un robot 6 axes
2. Programmation de trajectoires d'usinage sur pièce complexe
3. Mise en œuvre de paramètres FSW (rotation 800-1500 RPM, avance 2-5mm/s)
4. Analyse métallographique des joints soudés

Cette approche pédagogique permet d'aborder les interactions robot/procédé critiques pour l'industrie aérospatiale et énergétique . Les travaux pratiques exploitent les capacités uniques de la plateforme COMPOSITADOUR pour la fabrication additive robotisée

*Industrial robots come in a variety of mechanical configurations, depending on the application:*

- *Articulated robots (6 axes) for complex 3D machining and FSW welding*
- *SCARA robots for high-precision assembly in electronics*
- *Parallel robots (Delta) for fast pick-and-place operations*
- *Collaborative robots equipped with force sensors for finishing operations*

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Task	Robotic configuration	Application example
Machining	Articulated robot + motorized spindle	Milling aeronautical parts
Welding FSW	Heavy-duty robot (50kg+ payload)	Space tank assembly
Polishing	Cobot + adaptive end effector	Finishing molded parts

## Robotic manufacturing operations

Modern robotic cells integrate :

- Hybrid operations combining machining and inline quality control
- Friction stir welding (FSW) for non-melting metallurgical assemblies
- Intelligent completion with 3D vision and AI systems
- Machine tool loading/unloading with automatic tool management

## Robot programming

Key methods:

1. Off-line programming with software such as NX CAM for preliminary simulation
2. Direct teaching via touch pendulums for fine adjustments
3. Adaptive programming using force/torque sensors for machining
4. Pre-optimized motion libraries for FSW

Example workflow:

text

## Implementing robotic manufacturing

Integration process :

1. Analysis of process constraints (cycle time, precision)
2. Design of modular cells with standardized interfaces
3. Integration of vision systems and IoT sensors
4. Validation by digital twin before deployment

Critical points:

- Robot/effector suitability (torque, speed) for FSW
- Vibration management in robotic machining
- Securing material flows in cells

Expected behaviors

- Accuracy:  $\leq 0.05\text{mm}$  for finishing operations
- Robustness: 24/7 operation with MTBF > 4000 hours
- Adaptability: Rapid reconfiguration for short production runs
- Safety: Emergency stop in < 200ms for cobots

Case study : Completion and FSW welding

Application Airbus:

- Robot KUKA KR 1000 Titan equipped with FSW tool
- Welding of Al-Li wing spars at 3m/min
- 70% reduction in defects compared with TIG welding

Solution Proxinnov:

- Robotic polishing cell with thermal compensation
- Productivity gain: 40% on composite parts

Application TP

The platform integrates :

- ABB IRB 6700 robots for heavy-duty machining
- FSW cell with Yaskawa Motoman HP500 robot
- Zeiss three-dimensional measuring system

Typical sequence :

1. Inverse kinematic modeling of a 6-axis robot

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

2. Programming machining trajectories on a complex part
3. Implementation of FSW parameters (rotation 800-1500 RPM, feed 2-5mm/s)
4. Metallographic analysis of welded joints

*This pedagogical approach addresses critical robot/process interactions for the aerospace and energy industries. Practical work exploits the unique capabilities of the COMPOSITADOUR platform for robotized additive manufacturing.*

Méthodes et/ou moyens

Ce enseignement a pour objectif d'être au plus proche des besoins industriels. A cet effet, l'intervention est réalisée en partenariat avec un industriel impliqué dans la maquette pédagogique.

*The aim of this course is to be as close as possible to the needs of industry. To this end, the course is run in partnership with an industrial partner involved in the pedagogical model.*

## Prérequis pour l'EC

### Prérequis

Méthodes de fabrication (tournage, fraisage, perçage... Outils coupants, paramètres de coupe, outillage), Mise en oeuvre des machines-outils à commande numérique, programmation en commande numérique, Fabrication assistée par Ordinateur (FAO)

*Manufacturing methods (turning, milling, drilling... Cutting tools, cutting parameters, tooling), CNC machine-tool operation, CNC programming, Computer-aided manufacturing (CAM)*

## Travail personnel hors présentiel

### Volume horaire

4 Heures

### Type de travail

Révision des cours  
Rédaction du rapport

*Course review  
Report writing*

## Ressources bibliographiques

Cliquez ici et entrez les ressources bibliographiques

## Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Code UE	IGENI-UE0807MP
Crédits ECTS	6
Coefficient interne à l'UE	6,3

### 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	58 H
	TD	10 H
	TP	32 H
	Projet encadré	0 H
	Projet en autonomie	0 H
	<b>Total</b>	<b>100 heures</b>

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

## Thèmes et Objectifs de la formation visés

<b>Principaux thèmes abordés</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Techniques et procédés d'assemblage des matériaux (collage, soudage, brasage)</li><li>• Caractérisation physico-chimique et mécanique des assemblages</li><li>• Familles et propriétés des matériaux composites biosourcés et inorganiques</li><li>• Mise en forme, durabilité et impact environnemental des matériaux composites</li><li>• Propriétés, comportement mécanique et fiabilité des matériaux céramiques</li><li>• Mécanismes d'endommagement, vieillissement et optimisation des matériaux</li><li>• Méthodes de contrôle qualité multi-échelle et analyse des performances des matériaux</li></ul>
<b>Principaux objectifs généraux visés</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Comprendre les principes, enjeux et applications des procédés d'assemblage pour les matériaux utilisés en ingénierie.</li><li>• Identifier les familles de matériaux composites biosourcés et inorganiques et maîtriser leurs procédés de fabrication et de caractérisation.</li><li>• Analyser et évaluer les propriétés et les comportements mécaniques, thermiques et environnementaux des matériaux structuraux.</li><li>• Appliquer des méthodes d'analyse expérimentales, statistiques et comparatives pour sélectionner des matériaux selon un cahier des charges industriel.</li><li>• Évaluer la fiabilité, la durée de vie et les mécanismes d'endommagement des matériaux, notamment des céramiques, dans des conditions d'usage critiques.</li><li>• Développer une approche critique, rigoureuse et éco-responsable dans le choix et l'utilisation des matériaux de structure.</li></ul>

## Acquis d'apprentissage visés

<b>Compétence(s)</b>	<p><b>Compétence principale :</b> À l'issue de l'UE, les étudiants seront en mesure, dans le cadre de projets d'ingénierie impliquant le choix ou l'utilisation de matériaux de structure, d'analyser, sélectionner et justifier des matériaux et procédés d'assemblage adaptés à une application donnée en montrant qu'ils maîtrisent les principes physico-chimiques, mécaniques et environnementaux associés.</p> <p><b>Compétence complémentaire 1 :</b> À l'issue de l'UE, les étudiants seront en mesure, dans un contexte industriel, de diagnostiquer les défaillances d'un matériau ou d'un assemblage en montrant qu'ils savent mobiliser les outils de caractérisation et d'analyse statistique pour prédire le comportement et la durée de vie des matériaux.</p> <p><b>Compétence complémentaire 2 :</b> À l'issue de l'UE, les étudiants seront en mesure, dans une démarche de conception durable, de comparer différentes familles de matériaux en fonction de leurs performances mécaniques, thermiques et environnementales, en montrant leur capacité à intégrer des critères techniques et écologiques dans leurs choix.</p>
----------------------	--

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Code EC	IGENI-EC0871MP
Code UE	IGENI-UE0807MP
Coefficient interne à l'EC	1,8

Coordinateur ENIT de l'EC	Bouchra HASSOUNE RHABBOUR
---------------------------	---------------------------

## Présentation de l'EC

Nom de l'EC	Procédés d'assemblages
Nom(s) du/des enseignant(s)	Bouchra HASSOUNE RHABBOUR; Yannick BALCAEN

Volume Horaire/Format	Format	Heures
	CM	18 H
	TD	0 H
	TP	10 H
	Projet encadré	H
	Projet en autonomie	H
	<b>Total</b>	<b>28 heures</b>

## Acquis d'apprentissage visés

Compétence(s)	<p>A l'issue de cet enseignement, un étudiant sera capable de traiter un problème d'assemblage monobloc à liaison solide depuis la conception jusqu'à la réalisation. Sans être un expert, l'étudiant aura suffisamment de notions pour aborder toute la complexité des techniques d'assemblage et savoir échanger avec des spécialistes.</p> <p><i>At the end of this course, students will be able to handle a solid-bond monobloc assembly problem from design to production. Without being an expert, the student will have enough knowledge to tackle all the complexities of assembly techniques and be able to communicate with specialists.</i></p>
---------------	---

## Modalités d'évaluation

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

## Langue d'enseignement

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

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

## Objectifs de la formation visés

### Objectifs généraux

#### Collage :

Comprendre la notion de collage, et celles de l'adhésion et de l'adhérence

Acquérir des compétences théoriques sur la physico-chimie des surfaces

Acquérir des compétences théoriques et pratiques sur les tests de tenue interfaciales

Comprendre des phénomènes de vieillissement physico-chimique des assemblages collés et savoir mener les essais associés.

#### Soudage et Brasage.

Connaître des principaux procédés de soudage et leurs caractéristiques.

Savoir caractériser et diagnostiquer les défauts des soudures.

Connaître les transformations métallurgiques autour des zones soudées.

Connaître les principaux procédés de brasage et leurs applications.

Savoir caractériser les propriétés des assemblages réalisés

#### Bonding :

*Understand the concepts of bonding, adhesion and cohesion.*

*Acquire theoretical skills in the physical chemistry of surfaces*

*Acquire theoretical and practical skills in interfacial resistance testing*

*Understand the physical and chemical ageing phenomena of bonded assemblies and know how to carry out the associated tests.*

#### Welding and brazing.

*Understanding the main welding processes and their characteristics.*

*Knowing how to characterise and diagnose weld defects.*

*Knowledge of metallurgical transformations around welded areas.*

*Knowledge of the main brazing processes and their applications.*

*Be able to characterise the properties of the assemblies produced.*

### Contenus

#### Collage

Les théories de l'adhésion

Les substrats et les traitements de surface.

Technologie des adhésifs

Conception et dimensionnement des assemblages collés.

Evaluation de l'adhérence.

Durabilité des assemblages collés.

#### Soudage & Brasage

Les procédés de soudage (Procédés à l'arc sous protection gazeuse, Procédés à haute densité d'énergie, Procédés de soudage par résistance électrique, autres procédés)

Les procédés de brasage

Métallurgie du soudage (Transformation avec ou sans fusion, Phénomènes de fissuration dans les joints soudés,

Traitements thermiques des joints soudés...)

#### Bonding

*Theories of adhesion*

*Substrates and surface treatments.*

*Adhesive technology*

*Design and sizing of bonded assemblies.*

*Adhesion evaluation.*

*Durability of bonded assemblies.*

#### Welding & Brazing

*Welding processes (gas shielded arc processes, high energy density processes, electric resistance welding processes, other processes).*

*Brazing processes*

*Welding metallurgy (Processing with or without fusion, Cracking phenomena in welded joints, Heat treatment of welded joints, etc.)*

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

## Méthodes et/ou moyens pédagogiques

Le cours magistral permet un descriptif rapide des notions nécessaires et des mises en situation (études de cas) sont proposées en cours/TD.  
Les travaux pratiques sur la partie collage permettent de réaliser un assemblage collé réaliste, qui est ensuite caractérisé mécaniquement. Quant au soudage, les TP mobilisent la machine laser : les étudiants recherchent les paramètres procédés optimaux, effectuent le soudage et caractérisent les soudures obtenues (géométries, microstructures et tenue mécanique).

*The lecture provides a rapid description of the necessary concepts, and case studies are offered in class. The practical work on the bonding part enables students to produce a realistic bonded assembly, which is then mechanically characterised. As for welding, the practical work uses the laser machine: the students look for the optimum process parameters, carry out the welding and characterise the welds obtained (geometries, microstructures and mechanical strength).*

## Prérequis pour l'EC

### Prérequis

Rhéologie des polymères, physico-chimie et synthèse des polymères. Notions de base en mécanique et résistance des matériaux, chimie et physique des matériaux.

*Polymer rheology, physical chemistry and polymer synthesis. Basic knowledge of mechanics and strength of materials, chemistry and physics of materials.*

## Travail personnel hors présentiel

### Volume horaire

8 Heures

### Type de travail

Révision des cours et des cas pratiques, ainsi que la rédaction des rapports de TP

*Revision of lectures and case studies, and writing of practical reports*

## Ressources bibliographiques

- COUVRAT P. – Le collage structural moderne. Lavoisier, Tec & Doc (1992),
- COGNARD J. - Science et technologie du collage. Presse polytechniques et universitaires romandes romande (2000).
- E. DARQUE-CERETTI, E. FELDER – Adhésion et adhérence. CEditions (2003).
- Soudage et soudabilité métallurgique des métaux, technique de l'ingénieur, G. Murry –
- Précis de construction mécanique, tome 2, Afnor Nathan –
- Metals Handbook, ninth edition, volume 6, Welding, Brazing and Soldering

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Code EC	IGENI-EC0872MP
Code UE	IGENI-UE0807MP
Coefficient interne à l'EC	1,1

Coordinateur ENIT de l'EC	Karl Delbé
---------------------------	------------

## Présentation de l'EC

Nom de l'EC	Composites biosourcés et inorganiques
Nom(s) du/des enseignant(s)	Karl Delbé, Philippe Évon

Volume Horaire/Format	Format	Heures
	CM	14 H
	TD	4 H
	TP	H
	Projet encadré	H
	Projet en autonomie	H
	<b>Total</b>	<b>18 heures</b>

## Acquis d'apprentissage visés

Compétence(s)	<p>À l'issue de cet enseignement, l'étudiant sera capable de :</p> <ol style="list-style-type: none"> <li><b>Comprendre les principes de fabrication des agromatériaux et des composites à matrice inorganique</b>, en identifiant les différentes techniques de mise en forme (extrusion, injection-moulage, thermopressage, frittage, infiltration, etc.).</li> <li><b>Analyser les propriétés des matériaux</b>, en réalisant une caractérisation mécanique (traction, flexion, choc), thermique (DSC, ATG) et thermo-mécanique (DMTA, PVT).</li> <li><b>Évaluer la durabilité et l'impact environnemental des matériaux</b>, en intégrant des notions de biodégradabilité, compostabilité et vieillissement.</li> <li><b>Comparer et sélectionner les matériaux adaptés à une application donnée</b>, en fonction de leurs performances mécaniques et environnementales.</li> <li><b>Expliquer les mécanismes d'endommagement et de renforcement des composites</b>, en lien avec la structure des matériaux et leur comportement sous sollicitation.</li> <li><b>Mettre en pratique les connaissances acquises</b> à travers une visite de halle technologique et l'étude de cas.</li> </ol> <p><i>At the end of this course, the student will be able to:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li><b>Understand the manufacturing principles of agromaterials and inorganic matrix composites</b>, identifying different shaping techniques (extrusion, injection molding, thermopressing, sintering, infiltration, etc.).</li> <li><b>Analyze material properties</b>, performing mechanical (tensile, bending, impact), thermal (DSC, ATG), and thermo-mechanical (DMTA, PVT) characterization.</li> <li><b>Assess the durability and environmental impact of materials</b>, integrating concepts of biodegradability, compostability, and aging.</li> <li><b>Compare and select suitable materials for a given application</b>, based on their mechanical performance and environmental considerations.</li> <li><b>Explain damage and reinforcement mechanisms in composites</b>, linking material structure to behavior under stress.</li> <li><b>Apply acquired knowledge</b> through a visit to the technological hall and a case study.</li> </ol>
---------------	---

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

## Modalités d'évaluation

Formule d'évaluation

(1\*DS1+1\*CC1)/2

## Langue d'enseignement

Langue

Anglais/English

## Objectifs de la formation visés

### Objectifs généraux

#### Connaissances

- Connaître les principales familles de matériaux composites biosourcés et inorganiques.
- Comprendre les techniques de mise en forme des agromatériaux et des composites à matrice inorganique (extrusion, injection-moulage, frittage, infiltration, etc.).
- Connaître les méthodes de caractérisation mécanique (traction, flexion, choc), thermique (DSC, ATG) et thermo-mécanique (DMTA, PVT).
- Comprendre les notions de biodégradabilité, compostabilité et durabilité des matériaux.
- Connaître les applications industrielles des matériaux étudiés et leurs impacts environnementaux.
- Comprendre les mécanismes d'endommagement et de renforcement des composites.

#### Savoir-faire

- Analyser les performances mécaniques et thermiques des agromatériaux et composites céramiques.
- Comparer différentes solutions de matériaux en fonction d'un cahier des charges industriel.
- Effectuer une évaluation critique des matériaux en termes de durabilité et d'impact environnemental.
- Appliquer les techniques de caractérisation pour évaluer les performances des matériaux.
- Synthétiser des données scientifiques issues d'expérimentations et de publications.
- Présenter oralement et par écrit une analyse comparative des matériaux et de leurs propriétés.

#### Savoir-être

- Être conscient des enjeux liés au choix des matériaux en termes de performance et d'impact écologique.
- Adopter une démarche critique et scientifique pour évaluer les matériaux en fonction des contraintes d'usage.
- Travailler en équipe et communiquer efficacement sur les résultats d'analyse des matériaux.
- Être rigoureux et méthodique dans l'analyse et la présentation des données expérimentales.

#### Compétences

- Être capable d'analyser et comparer des matériaux en fonction de leurs performances et de leur impact environnemental.
- Être capable d'expliquer les choix techniques liés aux matériaux composites en fonction de l'application ciblée.
- Être capable de mobiliser les connaissances acquises pour résoudre un problème d'ingénierie des matériaux.
- Être capable de travailler en équipe sur une étude de cas et de communiquer ses résultats de manière structurée et argumentée.

#### Knowledge

- *Knowing the main families of bio-based and inorganic composite materials.*
- *Understanding the shaping techniques for agromaterials and inorganic matrix composites (extrusion, injection molding, sintering, infiltration, etc.).*
- *Knowing the methods for mechanical (tensile, bending, impact), thermal (DSC, ATG), and thermo-mechanical (DMTA, PVT) characterization.*
- *Understanding biodegradability, compostability, and durability concepts of materials.*
- *Knowing the industrial applications of the studied materials and their environmental impact.*
- *Understanding the damage and reinforcement mechanisms in composite materials.*

#### Skills

- *Analyzing the mechanical and thermal performances of agromaterials and ceramic composites.*
- *Comparing different material solutions based on an industrial specification.*

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

- *Conducting a critical evaluation of materials regarding durability and environmental impact.*
- *Applying characterization techniques to assess material performance.*
- *Synthesizing scientific data from experiments and publications.*
- *Presenting a comparative analysis of materials and their properties both orally and in writing.*

## **Soft Skills**

- *Being aware of the challenges related to material selection in terms of performance and ecological impact.*
- *Adopting a critical and scientific approach to evaluate materials based on usage constraints.*
- *Working effectively in a team and communicating results clearly.*
- *Being rigorous and methodical in data analysis and presentation.*

## **Competencies**

- *Being able to analyze and compare materials based on their performance and environmental impact.*
- *Being able to explain technical choices related to composite materials for a specific application.*
- *Being able to apply acquired knowledge to solve an engineering problem in materials science.*
- *Being able to work collaboratively on a case study and communicate findings in a structured and well-argued manner.*

## **Partie Agromatériaux**

### **Cours n°1 : 2 heures**

#### **Chapitre 1 : Introduction aux agromatériaux**

- 1.1 Définition et enjeux des agromatériaux
- 1.2 Présentation des différentes familles d'agromatériaux
- 1.3 Applications industrielles des agromatériaux

### **Cours n°2 : 2 heures**

#### **Chapitre 2 : Techniques de mise en forme des agromatériaux**

- 2.1 Extrusion-compoundage-granulation par extrusion bi-vis
- 2.2 Injection-moulage des composites à fibres courtes
- 2.3 Thermopressage, thermomoulage et thermoformage des composites à fibres longues
- 2.4 Extrusion mono-vis et utilisation des biopolymères

### **Cours n°3 : 2 heures**

#### **Chapitre 3 : Caractérisation des agromatériaux**

- 3.1 Comportement mécanique : traction, flexion, choc
- 3.2 Comportement thermique : DSC, ATG
- 3.3 Comportement thermo-mécanique : DMTA, PVT

### **Cours n°4 : 2 heures**

#### **Chapitre 4 : Durabilité et étude de cas**

- 4.1 Notions de biodégradabilité et compostabilité
- 4.2 Évaluation de la durabilité : DVS et propriétés de mouillage
- 4.3 Étude de cas : Le pot de repiquage en tourteau de tournesol
- 4.4 Visite de la halle technologique et des équipements

## **Partie Composites à matrice inorganique**

### **Cours n°5 : 2 heures**

#### **Chapitre 5 : Introduction aux matériaux céramiques et composites à matrice inorganique**

- 5.1 Définition et classification des matériaux céramiques
- 5.2 Propriétés générales : dureté, rigidité, stabilité chimique, fragilité
- 5.3 Principales applications industrielles

### **Cours n°6 : 2 heures**

#### **Chapitre 6 : Les composites céramiques à dispersoïdes**

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

- 6.1 Les cermets : propriétés et applications
- 6.2 Les céramiques à particules dispersées
- 6.3 Influence de la microstructure sur le comportement mécanique

## Cours n°7 : 2 heures

### Chapitre 7 : Les composites céramiques à fibres courtes

- 7.1 Fibres céramiques courtes et trichites
- 7.2 Mécanismes de renforcement par trichites et particules
- 7.3 Techniques d'élaboration et caractérisation

## Cours n°8 : 2 heures

### Chapitre 8 : Les composites céramiques à fibres continues (CMC)

- 8.1 Fibres céramiques longues : propriétés et fabrication
- 8.2 Applications des composites à matrice céramique : aéronautique, spatial, freinage
- 8.3 Caractérisation et comportement mécanique des CMC

## Cours n°9 : 2 heures

### Chapitre 9 : Durabilité et optimisation des matériaux inorganiques

- 9.1 Mécanismes d'endommagement et tenue à l'oxydation des CMC
- 9.2 Approches de renforcement et amélioration des performances
- 9.3 Comparaison des solutions pour des applications industrielles

## Agromaterials section

### Lesson 1: 2 hours

#### Chapter 1: Introduction to agromaterials

- 1.1 Definition and challenges of agromaterials
- 1.2 Presentation of the different families of agromaterials
- 1.3 Industrial applications of agromaterials

### Lesson 2: 2 hours

#### Chapter 2: Techniques for shaping agromaterials

- 2.1 Extrusion-compounding-granulation by twin-screw extrusion
- 2.2 Injection-moulding of short-fibre composites
- 2.3 Thermopressing, thermomoulding and thermoforming of long-fibre composites
- 2.4 Single screw extrusion and use of biopolymers

### Lesson 3: 2 hours

#### Chapter 3: Characterisation of agromaterials

- 3.1 Mechanical behaviour: traction, flexion, impact
- 3.2 Thermal behaviour: DSC, ATG
- 3.3 Thermo-mechanical behaviour: DMTA, PVT

### Lesson 4: 2 hours

#### Chapter 4: Durability and case studies

- 4.1 Concepts of biodegradability and compostability
- 4.2 Durability assessment: SVR and wetting properties
- 4.3 Case study: The sunflower meal transplant pot
- 4.4 Tour of the technology hall and equipment

## Inorganic matrix composites section

### Lesson 5: 2 hours

#### Chapter 5: Introduction to ceramic materials and inorganic matrix composites

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

- 5.1 Definition and classification of ceramic materials
- 5.2 General properties: hardness, rigidity, chemical stability, brittleness
- 5.3 Main industrial applications

## Lesson 6: 2 hours

### Chapter 6: Ceramic dispersoid composites

- 6.1 Cermets: properties and applications
- 6.2 Ceramics with dispersed particles
- 6.3 Influence of microstructure on mechanical behaviour

## Lesson 7: 2 hours

### Chapter 7: Short-fibre ceramic composites

- 7.1 Short ceramic fibres and whiskers
- 7.2 Reinforcement mechanisms using whiskers and particles
- 7.3 Processing techniques and characterisation

## Lesson 8: 2 hours

### Chapter 8: Continuous fibre ceramic composites (CMC)

- 8.1 Long ceramic fibres: properties and manufacture
- 8.2 Applications of ceramic matrix composites: aeronautics, space, braking
- 8.3 Characterisation and mechanical behaviour of CMCs

## Lesson 9: 2 hours

### Chapter 9: Durability and optimisation of inorganic materials

- 9.1 Damage mechanisms and oxidation resistance of CMCs
- 9.2 Strengthening approaches and performance improvement
- 9.3 Comparison of solutions for industrial applications

## Méthodes pédagogiques mises en place

- **Cours magistraux interactifs** (support PowerPoint, discussions dirigées) pour introduire les concepts fondamentaux des agromatériaux et des composites à matrice inorganique.
- **Exercices d'application en TD** afin d'ancrer les connaissances théoriques avec des mises en situation concrètes.
- **Travaux de recherche bibliographique** permettant aux étudiants d'explorer la littérature scientifique et technique sur les matériaux étudiés.
- **Analyse et présentation de cas d'étude** : les étudiants travaillent en groupe sur une étude de cas spécifique, en s'appuyant sur des publications scientifiques récentes pour justifier leurs analyses et conclusions.
- **Visite de la halle technologique et de ses équipements** : immersion dans un environnement technique pour visualiser les procédés de mise en forme et de caractérisation des matériaux.
- **Utilisation de résultats issus de publications scientifiques** pour illustrer les cours et permettre aux étudiants de se familiariser avec les approches de recherche en matériaux.

## Moyens pédagogiques innovants

- **Travail sur des publications scientifiques récentes**, favorisant une approche critique et une mise en contexte des connaissances.
- **Apprentissage par la recherche** : les étudiants explorent des articles scientifiques, identifient des tendances et synthétisent des données pour enrichir leur compréhension.
- **Mise en situation avec des exercices pratiques** : choix de matériaux en fonction d'un cahier des charges, analyse des performances en tenant compte des contraintes industrielles et environnementales.
- **Développement des compétences de communication scientifique** par des présentations orales et des comptes rendus techniques.

## Teaching Methods

- **Interactive lectures** (PowerPoint presentations, guided discussions) to introduce the fundamental concepts of agromaterials and inorganic matrix composites.
- **Application exercises in practical sessions** to reinforce theoretical knowledge through real-world scenarios.
- **Bibliographic research assignments**, enabling students to explore scientific and technical literature on

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

the studied materials.

- **Case study analysis and presentation**, where students work in groups on a specific case, using recent scientific publications to justify their analyses and conclusions.
- **Visit to the technological hall and its equipment**, offering an immersive experience to visualize material processing and characterization techniques.
- **Use of scientific publications** to illustrate lectures and help students familiarize themselves with research approaches in materials science.

## Innovative Teaching Approaches

- **Working with recent scientific publications**, fostering a **critical approach** and contextualizing knowledge acquisition.
- **Research-based learning**, where students explore scientific articles, identify trends, and synthesize data to deepen their understanding.
- **Practical problem-solving exercises**, such as selecting materials based on technical specifications and analyzing their performance in relation to industrial and environmental constraints.
- **Development of scientific communication skills** through oral presentations and technical reports.

## Prérequis pour l'EC

### Prérequis

#### 1. Connaissances fondamentales en science des matériaux

- Notions de **chimie des matériaux** (structure des polymères, céramiques et métaux).
- Bases de la **physique des matériaux**, notamment sur les propriétés mécaniques et thermiques des solides.
- Connaissances générales sur les **mécanismes de transformation des matériaux** (fusion, frittage, extrusion, injection, etc.).

#### 2. Compétences en caractérisation des matériaux

- Compréhension des méthodes de **caractérisation mécanique** (traction, flexion, choc).
- Notions de base sur les **analyses thermiques et thermo-mécaniques** (DSC, ATG, DMTA, PVT).
- Connaissance des techniques d'analyse des surfaces et de la microstructure (microscopie optique, MEB, diffraction des rayons X).

#### 3. Compétences transversales

- **Capacité d'analyse et de synthèse** de documents techniques et scientifiques.
- **Maîtrise des outils de recherche bibliographique** (utilisation de bases de données scientifiques comme ScienceDirect, Web of Science, etc.).
- **Aptitude à la communication scientifique** : rédaction de comptes rendus, présentations orales, lecture et compréhension d'articles scientifiques en anglais.

#### 1. Fundamental Knowledge in Materials Science

- *Basic understanding of **materials chemistry** (structure of polymers, ceramics, and metals).*
- *Fundamentals of **materials physics**, especially regarding the mechanical and thermal properties of solids.*
- *General knowledge of **material processing techniques** (melting, sintering, extrusion, injection molding, etc.).*

#### 2. Skills in Material Characterization

- *Understanding of **mechanical characterization methods** (tensile, bending, impact testing).*
- *Basic knowledge of **thermal and thermo-mechanical analyses** (DSC, TGA, DMTA, PVT).*
- *Familiarity with surface and microstructure analysis techniques (optical microscopy, SEM, X-ray diffraction).*

#### 3. Cross-disciplinary Skills

- **Ability to analyze and synthesize** technical and scientific documents.

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

- **Proficiency in bibliographic research tools** (using scientific databases such as ScienceDirect, Web of Science, etc.).
- **Scientific communication skills**, including writing reports, delivering oral presentations, and reading and understanding scientific papers in English.

## Travail personnel hors présentiel

Volume horaire

27 Heures

Type de travail

### 1. Révision des cours et approfondissement théorique

- Relecture des supports de cours et des publications scientifiques présentées en classe.
- Synthèse des notions clés sur les agromatériaux et les composites à matrice inorganique.
- Étude des méthodes de caractérisation des matériaux et des procédés de mise en forme.

### 2. Travail de recherche et analyse bibliographique

- Recherche d'articles scientifiques en lien avec les thématiques abordées.
- Analyse et synthèse des informations issues des publications.
- Rédaction d'un état de l'art sur un sujet spécifique lié aux matériaux étudiés.

### 3. Exercices pratiques et études de cas

- Résolution d'exercices appliqués en lien avec la sélection et la caractérisation des matériaux.
- Analyse de cas concrets industriels et comparaison des performances des matériaux en fonction de leur usage.
- Préparation de tableaux comparatifs et argumentation des choix techniques.

### 4. Préparation d'une présentation orale et rédaction d'un rapport technique

- Rédaction d'un rapport synthétique sur un sujet donné (étude de cas, analyse de performance des matériaux, comparaison de techniques de fabrication).
- Structuration et mise en forme du document selon les standards académiques.
- Préparation d'une présentation orale avec support visuel (PowerPoint, poster) à présenter en groupe ou individuellement.

### 1. Course Review and Theoretical Deepening

- Revisiting lecture materials and scientific publications presented in class.
- Summarizing key concepts related to agromaterials and inorganic matrix composites.
- Studying material characterization methods and processing techniques.

### 2. Research Work and Bibliographic Analysis

- Searching for scientific articles related to the course topics.
- Analyzing and synthesizing information from publications.
- Writing a literature review on a specific topic related to the studied materials.

### 3. Practical Exercises and Case Studies

- Solving applied exercises related to material selection and characterization.
- Analyzing real industrial case studies and comparing material performance based on application.
- Preparing comparative tables and justifying technical choices.

### 4. Preparation of an Oral Presentation and Technical Report

- Writing a concise report on a given topic (case study, material performance analysis, comparison of fabrication techniques).
- Structuring and formatting the document according to academic standards.
- Preparing an oral presentation with visual support (PowerPoint, poster) to be presented individually or in groups.

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

## Ressources bibliographiques

1. Bathias, C. (2020). *Matériaux composites* (2<sup>e</sup> éd.). Dunod.
2. Sesiano, J. (2004). *Matériaux composites à matrice organique : Constituants, procédés, propriétés* (Vol. 15). Presses Polytechniques et Universitaires Romandes.
3. Fantozzi, G., Nièpce, J.-C., & Bonnefont, G. (2013). *Les céramiques industrielles : Propriétés, mise en forme et applications*. Dunod.
4. Gigliotti, M., Lafarie-Frenot, M.-C., Grandidier, J.-C., & Minervino, M. (2020). *Comportement mécanique des composites à matrice organique*. ISTE Group.
5. Evon, P. (2018). *Agro-Matériaux : Procédés de désassemblage et de mise en forme*. [Thèse de doctorat, Université de Toulouse]. HAL.
6. Jetteur, P., Bruyneel, M., & Craveur, J.-C. (2019). *Structures en matériaux composites : Calcul par éléments finis*. Dunod.
7. Chaallal, O. (2014). *Matériaux composites en PRF : Renforcement des structures existantes en béton armé*. Presses de l'Université du Québec.
8. Daviaud, R., & Filliatre, C. (1995). *Introduction aux matériaux composites : Tome 1, Matrices organiques*. Masson.

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Code EC	IGENI-EC0874MP
Code UE	IGENI-UE0807MP
Coefficient interne à l'EC	1,2

Coordinateur ENIT de l'EC	Malik YAHIAOUI
---------------------------	----------------

## Présentation de l'EC

Nom de l'EC	Céramiques
Nom(s) du/des enseignant(s)	Malik YAHIAOUI

Volume Horaire/Format	Format	Heures
	CM	14 H
	TD	6 H
	TP	H
	Projet encadré	H
	Projet en autonomie	H
	<b>Total</b>	<b>20 heures</b>

## Acquis d'apprentissage visés

Compétence(s)	<ol style="list-style-type: none"> <li><b>Connaissance des propriétés des céramiques :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Maîtriser les propriétés des céramiques, notamment leurs caractéristiques physiques et mécaniques.</li> <li>Comprendre les différents types de céramiques (traditionnelles, techniques et thermomécaniques) et leurs applications industrielles.</li> <li>Connaître les techniques de fabrication des céramiques, en particulier le frittage et ses mécanismes.</li> </ul> </li> <li><b>Compréhension de la fragilité et de la ténacité des céramiques :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Comprendre l'origine de la fragilité des céramiques et comment elles se comportent sous contrainte.</li> <li>Appréhender la notion de ténacité et son importance pour la performance des céramiques.</li> </ul> </li> <li><b>Calcul de la probabilité de rupture et de la durée de vie :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Savoir calculer la probabilité de rupture d'une pièce céramique en utilisant des modèles statistiques, comme le modèle de Weibull.</li> <li>Être capable de prédire la durée de vie d'une pièce en céramique à partir de diagrammes SPT et de tests d'épreuve.</li> </ul> </li> <li><b>Identification des mécanismes d'endommagement des céramiques :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Savoir identifier et analyser les différents mécanismes de dégradation des céramiques, tels que : <ul style="list-style-type: none"> <li>La rupture (rupture brutale et rupture différée).</li> <li>La fatigue statique et la fissuration sous critique.</li> <li>Le fluage (fluage visqueux, diffusionnel, cavitation).</li> <li>Les chocs thermiques et leurs impacts sur la résistance des matériaux.</li> </ul> </li> </ul> </li> <li><b>Application des concepts théoriques :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Appliquer les concepts étudiés pour comprendre et prédire le comportement des céramiques dans diverses conditions d'utilisation.</li> <li>Savoir analyser et interpréter les tests et les données expérimentales relatives aux céramiques.</li> </ul> </li> </ol>
	<p>Ces acquis permettront aux étudiants d'avoir une vision complète des céramiques, de leur comportement en usage industriel, et de pouvoir évaluer leur fiabilité et leur durabilité dans des applications critiques.</p>

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

## 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

- 1. Acquérir une compréhension approfondie des céramiques :**
  - Apprendre les propriétés fondamentales des céramiques, leur mode de fabrication et leurs applications industrielles spécifiques.
  - Savoir analyser l'impact des défauts sur le comportement mécanique des céramiques.
- 2. Comprendre les phénomènes de fragilité et de ténacité :**
  - Maîtriser les concepts liés à la fragilité des céramiques et comprendre le mécanisme de rupture.
  - Acquérir une connaissance approfondie de la ténacité des céramiques et de son rôle dans leur comportement sous contrainte.
- 3. Évaluer la fiabilité des céramiques :**
  - Être capable de calculer la probabilité de rupture d'une pièce céramique en utilisant des modèles statistiques comme celui de Weibull.
  - Savoir prédire la durée de vie des céramiques à partir de tests de performance et d'analyses statistiques.
- 4. Identifier et analyser les mécanismes d'endommagement des céramiques :**
  - Comprendre et identifier les différents mécanismes de dégradation des céramiques, notamment la rupture, la fatigue, le fluage et les chocs thermiques.
  - Savoir appliquer les lois qui régissent ces mécanismes dans des scénarios industriels et prédire les comportements en conditions extrêmes.
- 5. Développer des compétences en thermomécanique :**
  - Acquérir des compétences pour analyser le comportement thermomécanique des céramiques, incluant la résistance au fluage, aux chocs thermiques et aux contraintes thermiques.
  - Savoir utiliser des outils d'analyse thermoélastiques et énergétiques pour prédire la réponse des céramiques aux variations thermiques.
- 6. Savoir utiliser les outils statistiques pour la prédiction de la fiabilité des céramiques :**
  - Apprendre à utiliser des outils de modélisation et de calcul pour prédire la durée de vie et la probabilité de rupture des céramiques dans des environnements industriels.

Ces objectifs visent à former des étudiants capables de comprendre, analyser et optimiser l'utilisation des céramiques dans des applications techniques complexes, en tenant compte des propriétés, des mécanismes d'endommagement et des prévisions de performance.

### Contenus

#### Cours n°1 : 2h

##### I : Présentation

#### Cours n°2 : 2h

##### II : Structure & microstructure

- Constituants
- Cristallographie
- Transformations en température

#### Cours n°3 : 2h

##### III : Élaboration

- Élaboration des céramiques
- Mécanismes de frittage

#### Cours n°4 : 2h

##### IV : Comportement mécanique

- Propriétés mécaniques
- Caractérisation mécanique

#### Cours n°5 : 4h

##### V : Statistique de la rupture

- Modèle de Weibull

#### Cours n°6 : 2h

##### VI : Fatigue des céramiques

- Fissuration sous critique
- Estimation de la durée de vie

#### Cours n°7 : 2h

##### VII : Comportement thermomécanique

- Chocs thermiques
- Fluage des céramiques

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

## Cours n°8 : 4h

- Conférence d'un industriel

Méthodes et/ou moyens pédagogiques

### 1. Cours théoriques :

- Des exposés détaillés permettront de présenter les propriétés des céramiques, leur mode de fabrication, et les mécanismes de dégradation et d'endommagement.
- Ces cours incluront des explications sur les concepts clés, tels que la fragilité, la ténacité, la rupture, la fatigue, le fluage et les chocs thermiques, avec des exemples pratiques d'application.

### 2. Études de cas :

- Des études de cas pratiques seront utilisées pour illustrer comment les céramiques sont appliquées dans l'industrie, notamment dans les secteurs où la performance thermomécanique est cruciale.
- L'objectif est de mettre en évidence les défis réels rencontrés dans l'utilisation des céramiques et de discuter des solutions possibles.

### 3. Exercices et calculs pratiques :

- Des exercices sur la calculabilité de la probabilité de rupture et la prédiction de la durée de vie des céramiques seront proposés aux étudiants.
- Ces exercices incluront l'utilisation de modèles statistiques (comme le modèle de Weibull) et de diagrammes SPT pour simuler des scénarios d'endommagement.

### 4. Démonstrations expérimentales :

- Des démonstrations pratiques ou des simulations de tests (test de rupture, de fatigue, de fluage et de choc thermique) permettront aux étudiants de mieux comprendre les phénomènes étudiés et leur impact sur les matériaux céramiques.
- Les résultats expérimentaux pourront être comparés aux modèles théoriques pour une meilleure compréhension.

### 5. Travaux dirigés (TD) :

- Les TD permettront aux étudiants de travailler en groupe sur des problèmes spécifiques, d'effectuer des calculs, de réaliser des analyses et de discuter des résultats obtenus.
- Cela favorisera l'apprentissage par la pratique et la résolution de problèmes complexes.

### 6. Séminaires et conférences :

- Des interventions de spécialistes et de professionnels du secteur des céramiques thermomécaniques pourront être organisées pour offrir une perspective pratique et actuelle sur l'industrie.
- Ces séminaires permettront d'ouvrir le champ d'application des théories enseignées à des cas concrets dans l'industrie.

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

## Prérequis pour l'EC

### Prérequis

1. **Cours de matériaux :**
  - Une connaissance préalable des matériaux solides et de leurs propriétés est nécessaire. Cela inclut une compréhension des différentes classes de matériaux (métaux, polymères, céramiques, etc.) ainsi que des principes fondamentaux de la science des matériaux.
2. **Cours de mécanique générale :**
  - Une base solide en mécanique générale est requise, notamment en ce qui concerne les concepts de forces, contraintes, déformations, et lois de la résistance des matériaux. Les étudiants doivent être capables d'analyser les comportements mécaniques des matériaux sous différentes conditions de charge.
3. **Cours de thermique :**
  - Une bonne compréhension des principes thermiques est nécessaire pour aborder les aspects thermomécaniques du cours, tels que le comportement thermique des céramiques, le fluage, et les chocs thermiques. Cela inclut des connaissances de base en thermodynamique, transfert thermique et comportement des matériaux à haute température.

## Travail personnel hors présentiel

### Volume horaire

20 Heures

### Type de travail

- Les étudiants devront préparer les travaux dirigés (TD) et travaux pratiques (TP) en lisant les documents fournis (ouvrages de référence, articles scientifiques) et en se familiarisant avec les concepts théoriques nécessaires.
- Cela inclura la lecture des chapitres clés des manuels recommandés, ainsi que des articles de recherche pour approfondir la compréhension des sujets abordés, comme le modèle de Weibull, les lois de la rupture, le comportement à haute température, etc.
- Réalisation d'exercices de calculs et de simulations sur des scénarios de rupture, de fatigue, de fluage et de chocs thermiques, en utilisant des modèles mathématiques et des outils informatiques.

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

## *Ressources bibliographiques*

Cliquez ici et entrez les ressources bibliographiques

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Code EC	IGENI-EC0871
Code UE	IGENI-UE0807OP
Coefficient interne à l'EC	5,4

Coordinateur ENIT de l'EC	Carmen MARTIN
---------------------------	---------------

## Présentation de l'EC

Nom de l'EC	Projet
Nom(s) du/des enseignant(s)	Enseignants chercheurs de l'ENIT, intervenant dans les cours des options (niveau MASTER)

Volume Horaire/Format	Format	Heures
	CM	H
	TD	H
	TP	H
	Projet encadré	30 H
	Projet en autonomie	55 H
	<b>Total</b>	<b>85 heures</b>

## Acquis d'apprentissage visés

Compétence(s)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mobiliser et approfondir des connaissances spécialisées dans l'option concernée (mécanique, génie industriel, matériaux ou génie civil).</li> <li>Connaître et utiliser les méthodes et outils scientifiques propres au domaine du projet, en lien avec les activités du laboratoire LGP.</li> <li>Effectuer une revue de littérature scientifique ciblée, synthétiser et analyser les résultats afin de positionner clairement le projet par rapport à l'état de l'art.</li> <li>Mettre en place une démarche expérimentale ou de simulation, adaptée aux problématiques du projet, et analyser les résultats obtenus de manière critique.</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li><i>Mobilise and deepen specialised knowledge in the relevant option (mechanics, industrial engineering, materials or civil engineering).</i></li> <li><i>Know and use the scientific methods and tools specific to the project field, in connection with the activities of the LGP laboratory.</i></li> <li><i>Carry out a targeted review of scientific literature, synthesise and analyse the results in order to clearly position the project in relation to the state of the art.</i></li> <li><i>Set up an experimental or simulation approach, adapted to the project's issues, and analyse the results obtained critically.</i></li> </ul>
---------------	--

## Modalités d'évaluation

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

## Langue d'enseignement

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

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

## Objectifs de la formation visés

<b>Objectifs généraux</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Mettre en place une gestion structurée du projet, en identifiant précisément les objectifs, les livrables attendus ainsi que les jalons clés du suivi intermédiaire.</li><li>• Renforcer son autonomie dans la conduite du projet, tout en recherchant activement et en prenant en compte les recommandations formulées par l'encadrant.</li><li>• Acquérir des compétences solides en résolution de problèmes, en déterminant précisément les leviers d'action face aux difficultés techniques ou organisationnelles rencontrées.</li><li>• Assurer une organisation rigoureuse des résultats et des données, ainsi qu'une documentation méthodique des étapes réalisées au cours du projet.</li></ul> <ul style="list-style-type: none"><li>• <i>Implement structured project management, precisely identifying the objectives, expected deliverables and key milestones for intermediate monitoring.</i></li><li>• <i>Strengthen your autonomy in the conduct of the project, while actively seeking out and taking into account the recommendations made by the supervisor.</i></li><li>• <i>Acquire solid problem-solving skills, by precisely determining the levers of action in the face of technical or organisational difficulties encountered.</i></li><li>• <i>Ensure rigorous organisation of results and data, as well as methodical documentation of the stages completed during the project.</i></li></ul>
<b>Contenus</b>	
<b>Méthodes et/ou moyens pédagogiques</b>	

## Prérequis pour l'EC

<b>Prérequis</b>	Pas de prérequis demandé <i>No prerequisites required</i>
------------------	--

## Travail personnel hors présentiel

<b>Volume horaire</b>	Cliquez ici et entrez le nombre d'heures de travail personnel <b>Heures</b>
-----------------------	---

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

## Type de travail

- Travail en équipe et en autonomie dans le cadre d'un projet technique ou scientifique.
- Préparer et animer les réunions d'avancement avec le tuteur .
  
- *Teamwork and working independently as part of a technical or scientific project.*
- *Preparing and chairing progress meetings with the tutor.*

## Ressources bibliographiques

Cliquez ici et entrez les ressources bibliographiques

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Code EC	IGENI-EC0872
Code UE	IGENI-UE0807OP
Coefficient interne à l'EC	0,6

Coordinateur ENIT de l'EC	Carmen MARTIN
---------------------------	---------------

## Présentation de l'EC

Nom de l'EC	Rapport
Nom(s) du/des enseignant(s)	Enseignants-chercheurs intervenant dans les options du parcours FISE de l'ENIT (niveau MASTER)

Volume Horaire/Format	Format	Heures
	CM	H
	TD	H
	TP	H
	Projet encadré	H
	Projet en autonomie	10 H
	<b>Total</b>	<b>10 heures</b>

## Acquis d'apprentissage visés

<b>Compétence(s)</b>	<p>Dans le cadre de ce projet, en remplacement des cours des options du parcours FISE de l'ENIT réalisé en groupe ou individuellement, les étudiants mobilisent et développent les compétences suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Travailler en autonomie dans le cadre d'un projet technique ou scientifique : s'organiser de manière responsable pour réaliser un projet sur une durée étalée, en respectant les étapes, les délais et les objectifs fixés.</li> <li>• Mobiliser les connaissances acquises dans les enseignements de l'école en lien avec les cours de l'option suivie par l'étudiant pour formuler, structurer et résoudre une problématique technique ou scientifique concrète en lien avec les domaines étudiés.</li> <li>• Collaborer efficacement avec son encadrant : faire preuve de communication, d'écoute active et de respect</li> <li>• Préparer et animer les réunions d'avancement avec le tuteur : produire des supports de suivi, rendre compte de l'évolution du projet, poser des questions et intégrer les retours du tuteur dans le travail.</li> </ul> <p><i>As part of this project, replacing the option courses of the FISE course at ENIT taken in groups or individually, students mobilise and develop the following skills:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Working independently on a technical or scientific project: organising themselves responsibly to carry out a project over a period of time, respecting the stages, deadlines and objectives set.</i></li> <li>• <i>Mobilise knowledge acquired in school lessons in connection with the courses of the option followed by the student to formulate, structure and solve a concrete technical or scientific problem related to the fields studied.</i></li> <li>• <i>Collaborate effectively with one's supervisor: demonstrate communication, active listening and respect.</i></li> <li>• <i>Prepare and lead progress meetings with the tutor: produce monitoring materials, report on the progress of the project, ask questions and incorporate the tutor's feedback into the work</i></li> </ul>
----------------------	--

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

## Modalités d'évaluation

Formule d'évaluation

(1\*RAP)/1

## Langue d'enseignement

Langue

Anglais/English

## Objectifs de la formation visés

Objectifs généraux

### Objectifs en termes de connaissances

- Approfondir les connaissances disciplinaires liées au projet (techniques, scientifiques, ou professionnelles).
- Comprendre les enjeux du contexte : entreprise, secteur, domaine d'application.
- Assimiler la démarche de projet : cahier des charges, planification, analyse de besoins, etc.

### Objectifs en termes de savoir-faire

- Rédiger un rapport structuré : introduction, méthodologie, résultats, analyse, conclusion, annexes.
- Appliquer une méthode de conduite de projet : Gantt, gestion des tâches, suivi d'avancement.
- Présenter des résultats de manière claire et argumentée : tableaux, graphiques, schémas explicatifs.
- Citer ses sources correctement (bibliographie, normes, données externes).
- Travailler en équipe et rendre compte des contributions individuelles.

### Objectives in terms of knowledge

- Deepen disciplinary knowledge related to the project (technical, scientific or professional).
- Understand the issues at stake in the context: company, sector, field of application.
- Assimilate the project approach: specifications, planning, needs analysis, etc.

### Objectives in terms of know-how

- Write a structured report: introduction, methodology, results, analysis, conclusion, appendices.
- Apply a project management method: Gantt, task management, progress monitoring.
- Present results in a clear and reasoned manner: tables, graphs, explanatory diagrams
- Cite sources correctly (bibliography, standards, external data).
- Work in a team and report on individual contributions.

Contenus

Méthodes et/ou moyens  
pédagogiques

Réunions de travail avec le tuteur du projet tout le long du semestre.

Work meetings with the tutor of the project throughout the semester.

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

## Prérequis pour l'EC

Prérequis

## Travail personnel hors présentiel

Volume horaire

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

Type de travail

- Travail en équipe et/ou en autonomie dans le cadre d'un projet technique ou scientifique
- Assurer la coordination au sein du groupe et préparer et animer les réunions d'avancement avec le tuteur .
  
- *Teamwork and working independently as part of a technical or scientific project.*
- *Ensuring coordination within the group and preparing and chairing progress meetings with the tutor.*

## Ressources bibliographiques

Cliquez ici et entrez les ressources bibliographiques

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Code EC	IGENI-EC0873
Code UE	IGENI-UE0807OP
Coefficient interne à l'EC	0,3

Coordinateur ENIT de l'EC	Carmen MARTIN
---------------------------	---------------

## Présentation de l'EC

Nom de l'EC	Soutenance
Nom(s) du/des enseignant(s)	Enseignants chercheurs de l'ENIT, intervenant dans les cours d'options du parcours FISE

Volume Horaire/Format	Format	Heures
	CM	H
	TD	H
	TP	H
	Projet encadré	H
	Projet en autonomie	5 H
	<b>Total</b>	<b>5 heures</b>

## Acquis d'apprentissage visés

<b>Compétence(s)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Structurer clairement la présentation orale (introduction, problématique, méthodologie, résultats, conclusion) en utilisant des supports visuels pertinents, lisibles et bien organisés (diaporamas, schémas, graphiques) et répondre efficacement aux questions posées en montrant une bonne réactivité et une maîtrise du sujet.</li> <li>Démontrer une bonne compréhension du sujet traité, justifier clairement la démarche méthodologique adoptée et présenter et analyser les résultats obtenus avec précision et rigueur.</li> <li>Justifier les choix effectués (techniques, matériels, organisationnels) et évaluer de manière critique les éventuels écarts entre les prévisions et les réalisations effectives.</li> <li>Analyser et interpréter les résultats, en expliquant clairement les limites ou difficultés rencontrées, et faire preuve de recul en proposant des améliorations ou perspectives</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li><i>Clearly structure the oral presentation (introduction, issues, methodology, results, conclusion) using relevant, legible and well-organised visual aids (slideshows, diagrams, graphs) and effectively answer to questions asked by showing good responsiveness and mastery of the subject.</i></li> <li><i>Demonstrate a good understanding of the subject matter, clearly justify the methodological approach adopted and present and analyze the results obtained with precision and rigour.</i></li> <li><i>Justify the choices made (technical, material, organisational) and critically evaluate any discrepancies between forecasts and actual results</i></li> <li><i>Interpret the results, clearly explaining the limitations or difficulties encountered, and take a step back by proposing improvements or perspectives</i></li> </ul>
----------------------	---

## Modalités d'évaluation

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Formule d'évaluation

(1\*SOUT)/1

## Langue d'enseignement

Langue

Anglais/English

## Objectifs de la formation visés

Objectifs généraux

L'objectif est d'évaluer la capacité des étudiants à présenter de manière autonome, structurée et critique un projet d'ingénierie qu'ils ont réalisé.

*The objective is to assess the students' ability to present an engineering project they have carried out in an autonomous, structured and critical manner.*

Contenus

Méthodes et/ou moyens  
pédagogiques

Présentation en anglais d'une durée de 20 minutes, suivie des questions et/ou des remarques de la part du jury.

Presentation in English lasting 20 minutes, followed by questions and/or comments from the jury

Prérequis pour l'EC

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

<b>Prérequis</b>	Pas de prérequis demandés <i>No prerequisites required</i>
------------------	---

## Travail personnel hors présentiel

<b>Volume horaire</b>	Cliquez ici et entrez le nombre d'heures de travail personnel <b>Heures</b>
<b>Type de travail</b>	Préparation d'un support pour la soutenance <i>Preparation of a support for the defence</i>

## Ressources bibliographiques

Cliquez ici et entrez les ressources bibliographiques

## Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Code UE	IGENI-UE0807SI
Crédits ECTS	6
Coefficient interne à l'UE	6,3

### 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	57 H
	TD	2 H
	TP	27 H
	Projet encadré	6 H
	Projet en autonomie	6 H
	<b>Total</b>	<b>98 heures</b>

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

## Thèmes et Objectifs de la formation visés

### Principaux thèmes abordés

L'UE « Conception des systèmes intégrés » aborde de manière transversale et approfondie les différentes composantes techniques et méthodologiques nécessaires à la conception de systèmes intégrés complexes, notamment :

- Les sources d'énergie électrochimique et leur dimensionnement.
- La compatibilité électromagnétique et les normes associées.
- Les méthodes avancées de commande et d'identification de systèmes.
- La modélisation et la commande dans l'espace d'état appliquée à la robotique.
- La simulation interactive et immersive en 3D dans un contexte industriel.
- La vérification et validation des systèmes.
- La communication des systèmes informatiques embarqués.

Ces thèmes sont étudiés à travers des approches théoriques, pratiques et projet, favorisant l'acquisition de compétences transversales pour le développement de systèmes innovants, robustes et interopérables.

### Principaux objectifs généraux visés

Cette UE vise à permettre aux futurs ingénieurs de :

- Concevoir des systèmes électrotechniques et mécatroniques complexes en intégrant des contraintes d'énergie, de commande, de compatibilité électromagnétique et de communication.
- Appliquer des méthodes de modélisation, de simulation et de validation pour garantir la robustesse, la performance et la conformité des systèmes développés.
- Exploiter des technologies immersives (réalité virtuelle) pour la conception, la formation ou la maintenance de systèmes industriels.
- Dialoguer avec les différents experts métiers (CEM, énergie, simulation, etc.) et piloter des projets intégrant ces différents volets.

## Acquis d'apprentissage visés

### Compétence(s)

#### Compétence principale :

À l'issue de l'UE, les étudiants seront en mesure, lors de la conception de systèmes électroniques, mécatroniques ou robotiques, de spécifier, modéliser, simuler, commander et valider des systèmes intégrés en tenant compte des contraintes d'énergie, de compatibilité électromagnétique, de communication et de performances, en montrant une maîtrise des méthodes avancées de commande, de simulation interactive, et d'analyse CEM.

#### Compétence complémentaire 1 :

À l'issue de l'UE, les étudiants seront en mesure, dans leur futur métier d'ingénieur, de concevoir des simulations interactives adaptées à des problématiques industrielles (maintenance, formation, etc.), en intégrant des outils matériels et logiciels de réalité virtuelle, en montrant une capacité à adapter les formats numériques aux besoins opérationnels.

#### Compétence complémentaire 2 :

À l'issue de l'UE, les étudiants seront en mesure, dans le cadre de projets pluridisciplinaires, d'interagir efficacement avec les experts en CEM, en énergie, en communication ou en validation, en mobilisant les normes, modèles et outils adaptés, et en montrant une capacité à intégrer les exigences de chaque domaine dans une architecture système cohérente.

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Code EC	IGENI-EC0871SI
Code UE	IGENI-UE0807SI
Coefficient interne à l'EC	0,7

Coordinateur ENIT de l'EC	Daraignez Xavier
---------------------------	------------------

## Présentation de l'EC

Nom de l'EC	Stockage de l'énergie électrochimique
Nom(s) du/des enseignant(s)	Daraignez Xavier

Volume Horaire/Format	Format	Heures
	CM	5 H
	TD	2 H
	TP	4 H
	Projet encadré	H
	Projet en autonomie	H
	<b>Total</b>	<b>11 heures</b>

## Acquis d'apprentissage visés

Compétence(s)	<p>À la fin de cet enseignement, les étudiants auront acquis une solide culture générale sur le stockage électrochimique. Ils sauront analyser et résoudre des problématiques, réaliser des calculs, choisir et dimensionner des solutions énergétiques en fonction d'un cahier des charges. Par ailleurs, ils seront en mesure d'innover en proposant des alternatives aux solutions existantes.</p> <p><i>By the end of this course, students will have acquired a solid general knowledge of electrochemical storage. They will be able to analyze and solve problems, carry out calculations, choose and size energy solutions according to specifications. They will also be able to innovate by proposing alternatives to existing solutions.</i></p>
---------------	---

## Modalités d'évaluation

Formule d'évaluation	$(0,6 * DS1 + 0,4 * TP1) / 1$
----------------------	-------------------------------

## Langue d'enseignement

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

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

## Objectifs de la formation visés

<b>Objectifs généraux</b>	<p>Connaitre les différents types de stockage électrochimiques et leur dimensionnement Savoir calculer leur capacité, leur temps de cycle Savoir utiliser les relations de base en oxydo-réduction. Être capable de réaliser une étude pertinente pour choisir une source d'énergie adaptée à un problème donné en argumentant leur choix par calcul.</p> <p><i>Know the different types of electrochemical storage and how to size them calculate capacity and cycle time Know how to use basic redox relationships. Be able to carry out a relevant study to choose an energy source adapted to a given problem, arguing their choice by calculation.</i></p>
<b>Contenus</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Historique du stockage de l'énergie électrique</li> <li>- Fonctionnement de l'accumulateur électrochimique.</li> <li>- Caractéristiques générales des accumulateurs.</li> <li>- Les différentes technologies.</li> <li>- Le modèle électrique d'une cellule électrochimique.</li> <li>- La batterie au plomb.</li> <li>- Contraintes et dimensionnement pour la traction.</li> <li>- Les supercondensateurs.</li> <li>- La pile à combustible.</li> <li>- Interconnexion entre les piles et les autres sources de stockage.</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>History of electrical energy storage</i></li> <li>- <i>How electrochemical batteries work</i></li> <li>- <i>General characteristics of batteries</i></li> <li>- <i>Different technologies</i></li> <li>- <i>Electrical model of an electrochemical cell</i></li> <li>- <i>The lead-acid battery</i></li> <li>- <i>Constraints and sizing for traction</i></li> <li>- <i>Supercapacitors</i></li> <li>- <i>Fuel cells</i></li> <li>- <i>Interconnection between batteries and other storage sources.</i></li> </ul>
<b>Méthodes et/ou moyens pédagogiques</b>	<p>Classe inversée :</p> <p>En amont de la séance, ils ont eu à lire la partie de cours et à l'annoter pour que nous puissions établir une remédiation avant d'attaquer les exercices portant sur les notions à travailler. Cela dure en moyenne les quinze premières minutes de la séance et permet à tous de se mettre dans le bain.</p> <p>Nous attaquons ensuite les exercices sous forme de travaux de groupes et restitutions ou sous forme plus classique si cela s'adapte mieux, ce qui est souvent le cas en début de semestre.</p> <p>Nous clôturons la séance par un récapitulatif et répondons aux questions en suspens.</p> <p><i>Flipped classroom:</i> <i>Prior to the session, they had to read and annotate the part of the lesson so that we could establish a remediation before tackling the exercises dealing with the notions to be worked on. This lasts on average the first fifteen minutes of the session, and allows everyone to get into the swing of things.</i> <i>We then tackle the exercises in the form of group work and feedback, or in a more traditional form if this suits better, which is often the case at the start of the semester.</i> <i>We close the session with a summary and answer any outstanding questions.</i></p>

## Prérequis pour l'EC

### Prérequis

Chimie 3 EC0415

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

## Travail personnel hors présentiel

<b>Volume horaire</b>	3 Heures
<b>Type de travail</b>	Préparation des cours et annotation pour remédiation. <i>Course preparation and annotation for remediation.</i>

## Ressources bibliographiques

- Transport électrique routier, Renaut MOSDALE, les techniques de l'ingénieur
- Batteries pour véhicules électriques, Renaut MOSDALE, les techniques de l'ingénieur
- Accumulateur au plomb, Jack ROBERT et Jean ALZIEU, les techniques de l'ingénieur
- Les supercondensateurs, Jean-Claude LASSEGUES, les techniques de l'ingénieur
- Applications des supercondensateurs, Hamid GUALOUS et Roland GALLAY, les techniques de l'ingénieur
- La pile à combustible, Méziane BOUDELLAL, DUNOD

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Code EC	IGENI-EC0872SI
Code UE	IGENI-UE0807SI
Coefficient interne à l'EC	0.2

Coordinateur ENIT de l'EC	G. Viné
---------------------------	---------

## Présentation de l'EC

Nom de l'EC	Compatibilité Electromagnétique
Nom(s) du/des enseignant(s)	G. Viné

Volume Horaire/Format	Format	Heures
	CM	3 H
	TD	H
	TP	H
	Projet encadré	H
	Projet en autonomie	H
	<b>Total</b>	<b>3 heures</b>

## Acquis d'apprentissage visés

<b>Compétence(s)</b>	<p>À l'issue de ce cours, l'élève ingénieur doit être en mesure de :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Comprendre les principes de base de la compatibilité électromagnétique (CEM) et son importance dans la conception de systèmes électroniques et électrotechniques.</li> <li>Identifier les principales sources de perturbations électromagnétiques (émissions) et les mécanismes de couplage (conduit et rayonné).</li> <li>Appréhender les effets des perturbations électromagnétiques sur les équipements sensibles (immunité).</li> <li>Appréhender les méthodes de base pour limiter les risques (blindage, filtrage, mise à la masse, règles de routage, etc.).</li> <li>Acquérir un premier aperçu du cadre normatif et de la gestion de projet intégrant les contraintes CEM (normes industrielles et tests de conformité).</li> </ul> <p>Il sera ainsi capable, dans son futur métier d'ingénieur, d'intégrer les problématiques et de dialoguer efficacement avec le spécialiste CEM dans le cadre de projets transversaux.</p> <p><i>Upon completion of this course, the engineering student should be able to:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><i>Understand the basic principles of electromagnetic compatibility (EMC) and its importance in the design of electronic and electrotechnical systems.</i></li> <li><i>Identify the main sources of electromagnetic disturbance (emissions) and coupling mechanisms (conducted and radiated).</i></li> <li><i>Understand the effects of electromagnetic interference on sensitive equipment (immunity).</i></li> <li><i>Learn basic methods for limiting risks (shielding, filtering, grounding, routing rules, etc.).</i></li> <li><i>Acquire an initial overview of the standards framework and project management incorporating EMC constraints (industrial standards and compliance testing).</i></li> </ul> <p><i>As a result, students will be able to integrate these issues into their future engineering careers, and communicate effectively with EMC specialists on cross-functional projects.</i></p>
----------------------	---

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

## Modalités d'évaluation

Formule d'évaluation

(1\*PJ)/1

## Langue d'enseignement

Langue

Français/French

## Objectifs de la formation visés

Objectifs généraux

Cet enseignement traite de la compatibilité électromagnétique (CEM) dans la conception des systèmes électroniques et électrotechniques. Il apporte une vue globale sur les notions physiques fondamentales, le cadre normatif applicable, les essais de conformité, ainsi que l'intégration des exigences CEM dans la gestion de projet.

*This course covers electromagnetic compatibility (EMC) in the design of electronic and electrotechnical systems. It provides an overview of fundamental physical concepts, the applicable standards framework, compliance testing, and the integration of EMC requirements into project management.*

Contenus

- Présentation générale de la criticité des problématiques de compatibilité électromagnétique (CEM) pour la sûreté de fonctionnement des systèmes électroniques et électrotechniques
- Présentation générale du cadre normatif et de la gestion de projet CEM
- Notions de physique fondamentales : impédances parasites, perturbations électromagnétiques rayonnées et conduites.
- Modes de couplages et règles de conception
- Essais CEM de conformité : en émission et en immunité
- Démarche d'analyse CEM
  
- Overview of the criticality of electromagnetic compatibility (EMC) issues for the operational safety of electronic and electrotechnical systems
- Overview of the standards framework and EMC project management
- Fundamental physics: parasitic impedances, radiated and conducted electromagnetic disturbances.
- Coupling modes and design rules
- EMC compliance testing: emission and immunity
- EMC analysis approach

Méthodes et/ou moyens pédagogiques

- Présentation des concepts fondamentaux de la compatibilité électromagnétique, illustrée par des exemples concrets issus d'applications industrielles (cours magistral de 3h).
- Recherche documentaire en autonomie à réaliser à l'issue du cours, sur un sujet proposé par l'enseignant.
- *Presentation of the fundamental concepts of electromagnetic compatibility, illustrated by concrete examples from industrial applications (3h lecture).*
- *Independent documentary research to be carried out at the end of the course, on a topic suggested by the teacher.*

# 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  
IGENI-EC0742 Electronique de mesure  
IGENI-EC0743 Conversion statique de l'énergie électrique 1  
IGENI-EC0773SI Traitement du signal 1

## Travail personnel hors présentiel

### Volume horaire

1h30

### Type de travail

Recherche documentaire et rédaction d'un rapport d'analyse.

*Documentary research and writing of an analysis report.*

## Ressources bibliographiques

Alain Charoy « Guide pratique de la CEM - 3e édition », Dunod 2017

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Code EC	IGENI-EC0874SI
Code UE	IGENI-UE0807SI
Coefficient interne à l'EC	2,7

Coordinateur ENIT de l'EC	Micky Rakotondrabe
---------------------------	--------------------

## Présentation de l'EC

Nom de l'EC	Automatique Avancée
Nom(s) du/des enseignant(s)	Baptiste Trajin, Micky Rakotondrabe

Volume Horaire/Format	Format	Heures
	CM	23 H
	TD	H
	TP	8 H
	Projet encadré	6 H
	Projet en autonomie	6 H
	<b>Total</b>	<b>43 heures</b>

## Acquis d'apprentissage visés

Compétence(s)	<p>1) Pour « Commande robuste multivariable » (for Multivariable robust control) :</p> <p>A l'issue de l'EC, les étudiants seront capables de</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- comprendre à quel moment utiliser la commande robuste multivariable,</li><li>- modéliser les incertitudes et les extraire à partir de modèles de systèmes,</li><li>- synthétiser des commandes robustes pour les systèmes linéaires multivariables,</li><li>- analyser la robustesse en stabilité et en performances d'un asservissement,</li><li>- réduire la complexité d'un correcteur linéaire.</li></ul> <p>As outcomes, the students will be able to:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- know when to use multivariable robust control techniques,</li><li>- model uncertainties and extract them from systems models,</li><li>- to design robust control for linear multivariable systems,</li><li>- analyse the robustness in stability and in performances of a closed-loop system,</li><li>- to reduce the order of a complex linear controller.</li></ul>
---------------	---

## Modalités d'évaluation

Formule d'évaluation	$(1 \cdot \text{RAP1} + 1 \cdot \text{PJ1}) / 2$
----------------------	--

## Langue d'enseignement

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

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

## Objectifs de la formation visés

### Objectifs généraux

- 1) Pour « Commande robuste multivariable » (for Multivariable robust control) :
- Savoir à quel moment utiliser la commande robuste multivariable
  - Savoir modéliser les incertitudes et les extraire à partir de modèles de systèmes
  - Savoir synthétiser des commandes robustes pour les systèmes linéaires multivariables
  - Savoir analyser la robustesse en stabilité et en performances d'un asservissement
  - Savoir réduire la complexité d'un correcteur linéaire.
- Know when to use multivariable robust control techniques
- Know how to model uncertainties and extract them from systems models
- Know how to design robust control for linear multivariable systems
- Know how to analyse the robustness in stability and in performances of a closed-loop system
- Know how to reduce the order of a complex linear controller

### Contenus

- 1) Commande Robuste Multivariable :  
Cours + TDAO (23h) :
- Préliminaires : modélisation des systèmes linéaires, commande des systèmes et leurs structures, stabilité et marges, forme standard d'un asservissement.
  - Modélisation des incertitudes : incertitudes structurées et non-structurées, représentations et intégration des incertitudes, forme standard avec incertitudes.
  - Robustesse, stabilité et performances : systèmes interconnectés, formes standard générales et LFT, théorème du petit gain et ses dérivées et extensions, performances robustes, le problème de la  $\mu$ -synthèse.
  - L'approche H-inf standard : le problème sous-optimal et le problème optimal, les critères 4-blocs, le cas de la sensibilité mixte, résolution du problème de H-inf standard.
  - Réduction d'ordres des systèmes et des correcteurs.
  - Introduction à la commande robuste par intervalle.
- TP (8h) :
- TP sous forme projet complet sur maquette par binôme : caractérisation expérimentale, modélisation, identification, choix de cahier des charges, synthèse de correcteurs classiques puis robustes, simulation et études d'implémentabilité, implémentations, réduction d'ordre, modification de cahier des charges et re-calcul de correcteurs.
- Projet (6h)
- Il s'agit d'un projet suivi relatif aux cours.
- 1) Robust Multivariable Control  
Lectures + Tutorial on computer (23h)
- Preliminaries: modeling linear systems, systems control and structures, stability and margins, standard forms.
  - Uncertainties modeling: structured and non-structured uncertainties, uncertainties representation, standard forms.
  - Robustness, stability and performances: interconnected systems, generalized standard forms and LFT, small gain theorem and its extensions/derivatives, robust performances, the  $\mu$ -synthesis problem.
  - Standard H-infinity: sub-optimal problem and optimal problem, 4-blocks problem, mixt sensitivity case, resolution of the standard H-inf problem.
  - Orders reduction
  - Introduction to interval control.
- Practical Labs (8h):
- Labs in the form of full project on a benchmark per team of two: experimental characterization, modeling, identification, choice of specifications, design of classical and then robust controllers, simulation and implementation study, implementation of the controllers, order reduction, specifications modification and re-design of controllers.
- Project (6h). The project is related to the topics of the course.

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

## Méthodes et/ou moyens pédagogiques

1) Le TP de « Commande Robuste Multivariable » est sous la forme de projet où chaque binome travaille comme une équipe d'ingénieurs en entreprise : l'instructeur/trice explique la maquette à chaque binome comme s'il/elle était un technico-commercial au début. Puis les étudiants travaillent en autonomie. De temps en temps, l'instructeur/trice introduit de nouveaux concepts non vus en cours. Les étudiants proposent eux-mêmes certains choix : cahier des charges, ordres de correcteurs...

1) The practical labs on « Robust multivariable control » is like a project where each team of two students works similarly to Engineers team in company. In the beginning, the instructor explain them the benchmark as if she/he was a technico-commercial. Then, the team works in autonomy. From time to time, the instructor gives/explains new concepts. The students propose by themselves certain choices such as the specifications, the controllers orders...

## Prérequis pour l'EC

### Prérequis

1) Pour la « Commande robuste multivariable », les prérequis sont : modélisation de systèmes linéaires par fonctions de transfert.

1) For « Multivariable robust control », the prerequisites are: modeling of linear systems with transfer functions.

## Travail personnel hors présentiel

### Volume horaire

12 Heures

### Type de travail

1) Pour « Commande robuste multivariable » (for Multivariable robust control) :  
- Préparation d'exercices et simulation, Rapport de projet/TP.

## Ressources bibliographiques

1) Pour « Commande robuste multivariable » (for Multivariable robust control) :

- Commande  $h_\infty$  et  $\mu$ -analyse , Gilles Duc and Stéphane Font, Hermès, ISBN 2-7462-0041-4, 1999.

- Essentials of robust control, Kemin Zhou and John C. Doyle, ISBN: 0135258332, Pearson, 1997.

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

<i>Code EC</i>	IGENI-EC0875SI
<i>Code UE</i>	IGENI-UE0807SI
<i>Coefficient interne à l'EC</i>	0,7
<i>Coordinateur ENIT de l'EC</i>	Bernard ARCHIMEDE

## *Présentation de l'EC*

<i>Nom de l'EC</i>	Communication des systèmes informatiques <i>IT systems communication</i>
<i>Nom(s) du/des enseignant(s)</i>	Bernard ARCHIMEDE

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

## *Acquis d'apprentissage visés*

<i>Compétence(s)</i>	<p>À l'issue de cet enseignement, l'étudiant sera capable de :</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Décrire les principes fondamentaux de la communication entre systèmes informatiques, en s'appuyant sur le modèle OSI.</li> <li>2. Identifier les caractéristiques et fonctions des différentes couches du modèle OSI, notamment les couches physique, liaison de données et transport.</li> <li>3. Expliquer le fonctionnement des protocoles de communication courants (I2C, SPI, CAN, UART, TCP/IP...) et leurs domaines d'application.</li> <li>4. Analyser un échange de données numériques, en décomposant une trame binaire selon sa structure (bits de contrôle, données, adresse...).</li> <li>5. Interpréter des signaux électriques transmis sur une liaison physique, à l'aide d'outils comme un oscilloscope ou un analyseur logique.</li> <li>6. Mettre en œuvre une communication simple entre deux dispositifs électroniques, en configurant correctement les paramètres matériels et logiciels.</li> <li>7. Diagnostiquer des problèmes de communication liés à la couche physique ou aux couches basses du modèle OSI (erreurs de synchronisation, de format, de tension, etc.).</li> <li>8. Communiquer oralement ou par écrit sur les notions de communication informatique, en utilisant un vocabulaire technique adapté à un public débutant ou semi-averti.</li> </ol>
	<p><i>At the end of this course, the student will be able to:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <i>Describe the fundamental principles of communication between computer systems, based on the OSI model.</i></li> <li>2. <i>Identify the characteristics and functions of the different layers of the OSI model, particularly the physical, data link, and transport layers.</i></li> <li>3. <i>Explain the operation of common communication protocols (I2C, SPI, CAN, UART, TCP/IP...) and their application domains.</i></li> <li>4. <i>Analyze a digital data exchange by breaking down a binary frame according to its structure (control bits,</i></li> </ol>

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

- data, address, etc.).*
5. *Interpret electrical signals transmitted over a physical link using tools such as an oscilloscope or logic analyzer.*
  6. *Implement a simple communication between two electronic devices by correctly configuring hardware and software parameters.*
  7. *Diagnose communication issues related to the physical layer or the lower layers of the OSI model (synchronization errors, format issues, voltage problems, etc.).*
  8. *Communicate orally or in writing about computer communication concepts, using appropriate technical vocabulary for a beginner or semi-technical audience.*

## Modalités d'évaluation

**Formule d'évaluation**

(1\*RAP1)/1

## Langue d'enseignement

**Langue**

Français/French

## Objectifs de la formation visés

**Objectifs généraux**

À l'issue de cet enseignement, l'élève :

- Disposera des connaissances fondamentales concernant les bases de la communication de données entre systèmes intelligents ;
- Sera capable d'expliquer à un public débutant les notions de transfert de données suivant un modèle du type OSI, en utilisant un vocabulaire technique approprié ;
- Sera capable d'analyser et d'interpréter les signaux électriques transitant sur une liaison physique (ex : I2C, CAN) ;
- Maîtrisera les principes de codage, d'encapsulation et de décodage des données sur des réseaux simples ;
- Saura mettre en œuvre et diagnostiquer une communication entre composants matériels.

*At the end of this course, the student will:*

- *Possess fundamental knowledge of the basics of data communication between intelligent systems;*
- *Be able to explain data transfer concepts based on a model such as the OSI model to a beginner audience, using appropriate technical vocabulary;*
- *Be able to analyze and interpret electrical signals transmitted over a physical link (e.g., I2C, CAN);*
- *Master the principles of data encoding, encapsulation, and decoding over simple networks;*
- *Be capable of implementing and diagnosing communication between hardware components.*

**Contenus**

### Séance 1 (2h) : Introduction à la communication numérique et au modèle OSI

- Enjeux de la communication dans les systèmes intelligents (embarqué, IoT, réseau)
- Présentation du modèle OSI et de ses 7 couches
- Focus sur les couches basses : physique, liaison de données
- Introduction au concept de trame et au codage des données (NRZ, Manchester...)

### Séance 2 (2h) : Protocoles de communication et transmission physique

- Étude de protocoles matériels : UART, I2C, SPI
- Structure des trames, synchronisation, signaux sur les lignes physiques
- Problématiques : collisions, synchronisation, erreurs, redondance (CRC)

### Séance 3 (2h) : Couches hautes, transport et sécurité

- Survol des couches 3 à 7 : routage (IP), transport (TCP/UDP), application (HTTP, MQTT)
- Contrôle de flux, accusés de réception, numérotation des paquets
- Notions de chiffrement, intégrité et authentification (SSL/TLS, certificats)

*Travaux Pratiques (2 x 3h)*

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

## **TP1 (3h) : Communication série - UART et I2C**

- Mise en œuvre d'une liaison UART entre microcontrôleurs
- Observation des trames via oscilloscope ou analyseur logique
- Transmission et réception de données codées
- Introduction à l'I2C : échanges maître/esclave, analyse d'une trame I2C

## **TP2 (3h) : Réseaux embarqués - Introduction au bus CAN**

- Configuration d'un réseau CAN simple entre deux dispositifs
- Observation de trames CAN (identifiants, données, bit de contrôle)
- Détection et interprétation d'erreurs de transmission
- Discussion sur l'intérêt du CAN en milieux industriels ou automobiles

## **Session 1 (2h): Introduction to Digital Communication and the OSI Model**

- *Communication challenges in intelligent systems (embedded, IoT, network)*
- *Presentation of the OSI model and its 7 layers*
- *Focus on the lower layers: physical, data link*
- *Introduction to the concept of data frames and encoding methods (NRZ, Manchester, etc.)*

## **Session 2 (2h): Communication Protocols and Physical Transmission**

- *Study of hardware protocols: UART, I2C, SPI*
- *Frame structure, synchronization, signal transmission on physical lines*
- *Key issues: collisions, synchronization, errors, redundancy (CRC)*

## **Session 3 (2h): Upper Layers, Transport and Security**

- *Overview of layers 3 to 7: routing (IP), transport (TCP/UDP), application (HTTP, MQTT)*
- *Flow control, acknowledgments, packet numbering*
- *Introduction to encryption, integrity, and authentication (SSL/TLS, certificates)*

## **Lab Sessions (2 x 3h)**

### **Lab 1 (3h): Serial Communication – UART and I2C**

- *Implementation of a UART link between microcontrollers*
- *Observation of data frames using an oscilloscope or logic analyzer*
- *Transmission and reception of encoded data*
- *Introduction to I2C: master/slave communication, analysis of an I2C frame*

### **Lab 2 (3h): Embedded Networks – Introduction to the CAN Bus**

- *Configuration of a simple CAN network between two devices*
- *Observation of CAN frames (identifiers, data, control bits)*
- *Detection and interpretation of transmission errors*
- *Discussion on the relevance of CAN in industrial or automotive environment*

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

## Méthodes et/ou moyens pédagogiques

### Méthode d'Apprentissage Actif par l'Enseignement

- Phase 1 : L'Exploration en Groupe (Acquisition)
- Phase 2 : La Restitution et l'Enseignement par les Pairs
- Phase 3 : La Régulation et l'Approfondissement par l'Enseignant
- Phase 4 : La Capitalisation du Savoir

### Active Learning Method through Teaching

- Phase 1: Group Exploration (Acquisition)
- Phase 2: Restitution and Teaching by Peers
- Phase 3: Regulation and Refinement by the Teacher
- Phase 4: Capitalisation of Knowledge

## Prérequis pour l'EC

### Prérequis

- Savoir créer un programme informatique simple (en C, Python, ou autre)
- Connaître les bases de l'électronique : tension, courant, signaux numériques, liaisons série/parallèle
- Savoir utiliser un oscilloscope est un plus
  
- Know how to create a simple computer program (in C, Python, or other)
- Know the basics of electronics: voltage, current, digital signals, serial/parallel links
- Know how to use an oscilloscope is a plus

## Travail personnel hors présentiel

### Volume horaire

15 Heures

### Type de travail

- Travail de compréhension et restitution
- Étude de cas technique
- Mini-projet logiciel
- Lecture critique ou veille technologique
  
- Understanding and reporting
- Technical case study
- Software mini-project
- Critical reading or technology watch

## Ressources bibliographiques

### Ouvrages fondamentaux sur les réseaux et le modèle OSI

- "Réseaux – Notions fondamentales" – Jean-Yves Migeon (Dunod)
- "Réseaux informatiques" – Andrew S. Tanenbaum & David Wetherall (Pearson)
- "Les réseaux pour les nuls" – Doug Lowe (First Interactive)

### Protocoles matériels et communication embarquée

- "Systèmes embarqués et interfaces" – Michel Gourgues (Dunod)
- "Protocoles de communication pour l'embarqué" – Frédéric Pétrot, Alain Greiner (Éditions Ellipses)
- "Bus de terrain industriels" – Jean-Philippe Gorce (Éditions CÉpaduès)

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Code EC	IGENI-EC0876SI
Code UE	IGENI-UE0807SI
Coefficient interne à l'EC	0,2

Coordinateur ENIT de l'EC	Xavier DESFORGES
---------------------------	------------------

## Présentation de l'EC

Nom de l'EC	Vérification & Validation
Nom(s) du/des enseignant(s)	Emmanuel HYGOUNENC

Volume Horaire/Format	Format	Heures
	CM	3 H
	TD	H
	TP	H
	Projet encadré	H
	Projet en autonomie	H
	<b>Total</b>	<b>3 heures</b>

## Acquis d'apprentissage visés

Compétence(s)	<p>A l'issue de l'EC, les étudiants seront en mesure :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- De comprendre l'intérêt et l'importance de la Validation et Vérification dans le développement d'un système</li> <li>- De positionner les activités de validation et de vérification dans le processus d'ingénierie système</li> <li>- De faire la différence entre une activité de validation et une activité de vérification</li> <li>- De distinguer les activités de V&amp;V des exigences et de V&amp;V du système</li> <li>- De distinguer les différents modèles et de connaître leurs utilités et leurs limites en ingénierie système</li> <li>- De réaliser des procédures de test pour un système</li> </ul>
	<p>At the end of the CE, students will be able to:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- understand the interest and importance of Validation and Verification in system development</li> <li>- Position validation and verification activities in the system engineering process</li> <li>- Differentiate between validation and verification activities</li> <li>- Distinguish between requirements V&amp;V and system V&amp;V activities</li> <li>- Distinguish between different models, and understand their uses and limitations in systems engineering.</li> <li>- Draw up test procedures for a system</li> </ul>

## Modalités d'évaluation

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

## Langue d'enseignement

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

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

## Objectifs de la formation visés

<b>Objectifs généraux</b>	<p>Sensibilisation la validation et la vérification en ingénierie des systèmes</p> <p><i>Raising awareness of validation and verification in systems engineering</i></p>
<b>Contenus</b>	<p>Sommaire :</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Histoire des systèmes</li> <li>2. Rappel sur l'ingénierie système</li> <li>3. La V&amp;V dans le cycle de développement</li> <li>4. La vérification et la validation des exigences du système et allouées aux sous-systèmes</li> <li>5. L'utilisation des modèles</li> <li>6. L'intégration, la vérification et la validation du système</li> <li>7. Conclusion</li> </ol> <p>Contents :</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <i>System history</i></li> <li>2. <i>A reminder of systems engineering</i></li> <li>3. <i>V&amp;V in the development cycle</i></li> <li>4. <i>Verification and validation of system and subsystem requirements</i></li> <li>5. <i>Use of models</i></li> <li>6. <i>System integration, verification and validation</i></li> <li>7. <i>Conclusion</i></li> </ol>
<b>Méthodes et/ou moyens pédagogiques</b>	<p>Cours magistral avec évaluation en fin de séance</p> <p><i>lecture with end-of-session assessment</i></p>

## Prérequis pour l'EC

<b>Prérequis</b>	<p>Avoir fait le cours d'ingénierie système de S7</p> <p><i>Completion of the S7 systems engineering course</i></p>
------------------	---

## Travail personnel hors présentiel

<b>Volume horaire</b>	<p>0 Heures</p>
<b>Type de travail</b>	<p>SO</p>

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

## *Ressources bibliographiques*

[1] Ingénierie des systèmes : analyse, modélisation et simulation des systèmes, Emmanuel HYGOUNENC, édition ISTE

[2] Systems Engineering : analysis, Modeling and Simulation of Systems, Emmanuel HYGOUNENC, edition ISTE  
WILEY

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Code EC	IGENI-EC0877SI
Code UE	IGENI-UE0807SI
Coefficient interne à l'EC	0,7

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

## Présentation de l'EC

Nom de l'EC	Interactive Simulation
Nom(s) du/des enseignant(s)	Philippe FILLATREAU Mourad BENOUSAAD

Volume Horaire/Format	Format	Heures
	CM	7 H
	TD	H
	TP	4 H
	Projet encadré	H
	Projet en autonomie	H
	<b>Total</b>	<b>11 heures</b>

## Acquis d'apprentissage visés

Compétence(s)	<p>Les étudiants seront capables d'analyser, concevoir et mettre en œuvre des simulations interactives et immersives en 3D adaptées au contexte industriel, tout en identifiant et en évaluant les problématiques techniques et méthodologiques associées. Ils sauront intégrer des outils matériels et logiciels pour répondre à des besoins spécifiques en réalité virtuelle.</p> <p><i>Students will be able to analyze, design, and implement interactive and immersive 3D simulations adapted to the industrial context, while identifying and evaluating associated technical and methodological challenges. They will know how to integrate hardware and software tools to address specific needs in virtual reality.</i></p>
---------------	--

## Modalités d'évaluation

Formule d'évaluation	$(1 \cdot \text{SOUT} + 1 \cdot \text{TP1}) / 2$
----------------------	--

## Langue d'enseignement

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

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

## Objectifs de la formation visés

### Objectifs généraux

Ce cours vise à fournir aux étudiants une compréhension approfondie des technologies et méthodes de la réalité virtuelle appliquées à l'ingénierie, ainsi que leur impact potentiel sur l'industrie moderne. Il prépare les étudiants à appliquer ces connaissances dans des scénarios pratiques et à explorer des solutions innovantes pour répondre aux défis industriels actuels et futurs.

*This course aims to provide students with an in-depth understanding of virtual reality technologies and methods applied to engineering, as well as their potential impact on modern industry. It prepares students to apply this knowledge in practical scenarios and to explore innovative solutions to address current and future industrial challenges.*

### Contenus

- Définition et utilité de la réalité virtuelle dans le milieu industriel / Definition and utility of virtual reality in industrial applications
- Périphériques et matériels pour l'immersion et l'interaction / Devices and hardware for immersion and interaction
- Outils logiciels et méthodes utilisées / Software tools and methods used
- Présentation d'exemples d'applications de réalité virtuelle / Presentation of examples of virtual reality applications
- Sensibilisation aux différents formats et méthodes numériques utilisés pour la diffusion de données 3D interactives / Awareness of different formats and numerical methods used to handle 3D interactive data
- Complexité pour des objets 3D et formats 3D allégés utilisés / Complexity for 3D objects and lighter 3D formats used
- Présentation de scénarios (maintenance, montage, etc.) / Presentation of scenarios (maintenance, assembly, etc.)
- Intégration des différents moyens d'interaction / Integration of different interaction tools
- Moteurs physiques temps réel / Real-time physics engines

**Travaux pratiques :** Réalisation de simulations 3D interactives sous OpenSpace3D (logiciel libre et gratuit)

- *Definition and utility of virtual reality in industrial applications / Définition et utilité de la réalité virtuelle dans le milieu industriel*
- *Périphériques et matériels pour l'immersion et l'interaction / Devices and hardware for immersion and interaction*
- *Outils logiciels et méthodes utilisées / Software tools and methods used*
- *Présentation d'exemples d'applications de réalité virtuelle / Presentation of examples of virtual reality applications*
- *Sensibilisation aux différents formats et méthodes numériques utilisés pour la diffusion de données 3D interactives / Awareness of different formats and numerical methods used to handle 3D interactive data*
- *Complexity for 3D objects and lighter 3D formats used / Complexité pour des objets 3D et formats 3D allégés utilisés*
- *Presentation of scenarios (maintenance, assembly, etc.) / Présentation de scénarios (maintenance, montage, etc.)*
- *Intégration des différents moyens d'interaction / Integration of different interaction tools*
- *Moteurs physiques temps réel / Real-time physics engines*

*Practical work: Creation of interactive 3D simulations with OpenSpace3D (free and open-source software)*

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

## Méthodes et/ou moyens pédagogiques

Cours magistraux, démonstrations, travaux pratiques avec OpenSpace3D, études de cas, et présentation d'exemples concrets. Travail de recherche sur un sujet choisi parmi un ensemble de sujets proposés. Restitution : présentation orale.

*Lectures, demonstrations, practical work with OpenSpace3D, case studies, and presentation of concrete examples. Research work on a topic to be chosen among a set of proposed topics. Ended by an oral presentation.*

## Prérequis pour l'EC

### Prérequis

Aucun prérequis spécifique

*No specific prerequisites*

## Travail personnel hors présentiel

### Volume horaire

6 heures / 6 hours *Heures*

### Type de travail

Révision des concepts vus en cours, création et finalisation des simulations 3D. Travail de recherche sur un sujet choisi parmi un ensemble de sujets proposés.

*Review of concepts seen in class, creation, and finalization of 3D simulations. Research work on a topic to be chosen among a set of proposed topics.*

## Ressources bibliographiques

Le traité de la réalité virtuelle ; Vol 1 à 4, P. Fuchs, G. Moreau, Les presses de l'Ecole des Mines, PARIS, Collection sciences mathématiques & informatiques, 2006.

Virtual Reality & Augmented Reality in Industry ; D. Ma, J. Gausemeier, X. Fan, M. Grafe, The 2nd Sino-German Workshop.

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Code EC	IGENI-EC0877SI
Code UE	IGENI-UE0807SI
Coefficient interne à l'EC	0,7

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

## Présentation de l'EC

Nom de l'EC	Interactive Simulation
Nom(s) du/des enseignant(s)	Philippe FILLATREAU Mourad BENOUSAAD

Volume Horaire/Format	Format	Heures
	CM	7 H
	TD	H
	TP	4 H
	Projet encadré	H
	Projet en autonomie	H
	<b>Total</b>	<b>11 heures</b>

## Acquis d'apprentissage visés

Compétence(s)	<p>Les étudiants seront capables d'analyser, concevoir et mettre en œuvre des simulations interactives et immersives en 3D adaptées au contexte industriel, tout en identifiant et en évaluant les problématiques techniques et méthodologiques associées. Ils sauront intégrer des outils matériels et logiciels pour répondre à des besoins spécifiques en réalité virtuelle.</p> <p><i>Students will be able to analyze, design, and implement interactive and immersive 3D simulations adapted to the industrial context, while identifying and evaluating associated technical and methodological challenges. They will know how to integrate hardware and software tools to address specific needs in virtual reality.</i></p>
---------------	--

## Modalités d'évaluation

Formule d'évaluation	$(1 \cdot \text{SOUT} + 1 \cdot \text{TP1}) / 2$
----------------------	--

## Langue d'enseignement

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

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

## Objectifs de la formation visés

### Objectifs généraux

Ce cours vise à fournir aux étudiants une compréhension approfondie des technologies et méthodes de la réalité virtuelle appliquées à l'ingénierie, ainsi que leur impact potentiel sur l'industrie moderne. Il prépare les étudiants à appliquer ces connaissances dans des scénarios pratiques et à explorer des solutions innovantes pour répondre aux défis industriels actuels et futurs.

*This course aims to provide students with an in-depth understanding of virtual reality technologies and methods applied to engineering, as well as their potential impact on modern industry. It prepares students to apply this knowledge in practical scenarios and to explore innovative solutions to address current and future industrial challenges.*

### Contenus

- Définition et utilité de la réalité virtuelle dans le milieu industriel / Definition and utility of virtual reality in industrial applications
- Périphériques et matériels pour l'immersion et l'interaction / Devices and hardware for immersion and interaction
- Outils logiciels et méthodes utilisées / Software tools and methods used
- Présentation d'exemples d'applications de réalité virtuelle / Presentation of examples of virtual reality applications
- Sensibilisation aux différents formats et méthodes numériques utilisés pour la diffusion de données 3D interactives / Awareness of different formats and numerical methods used to handle 3D interactive data
- Complexité pour des objets 3D et formats 3D allégés utilisés / Complexity for 3D objects and lighter 3D formats used
- Présentation de scénarios (maintenance, montage, etc.) / Presentation of scenarios (maintenance, assembly, etc.)
- Intégration des différents moyens d'interaction / Integration of different interaction tools
- Moteurs physiques temps réel / Real-time physics engines

**Travaux pratiques :** Réalisation de simulations 3D interactives sous OpenSpace3D (logiciel libre et gratuit)

- *Definition and utility of virtual reality in industrial applications / Définition et utilité de la réalité virtuelle dans le milieu industriel*
- *Périphériques et matériels pour l'immersion et l'interaction / Devices and hardware for immersion and interaction*
- *Outils logiciels et méthodes utilisées / Software tools and methods used*
- *Présentation d'exemples d'applications de réalité virtuelle / Presentation of examples of virtual reality applications*
- *Sensibilisation aux différents formats et méthodes numériques utilisés pour la diffusion de données 3D interactives / Awareness of different formats and numerical methods used to handle 3D interactive data*
- *Complexity for 3D objects and lighter 3D formats used / Complexité pour des objets 3D et formats 3D allégés utilisés*
- *Presentation of scenarios (maintenance, assembly, etc.) / Présentation de scénarios (maintenance, montage, etc.)*
- *Intégration des différents moyens d'interaction / Integration of different interaction tools*
- *Moteurs physiques temps réel / Real-time physics engines*

*Practical work: Creation of interactive 3D simulations with OpenSpace3D (free and open-source software)*

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

## Méthodes et/ou moyens pédagogiques

Cours magistraux, démonstrations, travaux pratiques avec OpenSpace3D, études de cas, et présentation d'exemples concrets. Travail de recherche sur un sujet choisi parmi un ensemble de sujets proposés. Restitution : présentation orale.

*Lectures, demonstrations, practical work with OpenSpace3D, case studies, and presentation of concrete examples. Research work on a topic to be chosen among a set of proposed topics. Ended by an oral presentation.*

## Prérequis pour l'EC

### Prérequis

Aucun prérequis spécifique

*No specific prerequisites*

## Travail personnel hors présentiel

### Volume horaire

6 heures / 6 hours *Heures*

### Type de travail

Révision des concepts vus en cours, création et finalisation des simulations 3D. Travail de recherche sur un sujet choisi parmi un ensemble de sujets proposés.

*Review of concepts seen in class, creation, and finalization of 3D simulations. Research work on a topic to be chosen among a set of proposed topics.*

## Ressources bibliographiques

Le traité de la réalité virtuelle ; Vol 1 à 4, P. Fuchs, G. Moreau, Les presses de l'Ecole des Mines, PARIS, Collection sciences mathématiques & informatiques, 2006.

Virtual Reality & Augmented Reality in Industry ; D. Ma, J. Gausemeier, X. Fan, M. Grafe, The 2nd Sino-German Workshop.

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Code EC	IGENI-EC0878SI
Code UE	IGENI-UE0878SI
Coefficient interne à l'EC	1,1

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

## Présentation de l'EC

Nom de l'EC	State space control for robotic systems
Nom(s) du/des enseignant(s)	Manitrarivo Micky RAKOTONDRABE

Volume Horaire/Format	Format	Heures
	CM	10 H
	TD	0 H
	TP	6 H
	Projet encadré	H
	Projet en autonomie	H
	<b>Total</b>	<b>16 heures</b>

## 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"> <li>- Modéliser des systèmes mécatroniques et robotiques simples dans l'espace d'état,</li> <li>- Analyser les propriétés structurelles et les propriétés internes des systèmes à partir de modèles d'état et à partir de schéma-blocs détaillés,</li> <li>- Synthétiser des correcteurs dans l'espace d'états : commande par retour d'états et par retour de sorties,</li> <li>- Synthétiser des observateurs dans l'espace d'états.</li> </ul>
	<p>As outcomes, the students will be able to:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Model simple mechatronic and robotic systems in the state-space,</li> <li>- Analyze structural properties and internal properties of systems from state-space models and from detailed block diagrams,</li> <li>- Design controllers in the state space and with state-feedback and output feedback architectures,</li> <li>- Design observers in the state space.</li> </ul>

## Modalités d'évaluation

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

## Langue d'enseignement

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

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

## Objectifs de la formation visés

<b>Objectifs généraux</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Comprendre l'utilité de l'automatique moderne et de travailler dans l'espace d'états,</li> <li>- Savoir modéliser dans l'espace d'états à partir de modèle différentiel et de fonction de transfert et vice-versa,</li> <li>- Savoir analyser les propriétés (structurelles et internes) d'un système à partir de modèles d'états,</li> <li>- Savoir synthétiser un correcteur par retour d'état et par retour de sortie,</li> <li>- Savoir synthétiser un observateur de Luenberger.</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Understand the utility of modern control and of working in the estate space,</li> <li>- Know how to model in the state space from differential model and from transfer function and vice-versa,</li> <li>- Know how to analyse the (structural and internal) properties of a system from its state-space model,</li> <li>- Know how to design a state-feedback and output-feedback controller,</li> <li>- Know how to design a Luenberger observer.</li> </ul>
<b>Contenus</b>	<p>Cours :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Introduction et modélisation (3h)</li> <li>- Commande par retour d'état et par retour de sortie (3h)</li> <li>- Propriétés structurelles et propriétés internes (3h)</li> <li>- Observateur (1h)</li> </ul> <p>TP :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 6h</li> </ul> <p>Lectures:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Introduction and modeling (3h)</li> <li>- State-feedback and output-feedback control (3h)</li> <li>- Structural and internal properties (3h)</li> <li>- Observers (1h)</li> </ul> <p>Labs:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 6h</li> </ul>
<b>Méthodes et/ou moyens pédagogiques</b>	<p>Le TP se fait sous forme projet :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- sur les séances de 6h, l'enseignant fait deux sujets de projet avec les étudiants en montrant les techniques de modélisation, de synthèse de correcteurs/observateurs, d'implémentations...</li> <li>- ensuite, les étudiants se mettent en binomes, choisissent un sujet par binome parmi les sujets supplémentaires donnés, et travaillent en autonomie. Un rapport est à rendre.</li> </ul> <p>The practical lab is in the form of project:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- first, during the labs (6h), the assistant lecturer works with the students on two existing projects topics and show them how to model, to design the controllers/observers, to implement...</li> <li>- then, the students work in teams of two. Each of the team choses a project topics amongst additional ones, works in autonomy on it, and provides a project report.</li> </ul>

## Prérequis pour l'EC

<b>Prérequis</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Classical control systems : differential models, transfer functions and their properties.</li> </ul>
------------------	---

## Travail personnel hors présentiel

<b>Volume horaire</b>	<p style="text-align: right;">8h</p>
<b>Type de travail</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Rédaction de rapport</li> <li>- Préparation d'exercice et de simulation</li> </ul>

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

- Report writing
- Preparation of exercise and simulation

## Ressources bibliographiques

Modern control systems, Richard Dorf and Robert Bishop, Pearson Education Limited, 2010, ISBN-10 : 0136024580.

Commande et estimation multivariables: Méthodes linéaires et optimisation quadratique, Eric Ostertag, 2006, Ellipses, ISBN-10 : 2729828036.

## Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Code UE	IGENI-UE0807TP
Crédits ECTS	6
Coefficient interne à l'UE	6,3

### Présentation de l'UE

Nom de l'UE	OPTION BATIMENT ET TRAVAUX PUBLICS
Nom(s) du/des enseignant(s)	L. Ballut, N. Charpentier, J. Dacunha, F. Duco, J.-P. Faye, M. Fazzini, M. Lagouin, A. Le Flanchec, P. Salières

Volume Horaire/Format	Format	Heures
	CM	54 H
	TD	46 H
	TP	6 H
	Projet encadré	0 H
	Projet en autonomie	0 H
	<b>Total</b>	<b>100 heures</b>

# 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

Par rapport à l'UE0707TP, cette Unité d'Enseignement a pour objectif de proposer une ouverture vers le cas d'autres matériaux et structures, les équipements ainsi que vers la prise en compte de sollicitations dynamiques. **Parallèlement, les aspects liés à la responsabilité environnementale et sociétale dans le domaine de la construction seront présentés et mis en œuvre sur des projets réels, du point de vue de la soutenabilité et de la durabilité des ouvrages.**

*Compared with UE0707TP, this teaching unit aims to offer an opening onto the case of other materials and structures, equipment and the consideration of dynamic stresses. **At the same time, aspects of environmental and social responsibility in construction will be presented and implemented on real projects, from the point of view of the sustainability and durability of structures.***

## Acquis d'apprentissage visés

### Compétence(s)

A l'issue de cette UE, les étudiants élargiront leurs compétences en conception structurelle selon la réglementation Eurocodes. Ils seront ainsi capables de dimensionner des systèmes structurels et des éléments en bois ainsi que de proposer des dispositions constructives aptes à résister aux sollicitations dynamiques (séismes, vent). Ils acquerront des connaissances en termes de conception et réalisation d'équipements du bâtiment (électricité) et de structures spéciales (ouvrages et aménagements hydrauliques, voiries et réseaux divers). **Les étudiants seront également conscients des enjeux environnementaux et socio-économiques du secteur du BTP, des exigences des normes et certifications existantes et des conséquences de leur mise en œuvre sur des projets de construction. Ils seront également capables d'identifier des matériaux, moyens et méthodes pour mettre en œuvre la transition énergétique et réduire l'impact environnemental. Enfin, ils seront en mesure d'établir des diagnostics de désordres structurels d'ouvrages et de recommander des solutions pour y remédier.**

*At the end of this course, students will broaden their structural design skills in accordance with Eurocodes regulations. They will be able to dimension structural systems and timber elements and to propose constructive arrangements capable of withstanding dynamic stresses (earthquakes, wind). They will also acquire knowledge of the design and construction of building equipment (electricity) and special structures (hydraulic works and developments, roads and other networks). **Students will also be aware of the environmental and socio-economic challenges facing the building and civil engineering sector, the requirements of existing standards and certifications, and the consequences of their implementation on construction projects. They will also be able to identify materials, means and methods for implementing the energy transition and reducing environmental impact. Finally, they will be able to diagnose structural disorders and recommend solutions to remedy them.***

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Code EC	IGENI-EC0871TP
Code UE	IGENI-UE0807TP
Coefficient interne à l'EC	1,0

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

## Présentation de l'EC

Nom de l'EC	Dynamique des structures
Nom(s) du/des enseignant(s)	F. Duco / JP. Faye

Volume Horaire/Format	Format	Heures
	CM	10 H
	TD	0 H
	TP	6 H
	Projet encadré	H
	Projet en autonomie	H
	<b>Total</b>	<b>16 heures</b>

## Acquis d'apprentissage visés

<b>Compétence(s)</b>	<p>L'objectif de cet EC est de donner dans un premier temps les bases de l'utilisation des outils numériques à disposition des ingénieurs de bureau d'études pour la dynamique des structures. Les étudiants seront capables d'élaborer un modèle numérique dynamique complet simple, de dialoguer avec des spécialistes et de comprendre un rapport technique créé à partir d'un logiciel de calculs par éléments finis.</p> <p>Dans un second temps, des séances sont particulièrement dédiées à la prévention parasismique des ouvrages ou des bâtiments, en se servant de constructions réelles et d'évènements sismiques majeurs ou régionaux.</p> <p><i>The aim of this course is to give students a basic understanding of the use of numerical tools available to design engineers for structural dynamics. Students will be able to build a simple dynamic numerical model, interact with specialists and understand a technical report created using finite element software.</i></p> <p><i>In a second phase, sessions are devoted in particular to seismic prevention of structures and buildings, using real constructions and major or regional seismic events.</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

<b>Objectifs généraux</b>	<p>L'un des objectifs de l'EC est d'acquérir les compétences nécessaires à l'utilisation d'outils numériques tels que la méthode des éléments finis, tout spécialement ici dans le cadre de la dynamique des structures. On se place ici essentiellement en situation d'ingénieur de bureau d'études en charge du dimensionnement de structures du BTP comme les ponts. Un logiciel de calculs par éléments finis sera utilisé : Abaqus, en dynamique, avec une approche linéaire puis non linéaire.</p> <p>L'autre objectif est de connaître les moyens parasismiques à disposition des ingénieurs du génie civil, que ce soit pour les bâtiments ou pour les ouvrages d'art tels que les ponts.</p> <p><i>One of the aims of this course is to acquire the skills needed to use numerical tools such as the finite element method, especially in the context of structural dynamics. This course is primarily aimed at design engineers in charge of dimensioning civil engineering structures such as bridges. A finite element software package will be used: Abaqus, in dynamics, with a linear then non-linear approach.</i></p> <p><i>The other objective is to learn about the seismic resources available to civil engineers, whether for buildings or engineering structures such as bridges.</i></p>
<b>Contenus</b>	<p>I. Méthodes de calculs numériques en dynamique des structures utilisées en bureau d'études. Panorama des diverses méthodes de calculs à disposition de l'ingénieur : analyse modale, réponses temporelles et fréquentielles.</p> <p>II. Introduction à l'analyse modale, paramètres modaux et réponse par superposition modale, analyse sismique réglementaire en génie civil par spectres de réponse</p> <p>III. Analyses dynamiques non linéaires : méthode par poussée progressive, analyses en formulations implicite et explicite</p> <p>IV. Mini-projet final pour l'étude d'un pont en béton armé précontraint, approches linéaires sur base modale, par spectre de réponse puis non linéaire implicite, avec rapport de calculs</p> <p>V. Prévention parasismique des ouvrages et des bâtiments, études de cas</p> <p><i>I. Numerical calculation methods for structural dynamics used in design offices. Overview of the various calculation methods available to the engineer: modal analysis, time and frequency responses. II. Introduction to modal analysis, modal parameters and response by modal superposition, regulatory seismic analysis in civil engineering using response spectra.</i></p> <p><i>III. Non-linear dynamic analysis: progressive thrust method, analysis using implicit and explicit formulations</i></p> <p><i>IV. Final mini-project for the study of a prestressed reinforced concrete bridge, linear approaches on a modal basis, by response spectrum then implicit nonlinear, with calculation report</i></p> <p><i>V. Seismic prevention of structures and buildings, case studies</i></p>
<b>Méthodes et/ou moyens pédagogiques</b>	<p>Pour la première partie de l'EC, avec des moyens numériques, et après une courte présentation générale et théorique en analyse modale, un cas d'étude pour un ouvrage d'art de type pont est utilisé pour illustration : analyse sismique avec des modèles linéaires puis non linéaires.</p> <p>Une synthèse des moyens parasismiques à disposition des ingénieurs ainsi que des études de cas constituent la seconde partie de cette formation.</p> <p>Le projet est réalisé en binôme, avec la méthode des éléments finis (Abaqus), un rapport d'étude sera le livrable permettant la notation de l'EC.</p> <p><i>For the first part of the course, using digital means, and after a short general and theoretical presentation on modal analysis, a case study of a bridge-type structure is used for illustration: seismic analysis with linear and then non-linear models.</i></p> <p><i>The second part of the course consists of a summary of the seismic resources available to engineers and case studies.</i></p> <p><i>The project is carried out in pairs, using the finite element method (Abaqus), and a study report will be the deliverable enabling the CE to be graded.</i></p>

## Prérequis pour l'EC

### Prérequis

Mécanique des milieux continus, RDM, analyse statique, bases d'Abaqus

*Continuum mechanics, RDM, static analysis, Abaqus basics*

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

## Travail personnel hors présentiel

<b>Volume horaire</b>	2 à 4 Heures
<b>Type de travail</b>	Rédaction d'un rapport par binôme <i>Writing a report in pairs</i>

## Ressources bibliographiques

De nombreuses références existent dans la littérature technique, citons entre autres :

1. La **méthode des éléments finis** – Tome 1 – De la théorie à la pratique – Concepts généraux (Patrick Ciarlet, Eric Lunéville) ...
2. Introduction à la **méthode des éléments finis** – Cours et exercices corrigés (Jean-Christophe Cuillière)
3. **Dynamique des structures et des ouvrages** – (Alain Pecker) - Presse des Ponts et chaussées - 2006

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Code EC	IGENI-EC0872TP
Code UE	IGENI-UE0807TP
Coefficient interne à l'EC	0,9

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

## Présentation de l'EC

Nom de l'EC	Construction bois / Wood structures
Nom(s) du/des enseignant(s)	P. Salières

Volume Horaire/Format	Format	Heures
	CM	6 H
	TD	8 H
	TP	H
	Projet encadré	H
	Projet en autonomie	H
	<b>Total</b>	<b>14 heures</b>

## Acquis d'apprentissage visés

Compétence(s)	<p>A l'issue de cet EC, les étudiants seront capables d'identifier les spécificités du matériau bois et de ses produits dérivés ainsi que leurs intérêts pour la construction, notamment <b>vis-à-vis des contraintes environnementales</b>. Ils seront en mesure de mettre en œuvre les principes de base de dimensionnement et de vérification des sections en bois d'après la réglementation européenne (Eurocodes). Les étudiants connaîtront la technologie et le fonctionnement des systèmes structurels courants en bois et seront capables de concevoir la structure porteuse d'un bâtiment.</p>
	<p><i>At the end of this course, students will be able to identify the specific features of wood and wood products, and their benefits for construction, <b>particularly in terms of environmental constraints</b>. They will be able to apply the basic principles of dimensioning and checking timber sections in accordance with European regulations (Eurocodes). Students will be familiar with the technology and operation of common timber structural systems, and will be able to design the load-bearing structure of a building.</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

Avoir des notions concernant l'origine, la fabrication et les caractéristiques essentielles du matériau bois et de ses produits dérivés (panneaux, produits structuraux),  
**Être conscient des avantages de la filière bois pour la construction en tant que ressource intéressante sur le plan économique et écologique,**  
Mettre en œuvre les principes de dimensionnement des structures bois établis par la réglementation européenne Eurocodes,  
Réaliser la vérification des sections bois et la détermination de la déformation des structures (planchers, panneaux) sous charges statiques et dynamiques,  
Concevoir un système porteur d'une structure bois sur un projet réel.

*Understand the origin, manufacture and essential characteristics of wood and wood products (panels, structural products),*  
***Be aware of the advantages of wood as a construction resource, both economically and ecologically,***  
*Apply the principles of timber structure design established by European Eurocodes regulations,*  
*Check timber cross-sections and determine the deformation of structures (floors, panels) under static and dynamic loads,*  
*Design a load-bearing system for a timber structure.*

### Contenus

Chapitre 1 : 1h (CM)  
Bois et bâtiment  
- l'intérêt du bois dans la construction : ressource naturelle, économique, écologique, architecturale, historique,  
- la filière bois : forêts en France, essences disponibles.

Chapitre 2 : 1h30 (CM)  
Le matériau bois et ses produits dérivés  
- constitution : structure, croissance,  
- caractéristiques : classes de résistance, propriétés mécaniques et physiques,  
- imperfections : défauts intrinsèques, sensibilité à l'humidité, champignons, insectes,  
- préservation : sélection des bois, traitements,  
- comportement au feu,  
- dérivés du bois : panneaux, éléments structurels.

Chapitre 3 : 2h30 (CM) + 4h (TD)  
Calcul de sections en bois  
- réglementation Eurocodes, combinaisons d'actions,  
- actions sur les structures (charges d'exploitation, neige, vent, sismiques),  
- propriétés mécaniques du bois,  
- calcul des sections sous diverses sollicitations simples et composées,  
- vérifications des déformations,  
TD d'application sur le calcul et la vérification de sections (étude de cas : descentes de charges et dimensionnement).

Chapitre 4 : 1h (CM) + 4h (TD)  
Les structures courantes en bois : éléments constitutifs, technologie, fonctionnement  
- planchers,  
- portiques et arcs,  
- charpentes traditionnelles,  
- charpentes industrielles,  
- couvertures,  
- murs et parois,  
- assemblages.,  
TD d'application sur la conception d'un système porteur pour un bâtiment (étude de cas : définition de la structure porteuse).

*Chapter 1: 1h (L)*  
*Wood and building*  
*- the value of wood in construction: natural, economic, ecological, architectural and historical resources,*

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

	<p>- the wood industry: forests in France, species available.</p> <p>Chapter 2: 1h30 (L) Wood and wood products</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- constitution: structure, growth,</li> <li>- characteristics: strength classes, mechanical and physical properties,</li> <li>- imperfections: intrinsic defects, sensitivity to humidity, fungi, insects,</li> <li>- preservation: wood selection, treatments,</li> <li>- fire behaviour,</li> <li>- wood derivatives: panels, structural elements.</li> </ul> <p>Chapter 3: 2h30 (L) + 4h (PT) Design of wooden sections</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Eurocodes regulations, action combinations,</li> <li>- actions on structures (operating loads, snow, wind, seismic),</li> <li>- mechanical properties of wood,</li> <li>- calculation of sections under various simple and compound loads,</li> <li>- verification of deformations,</li> </ul> <p>Practical tutorial on cross-section calculation and verification (case study: load descriptions and design).</p> <p>Chapter 4: 1h (L) + 4h (PT) Common wooden structures: components, technology, operation</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- floors,</li> <li>- porticos and arches,</li> <li>- traditional frameworks,</li> <li>- industrial frameworks,</li> <li>- roofing,</li> <li>- walls and partitions,</li> <li>- assemblies,</li> <li>- Practical tutorial on the design of a load-bearing system for a building (case study).</li> </ul>
Méthodes et/ou moyens	<p>L'enseignement est dispensé sous la forme de présentations en Cours Magistral (CM) suivies d'exercices d'applications lors de Travaux Dirigés (TD). Les études de cas sont issues de projets réels apportés par l'intervenant industriel.</p> <hr/> <p>Teaching takes the form of lectures (L) followed by practical application exercises in tutorials (PT). Case studies are based on real-life projects provided by the industrial expert.</p>

## Prérequis pour l'EC

Prérequis	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mécanique générale : statique (IGENI-0121),</li> <li>- Résistance des Matériaux (IGENI-EC0222, IGENI-EC0321)</li> <li>- Ingénierie du BTP (IGENI-EC0533)</li> <li>- Béton armé (IGENI-EC0774TP)</li> </ul> <hr/> <ul style="list-style-type: none"> <li>- General mechanics: statics (IGENI-0121),</li> <li>- Strength of Materials (IGENI-EC0222, IGENI-EC0321)</li> <li>- Introduction to civil engineering (IGENI-EC0533)</li> <li>- Reinforced concrete (IGENI-EC0774TP)</li> </ul>
-----------	--

## Travail personnel hors présentiel

Volume horaire	5 heures / 5 hours
Type de travail	<p>Apprentissage du cours, reprise et finalisation des études de cas</p> <hr/> <p>Learning the course, reviewing and completing case studies</p>

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

## *Ressources bibliographiques*

Eurocode 5 : Calcul des structures en bois – Guide d'application, Bernard Legrand, Yves Benoît, Vincent Tastet, Ed. Afnor / Eyrolles, 2008.

Construire en bois : quelles solutions choisir ?, Paul de Haut, Edisud, 2010.

Construire en bois, Thomas Herzog, Julius Natterer, Roland Schweitzer et al., Presses polytechniques et universitaires romandes, 2005.

Charpentes : le bois, les assemblages, les charpentes en bois, lucarnes et fenêtres de toit, les planchers en bois, les escaliers en bois, les maisons à ossature bois, Ed. Alternatives, 2003.

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Code EC	IGENI-EC0873TP
Code UE	IGENI-UE0807TP
Coefficient interne à l'EC	0,9

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

## Présentation de l'EC

Nom de l'EC	Ouvrages et aménagements hydrauliques / Hydraulic structures
Nom(s) du/des enseignant(s)	L. Ballut

Volume Horaire/Format	Format	Heures
	CM	4 H
	TD	10 H
	TP	H
	Projet encadré	H
	Projet en autonomie	H
	<b>Total</b>	<b>14 heures</b>

## Acquis d'apprentissage visés

Compétence(s)	A l'issue de cet EC, les étudiants seront capables d'identifier les différents types d'ouvrages hydrauliques de stockage et de protection (barrages, digues) et leur technologie et de connaître les enjeux techniques et <b>environnementaux</b> associés à leur conception. Ils seront capables de planifier et chiffrer des solutions fonctionnelles pour la conception ou la réhabilitation d'ouvrages.
	At the end of this CE, students will be able to identify the different types of hydraulic storage or protection structure (dams, dikes) and their technology, and to understand the technical and <b>environmental</b> issues associated with their design. They will be able to plan and cost functional solutions for the design or rehabilitation of structures.

## 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

Avoir des notions concernant la typologie des ouvrages hydrauliques, leur fonctionnalité et leurs principes de conception,  
 Connaître le processus d'études préalables à la réalisation et les aspects techniques (géotechniques, hydrauliques, hydrologiques) et **environnementaux (gestion de l'eau, protection de la faune)** à tenir compte pour la conception et la réhabilitation d'ouvrages,  
 Visiter des sites de retenue et de conduite d'eau,  
 Diagnostiquer des solutions de réhabilitation d'ouvrages,  
 Planifier et chiffrer des travaux de réhabilitation d'ouvrages sur un projet réel.

*Understand the typology of hydraulic structures, their functionality and design principles,  
 Be familiar with the pre-construction study process and the technical (geotechnical, hydraulic, hydrological) and **environmental (water management, wildlife protection)** aspects to be taken into account when designing and rehabilitating structures,  
 Visit water impoundment and pipeline sites,  
 Diagnose rehabilitation solutions,  
 Plan and cost rehabilitation work on a real project.*

### Contenus

Chapitre 1 : 4h (CM)  
 - Généralités concernant les barrages : Réponses adaptées aux différents usages, principes de fonctionnement, REX sur accidentologie,  
 - Les différents types de barrages : poids, voûtes, contreforts, terre, enrochements,  
 - Les études préalables à la réalisation : choix du site, topographie, études hydrologiques, études hydrauliques, études géologiques, études géotechniques,  
 - Conception et réalisation d'une digue en terre : fondation, remblai, évacuateur de crues, ouvrages de prise et de vidange.

Chapitre 2 : 4h (CM et visite)  
 - Visite d'ouvrages hydrauliques de prise, retenue (barrage) et de conduite (canal) d'eau.

Chapitre 3 : 8h (TD)  
 Projet d'application sur un cas concret :  
 - diagnostic fonctionnel,  
 - solutions de conception et\ou de réhabilitation,  
 - phasage de travaux d'exécution,  
 - réalisation et optimisation de calendriers d'exécution,  
 - comparaison financière entre différentes méthodes.

*Chapter 1: 4h (L)  
 - General information on dams: solutions adapted to different uses, operating principles, accident experience,  
 - Different types of dam: gravity, arch, buttress, earth, rockfill,  
 - Pre-construction studies: site selection, topography, hydrological studies, hydraulic studies, geological studies, geotechnical studies,  
 - Design and construction of an earth dam: foundation, embankment, spillway, inlet and outlet structures.*

*Chapter 2: 4h (L and visit)  
 - Visit to water intake, impoundment (dam) and canal structures.*

*Chapter 3: 8h (PT)  
 Practical tutorial on real case study :  
 - functional diagnosis,  
 - design and rehabilitation solutions,  
 - phasing of execution work,  
 - production and optimization of construction schedules,  
 - financial comparison between different methods.*

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

## 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). Les études de cas sont issues de projets réels apportés par l'intervenant industriel. Une visite sur site est prévue dans le cadre du cours pour une meilleure compréhension des enjeux.

*Teaching takes the form of lectures (L) followed by practical application exercises in tutorials (PT). Case studies are based on real-life projects provided by the industrial expert. A site visit is planned as part of the course for a better understanding of the issues.*

## Prérequis pour l'EC

### Prérequis

- Ingénierie du BTP (IGENI-EC0533)
- Béton armé (IGENI-EC0774TP)
- Mécanique des sols (IGENI-EC0771TP)

- *Introduction to civil engineering (IGENI-EC0533)*
- *Reinforced concrete (IGENI-EC0774TP)*
- *Soil mechanics (IGENI-EC0771TP)*

## Travail personnel hors présentiel

### Volume horaire

5 heures / 5 hours

### Type de travail

Apprentissage du cours, reprise et finalisation de l'étude de cas  
*Learning the course, reviewing and completing the case study*

## Ressources bibliographiques

Fondations et ouvrages en terre : géotechnique du BTP, Bertrand Hubert, Bruno Philipponnat, Olivier Payant et al., Editions Eyrolles, 2019.

Les barrages : du projet à la mise en service, Anton J. Schleiss et Henri Pougatsch, Presses polytechniques et universitaires romandes, 2011.

Les barrages : conception et maintenance, Patrick Le Delliou, Presses universitaires de Lyon, ENTPE, 2003.

Vieillessement et réhabilitation des petits barrages en terre, Danielle Lautrin, Cemagref éditions, 2003.

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Code EC	IGENI-EC0874TP
Code UE	IGENI-UE0807TP
Coefficient interne à l'EC	0,9

Coordinateur ENIT de l'EC	Méryl Lagouin
---------------------------	---------------

## Présentation de l'EC

Nom de l'EC	Réseaux extérieurs et VRD
Nom(s) du/des enseignant(s)	Méryl Lagouin

Volume Horaire/Format	Format	Heures
	CM	8 H
	TD	6 H
	TP	H
	Projet encadré	H
	Projet en autonomie	H
	<b>Total</b>	<b>14 heures</b>

## Acquis d'apprentissage visés

Compétence(s)	<p>À l'issue du cours, les étudiants auront été sensibilisés aux enjeux de la <b>gestion durable des eaux pluviales permettant notamment aux villes de s'adapter au changement climatique</b>. Les étudiants connaîtront les principales composantes d'un projet VRD et seront capables de décrire les dispositions constructives relatives à la réalisation de réseaux extérieurs. Enfin, ils sauront concevoir et dimensionner aussi bien des réseaux d'assainissement (EU/EP) que d'adduction et distribution d'eau potable.</p>
	<p><i>At the end of the course, students will have been made aware of the challenges of <b>sustainable stormwater management, enabling cities to adapt to climate change</b>. They will understand the main components of a VRD (Voirie et Réseaux Divers) project and will be able to describe the construction arrangements related to the implementation of external networks. Finally, they will be able to design and size both sanitation networks (wastewater and stormwater) and drinking water supply and distribution systems.</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

- Comprendre les **enjeux de la gestion des réseaux d'eau en milieux urbains** (impacts de l'urbanisation sur la gestion des réseaux hydrauliques, défis environnementaux dans un contexte de changement climatique et d'imperméabilisation des sols) ;
  - Connaître les principales réglementations encadrant la gestion des réseaux d'eau en milieu urbain (normes sanitaires, DTU, réglementation environnementale)
  - Concevoir et dimensionner des réseaux d'assainissement et d'eau potable
  - Savoir choisir et appliquer des dispositions constructives adaptées aux différents types de réseaux ;
  - Réaliser une étude technique complète des réseaux d'assainissement et d'eau potable, notamment grâce à l'utilisation de logiciels spécialisés (EPANET)
- 
- Understand the **challenges of water network management in urban areas** (impacts of urbanization on hydraulic network management, environmental challenges in the context of climate change and soil impermeabilization).
  - Know the main regulations governing water network management in urban areas (sanitary standards, DTU, environmental regulations).
  - Design and size sanitation and drinking water networks.
  - Be able to select and apply appropriate construction methods for different types of networks.
  - Conduct a comprehensive technical study of sanitation and drinking water networks, particularly using specialized software (EPANET).

### Contenus

Cours n°1 : 2h

#### Chapitre 1. Introduction aux Réseaux Extérieurs et VRD

- 1.1. Principales composantes d'un projet VRD
- 1.2. Enjeux spécifiques à la gestion des eaux en milieu urbain
- 1.3. Règlementation et normes en vigueur

Cours n°2 : 2h

Chapitre 2. Hydraulique des réseaux humides

- 2.1. Types de réseaux
- 2.2. Grandeurs géométriques et caractéristiques
- 2.3. Nature des écoulements à surface libre
- 2.4. Dimensionnement des réseaux humides

TD : exercices d'application (calculs et dimensionnement)

Cours n°3 : 2h

Chapitre 3. Assainissement

- 3.1. Nature des eaux à évacuer
- 3.2. Volumes rejetés et débits de pointe
- 3.3. Procédures d'exécution de travaux des réseaux d'assainissement
- 3.4. Gestion et valorisation des eaux de pluie et eaux usées**

TD : exercices d'application (calculs et dimensionnement)

Cours n°4 : 2h

Chapitre 4. Adduction et distribution d'eau potable

- 4.1. Enjeux de l'eau potable
- 4.2. Étapes du cycle de l'eau potable
- 4.3. Procédures d'exécution de travaux des réseaux d'eau potable
- 4.4. Réseaux de distribution
- 4.5. Dimensionnement des réseaux d'eau potable

TD : exercices d'application (calculs et dimensionnement)

Cours n°5-7 : 3 x 2h

Projet : Étude des réseaux d'assainissement, d'adduction et de distribution d'eau potable d'une commune

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Course 1: 2 hours

**Chapter 1. Introduction to External Networks and VRD**

- 1.1. Main components of a VRD project
- 1.2. Specific challenges of water management in urban areas
- 1.3. Regulations and applicable standards

Course 2: 2 hours

Chapter 2. Hydraulics of Wet Networks

- 2.1. Types of networks
  - 2.2. Geometric and characteristic parameters
  - 2.3. Nature of open-channel flows
  - 2.4. Sizing of wet networks
- Tutorial: Application exercises (calculations and sizing)

Course 3: 2 hours

Chapter 3. Sanitation

- 3.1. Nature of wastewater to be discharged
  - 3.2. Discharged volumes and peak flows
  - 3.3. Construction procedures for sanitation networks
  - 3.4. Management and reuse of stormwater and wastewater**
- Tutorial: Application exercises (calculations and sizing)

Course 4: 2 hours

Chapter 4. Water Supply and Distribution

- 4.1. Challenges of drinking water supply
  - 4.2. Stages of the drinking water cycle
  - 4.3. Construction procedures for drinking water networks
  - 4.4. Distribution networks
  - 4.5. Sizing of drinking water networks
- Tutorial: Application exercises (calculations and sizing)

Courses 5-7: 3 x 2 hours

Project: Study of the sanitation, water supply, and distribution networks of a municipality

<b>Méthodes et/ou moyens pédagogiques</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Apports théoriques lors des cours magistraux</li> <li>- Exercices de calculs et dimensionnements appliqués</li> <li>- Projet de groupe sur des études de cas concrets d'aménagement (utilisation de logiciels spécialisés)</li> <li>- Theoretical contributions during lectures</li> <li>- Calculation exercises and applied sizing</li> <li>- Group project on real-world urban planning case studies (using specialized software)</li> </ul>
---	---

## Prérequis pour l'EC

<b>Prérequis</b>	
------------------	--

## Travail personnel hors présentiel

<b>Volume horaire</b>	<b>2 Heures</b>
<b>Type de travail</b>	<p>Exercices d'application Etude des réseaux d'assainissement, d'adduction et de distribution d'eau potable d'une commune</p> <p>Application exercises Study of a local authority's sewerage, water supply and drinking water distribution networks</p>

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

## *Ressources bibliographiques*

Guide pratique des VRD et aménagements extérieurs, Gérard Karsenty, Eyrolles, Collection Blanche BTP, 2004.

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Code EC	IGENI-EC0875TP
Code UE	IGENI-UE0807TP
Coefficient interne à l'EC	0,8

Coordinateur ENIT de l'EC	Jean Da Cunha
---------------------------	---------------

## Présentation de l'EC

Nom de l'EC	Electricité du bâtiment <i>Building electricity</i>
Nom(s) du/des enseignant(s)	Jean Da Cunha

Volume Horaire/Format	Format	Heures
	CM	10 H
	TD	2 H
	TP	H
	Projet encadré	H
	Projet en autonomie	H
	<b>Total</b>	<b>12 heures</b>

## Acquis d'apprentissage visés

Compétence(s)	<p>A l'issue de l'enseignement l'étudiant sera capable d'appréhender les problèmes relatifs à la distribution de l'énergie électrique en monophasés et en triphasés dans le bâtiment.</p> <p><i>At the end of the course, students will be able to grasp problems relating to the distribution of single-phase and three-phase electrical energy in buildings.</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

<b>Objectifs généraux</b>	<p>L'objectif de ce cours est de donner les notions indispensables qui permettent d'appréhender les problèmes relatifs à la distribution de l'énergie électrique en monophasés et en triphasés dans le bâtiment.</p> <p><i>The aim of this course is to provide you with the essential concepts needed to understand the problems related to the distribution of single-phase and three-phase electrical energy in buildings.</i></p>
<b>Contenus</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Rappels : monophasé et triphasé.</li><li>- Transport et distribution de l'énergie électrique : le réseau de transport, domaines de tension, organisation du réseau HTA, puissances de livraison et postes de livraison HTA/BTA.</li><li>- Etude des installations électriques : tableau général basse tension, régimes de neutre, introduction à la sécurité électrique, prise de terre, protections des biens et des personnes, régimes de neutre et protections, compensation de la puissance réactive, schémas d'installations électriques, installations électriques provisoires de chantier.</li><li>- Calcul des courants de court-circuit : courts-circuits éloignés des alternateurs, courts-circuits proches des alternateurs, méthode des impédances, <b>appareillage BT</b>.</li><li>- Harmoniques : série de Fourier, définitions des grandeurs et THD, puissances en présence d'harmoniques ; étude d'un onduleur autonome, propagation des harmoniques, particularité des harmoniques de rang trois et multiples en triphasé, dimensionnement d'un transformateur en présence d'harmoniques, étude d'une installation électrique.</li></ul> <p><i>- Reminders: single-phase and three-phase.</i></p> <p><i>- Transmission and distribution of electrical energy: the transmission network, voltage ranges, organization of the MV network, delivery powers and MV/LV delivery substations.</i></p> <p><i>- Study of electrical installations: low-voltage switchboard, neutral systems, introduction to electrical safety, earthing, protection of people and property, neutral systems and protection, reactive power compensation, electrical installation diagrams, temporary electrical installations on construction sites.</i></p> <p><i>- Calculation of short-circuit currents: short-circuits away from generators, short-circuits close to generators, impedance method, LV equipment.</i></p> <p><i>- Harmonics: Fourier series, definitions of quantities and THD, power in the presence of harmonics; study of a stand-alone inverter, propagation of harmonics, particularity of harmonics of rank three and multiple in three-phase, sizing of a transformer in the presence of harmonics, study of an electrical installation.</i></p>
<b>Méthodes et/ou moyens pédagogiques</b>	<p>Cours et TD.</p>

## Prérequis pour l'EC

<b>Prérequis</b>	<p>Monophasé et triphasé, machines électriques.</p> <p><i>Single-phase and three-phase, electrical machines.</i></p>
------------------	--

## Travail personnel hors présentiel

<b>Volume horaire</b>	<p>6 Heures</p>
<b>Type de travail</b>	<p>Rédaction d'un rapport.</p> <p><i>Report writing.</i></p>

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

## *Ressources bibliographiques*

Cliquez ici et entrez les ressources bibliographiques

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Code EC	IGENI-EC0876TP
Code UE	IGENI-UE0807TP
Coefficient interne à l'EC	0,7

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

## Présentation de l'EC

Nom de l'EC	Pathologies et réparation des ouvrages
Nom(s) du/des enseignant(s)	Nathalie CHARPENTIER

Volume Horaire/Format	Format	Heures
	CM	6 H
	TD	6 H
	TP	H
	Projet encadré	H
	Projet en autonomie	H
	<b>Total</b>	<b>12 heures</b>

## Acquis d'apprentissage visés

Compétence(s)	<p>À l'issue de cet enseignement, les étudiants seront capables de :</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Identifier les principales pathologies du bâtiment,</li><li>- Analyser les symptômes observables,</li><li>- Réaliser un diagnostic technique à partir d'une inspection visuelle, de plans, de données historiques ou d'auscultations spécifiques,</li><li>- Interpréter les résultats des investigations non destructives ou destructives</li><li>- Proposer des solutions de réparation ou de renforcement adaptées aux pathologies identifiées et à l'ouvrage existant,</li></ul>
	<p>On completion of this course, students will be able to:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Identify the main building pathologies,</li><li>- Analyse observable symptoms,</li><li>- Carry out a technical diagnosis based on a visual inspection, plans, historical data or specific auscultations,</li><li>- Interpret the results of non-destructive or destructive investigations</li><li>- Propose repair or reinforcement solutions appropriate to the pathologies identified and to the existing structure,</li></ul>

## 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

- Identifier les principales pathologies affectant les bâtiments (structurelles, fonctionnelles, **environnementales**).
  - Réaliser un diagnostic technique rigoureux en analysant les causes profondes des désordres.
  - Utiliser des méthodes d'investigation non destructives et destructives pour établir des constats fiables.
  - Proposer des solutions de réparation ou de renforcement adaptées aux désordres constatés.
  - Intégrer les contraintes normatives, techniques, économiques et environnementales dans les choix de réparation.
  - Rédiger un rapport technique de pathologie ou de préconisation, structuré et exploitable par un maître d'ouvrage ou une entreprise.
  - Travailler en équipe pour diagnostiquer et résoudre un cas complexe de désordre du bâtiment.
- 
- Identify the main pathologies affecting buildings (structural, functional, **environmental**).
  - Carry out a rigorous technical diagnosis, analysing the root causes of disorders.
  - Use non-destructive and destructive investigation methods to establish reliable findings.
  - Propose repair or reinforcement solutions adapted to the disorders observed.
  - Integrate normative, technical, economic and environmental constraints into repair choices.
  - Write a technical report on pathology or recommendations, structured and usable by a client or contractor.
  - Work as part of a team to diagnose and resolve a complex case of building disorder.

### Contenus

Introduction  
Dater le bâti et comprendre l'histoire du bâtiment  
Sinistralité / garanties DO / Décennales  
Les étapes d'un diagnostic sur ouvrage existant

Chapitre 1. La parcelle  
1.1. Importance du positionnement du bâti dans l'ilot  
1.2. Le type de sol  
1.3. Les réseaux  
1.4. Modification de l'environnement et impact

Chapitre 2. Adaptation des nouvelles normes aux bâtis anciens  
2.1. Thermiques (étanchéité à l'air)  
2.2. Acoustique  
2.3. Sécurité (incendie)  
2.4. Adaptabilité des bâtiments

Chapitre 3. Amiante / Plomb / Xylophages  
3.1. Les diagnostics  
3.2. Les responsabilités des intervenants (MOA, MOE, Entreprises)  
3.3. Les qualifications  
3.4. Les méthodes d'enlèvement

Chapitre 4. Murs et planchers  
4.1. Fissurations des murs, empierrements  
4.2. Défauts structurels des planchers bois  
4.3. Réparations

Chapitre 5. Bardages et menuiseries  
5.1. Murs rideaux  
5.2. Défaut d'étanchéité des menuiseries  
5.3. Points de rosés

Chapitre 6. Couverture  
6.1. Types de couvertures et d'étanchéité  
6.2. Défauts associés  
6.3. Réparation

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Travaux dirigés : études de cas sur les des projets réels

## Introduction

*Dating the building and understanding its history*

*Liability / DO / Decennial warranties*

*Stages in a diagnosis of an existing structure*

## Chapter 1. The plot

1.1 *Importance of the building's position in the block*

1.2. *Soil type*

1.3. *Networks*

1.4. *Environmental changes and impact*

## Chapter 2. Adapting new standards to older buildings

2.1. *Thermal (airtightness)*

2.2. *Acoustics*

2.3 *Safety (fire)*

2.4. *Building adaptability*

## Chapter 3. Asbestos / Lead / Wood pests

3.1. *Diagnostics*

3.2. *Responsibilities of the parties involved (project owner, project manager, contractors)*

3.3. *Qualifications*

3.4. *Removal methods*

## Chapter 4: Walls and floors

4.1. *Cracks in walls, stonework*

4.2. *Structural defects in wooden floors*

4.3. *Repairs*

## Chapter 5. Cladding and joinery

5.1. *Curtain walls*

5.2. *Leaking joinery*

5.3. *Dew points*

## Chapter 6. Roofing

6.1. *Types of roofing and waterproofing*

6.2. *Associated defects*

6.3. *Repair*

*Tutorial: case studies on real projects*

Méthodes et/ou moyens  
pédagogiques

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

Apprentissage sur des études de cas concrètes proposées par l'intervenante extérieure

*Theoretical input provided in lectures, illustrated by examples and practical cases encountered in companies*

*Learning based on practical case studies proposed by the external consultant*

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

## Prérequis pour l'EC

<b>Prérequis</b>	RAS
------------------	-----

## Travail personnel hors présentiel

<b>Volume horaire</b>	6 Heures
<b>Type de travail</b>	Révisions

## Ressources bibliographiques

### Ouvrages de référence :

- Pathologie des bâtiments – P. Lavedrine, Eyrolles
- Les désordres dans les bâtiments – C. Méhu, Le Moniteur
- Réparation et renforcement des structures en béton – AFGC

### Ressources complémentaires :

Normes DTU, Eurocodes, Fascicules CCTG

### Sites :

CSTB, CEREMA, AQC (Agence Qualité Construction)

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Code EC	IGENI-EC0877TP
Code UE	IGENI-UE0807TP
Coefficient interne à l'EC	1,1

Coordinateur ENIT de l'EC	Méryl Lagouin
---------------------------	---------------

## Présentation de l'EC

Nom de l'EC	Développement durable et BTP
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
	<b>Total</b>	<b>18 heures</b>

## Acquis d'apprentissage visés

Compétence(s)	<p>À l'issue de ce cours, les étudiants seront capables d'appréhender les <b>enjeux environnementaux, économiques et sociaux spécifiques au secteur du BTP</b>, de proposer des solutions de <b>gestion de ressources</b>, de <b>réduction de déchets</b>, de <b>protection de l'environnement et de la biodiversité</b> pour un <b>aménagement durable et résilient des territoires</b>. Les étudiants seront en mesure, conformément au <b>cadre réglementaire</b>, de concevoir des projets d'infrastructures.</p> <p><i>At the end of this course, students will be able to understand the <b>environmental, economic, and social challenges specific to the construction industry</b>, propose solutions for <b>resource management, waste reduction, and the protection of the environment and biodiversity</b> for <b>sustainable and resilient territorial development</b>. Students will be able, in accordance with the <b>regulatory framework</b>, to design infrastructure projects.</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

- Prendre conscience des enjeux environnementaux et sociétaux spécifiques au BTP ;
  - Identifier des leviers d'actions pour limiter les impacts environnementaux des projets de BTP ;
  - Concevoir des projets d'aménagement en respectant le cadre réglementaire en vigueur ;
  - Proposer des mesures de réduction, compensation et évitement des impacts environnementaux pour l'aménagement durable des territoires ;
  - Analyser les performances de matériaux de construction (propriétés, impact environnemental, durabilité) et sélectionner les matériaux adaptés selon les besoins
  - Préconiser des solutions techniques et bonnes pratiques pour réduire les vulnérabilités des territoires ;
  - Comprendre les leviers potentiels d'actions et les solutions émergentes à explorer pour améliorer les pratiques d'aménagement.
- 
- Raise awareness of the environmental and societal challenges specific to the construction industry.
  - Identify action levers to reduce the environmental impacts of construction projects.
  - Design development projects while respecting the applicable regulatory framework.
  - Propose measures for reducing, compensating, and avoiding environmental impacts for sustainable territorial development.
  - Analyze the performance of construction materials (properties, environmental impact, durability) and select the most suitable materials based on needs.
  - Recommend technical solutions and best practices to reduce the vulnerabilities of territories.
  - Understand the potential action levers and emerging solutions to explore to improve development practices.

### Contenus

Cours n°1 : 4h

#### Chapitre 1. Développement durable appliqué au BTP

- 1.1. Prise de conscience environnementale
- 1.2. Définition de la notion de développement durable
- 1.3. Enjeux spécifiques au secteur du BTP

#### Activité : Fresque du BTP

(appréhender les impacts du secteur sur l'environnement et identifier des leviers d'actions)

Cours n°2 : 2h

#### Chapitre 2. Engagements et cadre réglementaire

- 2.1. Engagements internationaux et français
- 2.2. Lois en vigueur pour la protection de l'environnement lors de travaux d'aménagement

#### Chapitre 3. Travaux publics et environnement

- 3.1. Conception des projets : éviter, réduire, compenser
- 3.2. Gestion des chantiers
- 3.3. Stratégie de réduction des impacts dans les TP

Cours n°3 : 2h

#### Chapitre 4. Ressources et déchets

- 4.1. Matériaux conventionnels : durabilité et impacts
- 4.2. Décarbonation des ressources
- 4.3. Fin de vie, réemploi et recyclage

#### Chapitre 5. Aménagement durable des territoires

- 5.1. Vulnérabilité des territoires
- 5.2. Risques majeurs
- 5.3. Stratégies d'adaptation

Cours n°4 : 2h

#### Chapitre 6. Innovations et bonnes pratiques

- 6.1. Gestion des ressources et des énergies
- 6.2. Innovations numériques et intelligence urbaine
- 6.3. Mutation des usages pour accélérer la transition

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Cours n°5-8 : 4 x 2h

**Projet : Conception et modélisation d'un projet d'aménagement durable des territoires**

Course No. 1: 4h

## **Chapter 1. Sustainable Development Applied to the Construction Industry**

- 1.1. Environmental Awareness
- 1.2. Definition of Sustainable Development
- 1.3. Challenges Specific to the Construction Industry

### **Activity: Construction Collage**

(Understanding the sector's impact on the environment and identifying action levers)

Course No. 2: 2h

## **Chapter 2. Commitments and Regulatory Framework**

- 2.1. International and French Commitments
- 2.2. Laws in Effect for Environmental Protection during Development Works

## **Chapter 3. Public Works and the Environment**

- 3.1. Project Design: Avoid, Reduce, Compensate
- 3.2. Site Management
- 3.3. Strategy for Impact Reduction in Public Works

Course No. 3: 2h

## **Chapter 4. Resources and Waste**

- 4.1. Conventional Materials: Durability and Impacts
- 4.2. Decarbonization of Resources
- 4.3. End of Life, Reuse, and Recycling

## **Chapter 5. Sustainable Territorial Development**

- 5.1. Vulnerability of Territories
- 5.2. Major Risks
- 5.3. Adaptation Strategies

Course No. 4: 2h

## **Chapter 6. Innovations and Best Practices**

- 6.1. Resource and Energy Management
- 6.2. Digital Innovations and Urban Intelligence
- 6.3. Changing Practices to Accelerate the Transition

Course No. 5-8: 4 x 2h

**Project: Design and Modeling of a Sustainable Territorial Development Project**

Méthodes et/ou moyens  
pédagogiques

La réalisation d'un atelier participatif et collaboratif « Fresque du BTP » permettra de sensibiliser les étudiants aux impacts environnementaux du secteur du BTP et de les inciter à identifier les leviers d'action. Les cours magistraux viendront enrichir les notions abordées au cours de cet atelier. Enfin, la réalisation d'un projet en groupe permettra la mise en application des concepts évoqués à des situations concrètes de projets d'aménagement durable.

*The implementation of a participatory and collaborative workshop, "Construction Collage," will raise students' awareness of the environmental impacts of the construction sector and encourage them to identify potential levers for action. Lectures will complement and deepen the concepts addressed during this workshop. Finally, the completion of a group project will allow the application of these concepts to real-life sustainable development project situations.*

# Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

## Prérequis pour l'EC

<b>Prérequis</b>	
------------------	--

## Travail personnel hors présentiel

<b>Volume horaire</b>	<b>3 Heures</b>
<b>Type de travail</b>	Révision et finalisation d'un rapport <i>Reviewing and finalising a report</i>

## Ressources bibliographiques

Aurba. (2015). Imperméabilisation des sols. Récupéré de [https://www.aurba.org/wp-content/uploads/2015/06/Impermabilisation\\_des\\_sols.pdf](https://www.aurba.org/wp-content/uploads/2015/06/Impermabilisation_des_sols.pdf)

Cerema. (n.d.). Aménager : approche résilience, guide de questionnement pour les porteurs de projets. Récupéré de <https://www.cerema.fr/fr/actualites/amenager-proche-resilience-guide-questionnement-porteurs>

AREC IDF. (2022). Guide d'aménagement et construction durable. Récupéré de [https://www.arec-idf.fr/fileadmin/DataStorage/user\\_upload/2022\\_Guide\\_aménagement\\_et\\_construction\\_durable.pdf](https://www.arec-idf.fr/fileadmin/DataStorage/user_upload/2022_Guide_aménagement_et_construction_durable.pdf)

Acteurs pour la Planète (FNTP). (2022). APLP Manifesto. Récupéré de <https://acteurspourlaplanete.fntp.fr/wp-content/uploads/2022/01/aplp-manifesto-250122.pdf>