



## PROGRAMME DES ENSEIGNEMENTS

### *COURSE CATALOGUE*



**Edition 2018-2019**

## L'ingénieur ISAE-ENSMA

L'ISAE-ENSMA est une Ecole d'ingénieurs du Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche dans laquelle **formation et recherche** sont étroitement associées en raison d'une spécificité liée à son histoire et à sa vocation « recherche » très ancienne. La formation d'ingénieurs est reconnue pour son profil recherche et développement, conception, bureaux d'études, innovation.

Le **recrutement** des élèves ingénieurs se fait en première année par le concours CCP (Concours Communs Polytechniques) pour environ 80% d'une promotion et par le concours ATS (Adaptation Technicien Supérieur) pour quelques unités. Les recrutements sur titres représentent environ 20% d'une promotion : pour les titulaires d'un DUT (Diplôme Universitaire de Technologie), d'une troisième année de licence ou d'une deuxième année de licence renforcée (recrutement en première année), d'une première année de master ou dans le cadre de conventions de doubles diplômes avec des établissements français ou étrangers (recrutement en deuxième année). Les promotions comptent environ 190 élèves.

Des **échanges** ont lieu en 3<sup>e</sup> année avec d'autres Ecoles d'ingénieurs dans le cadre du groupe ISAE (ISAE-SUPAERO et ESTACA), du Groupe des Ecoles Aéronautiques (ENAC et ISAE-SUPAERO à Toulouse), du réseau Polyméca (ENSIL-ENSCI à Limoges, ENSIAME à Valenciennes, ENSTA Bretagne à Brest, ENSMM à Besançon, Supméca à Paris, Sea Tech à Toulon et ENSEIRB-MATMECA à Bordeaux) et des écoles du groupe INSA. Par ailleurs, des mobilités de semestres sont organisées chaque année en partenariat avec des universités étrangères : Europe, Etats-Unis, Canada, Brésil...

Après trois années d'études, le diplôme d'ingénieur est attribué aux élèves qui ont validé les six semestres de la formation. Plus de 6000 ingénieurs ont été diplômés depuis la création de l'Ecole en 1948.

L'ISAE-ENSMA assure une **formation d'ingénieurs « large »** qui couvre des domaines étendus comme la mécanique des fluides, l'aérodynamique, l'énergétique, les transferts thermiques, la mécanique des structures, les matériaux et l'informatique embarquée. Elle s'appuie sur l'expertise reconnue de ses laboratoires dans ces mêmes domaines.

Les **industries aéronautiques et spatiales** constituent une part importante des débouchés actuels, le diplôme de l'Ecole constituant un passeport fiable pour des jeunes motivés par de tels secteurs industriels. Pour ceux qui souhaitent s'orienter vers d'autres domaines, les possibilités sont nombreuses, en particulier dans les industries du transport, de la mécanique et de l'énergie. Ces secteurs à fort potentiel font apparaître des besoins importants en terme d'ingénieurs de haut niveau présentant les capacités nécessaires pour l'innovation et l'adaptation aux grandes mutations technologiques.

Le Directeur des Etudes,  
Laurent Pérault.

## The ISAE-ENSMA engineer

ISAE-ENSMA is a graduate school of engineering under the authority of the Ministry of Higher Education and Research in which **training and research activities** are strongly linked thanks to the school history and its very long “research” tradition. Our engineering degree is recognised thanks to its activities in research and development, design and engineering projects, innovation.

Around 80% of our first-year engineering students are selected through Concours Communs Polytechniques, a nationwide highly competitive examination. Some students are also selected through ATS (Adaptation Technicien Supérieur). Selection according to academic qualifications concerns around 20% of a class: for students having a DUT (University Technological Diploma), for students having a bachelor's degree, for students having a Ms degree (1<sup>st</sup> or 2<sup>nd</sup> year) or for students coming in the framework of cooperation with double degree schemes with French or foreign institutions. We currently graduate around 190 students each year.

ISAE-ENSMA students can spend their last year of studies in other French engineering schools in partnership with the ISAE Group (ISAE-SUPAERO and ESTACA), the GEA network (aeronautical engineering schools: ENAC and ISAE-SUPAERO in Toulouse), Polymeca network (mechanical engineering schools: ENSIL-ENSCI in Limoges, ENSIAME in Valenciennes, ENSTA Bretagne in Brest, ENSMM in Besançon, Supméca in Paris, Sea Tech in Toulon and ENSEIRB-MATMECA in Bordeaux) and schools of INSA group. In addition, students have the opportunity to spend all or part of their last year abroad in a partner institution (Europe, United States, Canada, Brasil...).

After the 3-year program, the engineer degree is awarded to students who have completed six semesters of studies. More than 6000 engineers have been graduated since the creation of the school in 1948.

ISAE-ENSMA provides **an extensive engineering training** that covers areas such as fluid mechanics, aerodynamics, energetics, heat transfer, structure mechanics, materials and embedded systems / computer science. The training is supported by the recognised experience of the research laboratories in those areas.

**Aeronautical and space industries** are an important part of the current professional opportunities; the ISAE-ENSMA degree being a reliable passport for young graduates motivated by such industrial sectors. For those who wish to focus on other areas, there are a lot of possibilities, particularly in the ground transportation, mechanical and energy industries. Those high-promising sectors need high-trained engineers having the requested skills for innovation and adaptation to the important technological developments.

The Dean of Studies,  
Laurent Pérault.



# TABLE DES MATIERES

## Table of contents

|                                                                            |     |
|----------------------------------------------------------------------------|-----|
| ENSEIGNEMENTS DE PREMIERE ANNEE .....                                      | 5   |
| <i>First year academic activities</i>                                      |     |
| ENSEIGNEMENTS DE DEUXIEME ANNEE .....                                      | 43  |
| <i>Second year academic activities</i>                                     |     |
| SEMESTRES 1 ET 3 : Sciences humaines économiques et sociales .....         | 81  |
| <i>SEMESTERS 1 AND 3 Human economic and social science</i>                 |     |
| SEMESTRES 2 ET 4: Sciences humaines économiques et sociales .....          | 93  |
| <i>SEMESTERS 2 AND 4: Human economic and social science</i>                |     |
| ENSEIGNEMENTS DE TROISIEME ANNEE                                           |     |
| <i>Third year academic activities</i>                                      |     |
| <b>Option Aérodynamique (A)</b> .....                                      | 117 |
| <i>Specialisation Aerodynamics (A)</i>                                     |     |
| <b>Option Energétique (E)</b> .....                                        | 137 |
| <i>Specialisation Energetics (E)</i>                                       |     |
| <b>Option Thermique (T)</b> .....                                          | 142 |
| <i>Specialisation Heat transfer (T)</i>                                    |     |
| <b>Option Structures (S)</b> .....                                         | 147 |
| <i>Specialization Structures (S)</i>                                       |     |
| <b>Option Matériaux avancés (M)</b> .....                                  | 161 |
| <i>Specialisation Advanced Materials (M)</i>                               |     |
| <b>Option Informatique et Avionique (IA)</b> .....                         | 167 |
| <i>Specialisation Software engineering and Avionics (IA)</i>               |     |
| COURS ELECTIFS DE TROISIEME ANNEE .....                                    | 182 |
| <i>Third year elective courses</i>                                         |     |
| COURS SPÉCIFIQUES MASTER AERONAUTIQUE ET ESPACE                            |     |
| PARCOURS « TRANSPORTS AÉRONAUTIQUES ET TERRESTRES » (TAT)                  |     |
| <i>SPECIFIC COURSES MSc AERONAUTICS AND SPACE</i>                          |     |
| TRACK « AIR AND GROUND TRANSPORTATION ».....                               | 215 |
| Stages pour les étudiants internationaux en programme d'échange uniquement |     |
| <i>Internships for International Exchange Students only</i> .....          | 226 |

### Départements d'enseignement / Teaching departments

-MFA : Mécanique des Fluides et Aérodynamique / *Fluid mechanics & Aerodynamics*  
 -MSISI : Matériaux, Structures et Ingénierie des Systèmes Industriels / *Materials, Structures, Industrial Systems Engineering*  
 -ET : Energétique et Thermique / *Energetics & Heat Transfer*  
 -IA: Informatique et Automatique / *Computer Science & Automatics*  
 -FGH : Formation Générale et Humaine / *General Studies*

**ENSEIGNEMENTS DE PREMIERE ANNEE**  
*First year academic activities*

**SEMESTRE 1 - Semester 1**

| UE    | Intitulé des cours                                                               | Courses title                                 | Codes | Heures<br>Hours | Crédits<br>ECTS<br>ECTS<br>Credits | Page |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-------|-----------------|------------------------------------|------|
| UE1-1 | Langages et Sciences de Base – <i>Languages and Fundamental Sciences LSB1</i>    |                                               |       |                 |                                    |      |
|       | Informatique                                                                     | <i>Computer science</i>                       | INF1  | 36h45           | 3                                  | 6    |
|       | Mathématiques                                                                    | <i>Mathematics</i>                            | MAT1  | 36h15           | 3                                  | 8    |
|       | Mécanique analytique                                                             | <i>Mechanics of rigid body</i>                | MEC1  | 30h00           | 2.5                                | 9    |
| UE1-2 | Sciences des Métiers – <i>Engineering Sciences SM1</i>                           |                                               |       |                 |                                    |      |
|       | Thermodynamique des machines thermiques                                          | <i>Thermal engines thermodynamics</i>         | TMT1  | 50h30           | 3                                  | 10   |
|       | Mécanique des solides                                                            | <i>Solid mechanics</i>                        | MSO1  | 44h00           | 3.5                                | 11   |
|       | Mécanique du vol                                                                 | <i>Flight mechanics</i>                       | MEV1  | 20h00           | 2                                  | 12   |
| UE1-3 | Outils de l'Ingénieur – <i>Engineering tools OI1</i>                             |                                               |       |                 |                                    |      |
|       | Introduction aux systèmes embarqués                                              | <i>Introduction to Embedded systems</i>       | ISE1  | 42h00           | 3                                  | 13   |
|       | Outils pour la conception                                                        | <i>Outils pour la conception</i>              | OPC1  | 32h30           | 1.5                                | 14   |
|       | Physique                                                                         | <i>Physics</i>                                | PHY1  | 41h15           | 3.5                                | 15   |
|       | Fabrication et Transport                                                         | <i>Manufacturing and Transport</i>            | FTR1  | 12h00           | 0.5                                | 17   |
| UE1-4 | Formation Humaine et Langues – <i>Social Sciences and Foreign Languages FHL1</i> |                                               |       |                 |                                    |      |
|       | Education physique et sportive                                                   | <i>Sport</i>                                  | EPS1  | 35h00           | 1.5                                | 18   |
|       | Connaissance de l'entreprise                                                     | <i>Introduction to corporate organization</i> | COE1  | 12h30           | 1                                  | 22   |
|       | Sciences humaines économiques et sociales                                        | <i>Human economic and social science</i>      | SHE1  | 12h30           | 1                                  | 81   |
|       | Anglais                                                                          | <i>English ESL</i>                            | ANG1  | 35h00           | 2.5                                | 19   |
|       | Langue vivante II                                                                | <i>Second foreign language</i>                | LVD1  | 18h00           | 1.5                                | 21   |

**SEMESTRE 2 - Semester 2**

| UE    | Intitulé des cours                                                               | Courses title                                                                  | Codes | Heures<br>Hours | Crédits ECTS<br>ECTS Credits | Page |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|-------|-----------------|------------------------------|------|
| UE2-1 | Langages et Sciences de Base – <i>Languages and Fundamental Sciences LSB2</i>    |                                                                                |       |                 |                              |      |
|       | Calcul tensoriel                                                                 | <i>Tensors</i>                                                                 | CAT2  | 17h30           | 1.5                          | 25   |
|       | Informatique                                                                     | <i>Computer science</i>                                                        | INF2  | 41h             | 3                            | 26   |
|       | Introduction au Fortran et aux méthodes numériques                               | <i>Introduction to Fortran and to numerical methods</i>                        | IFM2  | 19h45           | 1.5                          | 27   |
|       | Gestion et publication des données                                               | <i>Data management and reporting</i>                                           | GPD2  | 26h30           | 2                            | 28   |
|       | Traitement du signal                                                             | <i>Signal processing</i>                                                       | TRS2  | 30h45           | 2                            | 30   |
| UE2-2 | Sciences des Métiers – <i>Engineering Sciences SM2a</i>                          |                                                                                |       |                 |                              |      |
|       | Sciences industrielles pour l'ingénieur – Etudes de systèmes industriels - CAO   | <i>Industrial Science for the Engineer – Study of industrial systems - CAD</i> | SII2  | 53h15           | 3                            | 32   |
|       | Science des matériaux                                                            | <i>Materials Science</i>                                                       | MTX2  | 31h30           | 2.5                          | 33   |
|       | Fabrication et Transport                                                         | <i>Manufacturing and Transport</i>                                             | FTR2  | 21h00           | 1                            | 35   |
| UE2-3 | Sciences des Métiers – <i>Engineering Sciences SM2b</i>                          |                                                                                |       |                 |                              |      |
|       | Mécanique des fluides                                                            | <i>Fluid mechanics</i>                                                         | MFL2  | 55h30           | 4                            | 36   |
|       | Résistance des matériaux                                                         | <i>Strength of Materials</i>                                                   | RDM2  | 36h30           | 2.5                          | 37   |
|       | Conduction                                                                       | <i>Conduction</i>                                                              | COD2  | 29h00           | 2,5                          | 38   |
| UE2-4 | Formation Humaine et Langues – <i>Social Sciences and Foreign Languages FHL2</i> |                                                                                |       |                 |                              |      |
|       | Education physique et sportive                                                   | <i>Sport</i>                                                                   | EPS2  | 30h00           | 1.5                          | 18   |
|       | Management                                                                       | <i>Management</i>                                                              | MAN2  | 12h00           | 1                            | 39   |
|       | Sciences humaines économiques et sociales                                        | <i>Human economic and social science</i>                                       | SHE2  | 12h30           | 1                            | 81   |
|       | Anglais                                                                          | <i>English ESL</i>                                                             | ANG2  | 32h30           | 2.5                          | 40   |
|       | Langue vivante II                                                                | <i>Second foreign language</i>                                                 | LVD2  | 21h00           | 1.5                          | 21   |



| Informatique<br>Computer science             |                                                                                             |                              |         |
|----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|---------|
| Code cours Course code: INF1                 |                                                                                             | Crédits ECTS ECTS Credits: 3 |         |
| Département Department                       | : IA                                                                                        | Cours Lectures               | :       |
| Coordonnateurs Lecturers                     | : M. Richard, L. Guittet                                                                    | T.D. Tutorials               | :       |
| Période Year of study                        | : 1 <sup>ère</sup> année 1 <sup>st</sup> year                                               | T.P. Laboratory sessions     | :       |
| Semestre Semester                            | : 1 <sup>er</sup> semestre 1 <sup>st</sup> semester                                         | Projet Project               | :       |
|                                              |                                                                                             | Non encadré Homework         |         |
| Evaluation Assessment method(s)              | : 2 Examens écrits, 7 TP, 1 projet<br>2 Written exams, 7 practical work tests,<br>1 project | Horaire global Total hours   | : 36h45 |
| Langue d'instruction Language of instruction | : Français French                                                                           |                              |         |
| Type de cours Type of course                 | : Obligatoire Compulsory                                                                    |                              |         |
| Niveau Level of course                       | : Undergraduate                                                                             |                              |         |

### Compétences attendues :

*Cours/TD/TP* : Apprendre de la programmation. Plus précisément, trois grands axes seront abordés lors de ce module : la conception d'un programme (décomposition, modularité, etc...), l'implémentation (langage ADA) et la spécification et preuve. A la fin du module, l'étudiant doit être capable de réaliser un logiciel de taille correcte à partir d'un cahier des charges.

*Projet* : Le but du bureau d'étude de programmation est de réaliser l'analyse, la programmation en ADA et la mise au point d'une application de taille respectable. Les étudiants, répartis en binômes, mettent en œuvre les concepts vus lors du module « Méthodes de bases de la programmation structurée ». L'accent principal porte sur la validation du programme fourni et sur sa facilité de maintenance (lisibilité, standardisation).

**Pré-requis** : Aucun.

### Contenu :

*Cours/TD/TP* : Trois grands thèmes sont abordés lors de ce module :

- Conception :
  - Il s'agit ici de présenter les différentes notions de base du génie logiciel. Ainsi, la décomposition hiérarchique, la modularité ainsi que la notion d'API sont présentées.
- Implémentation :
  - Une première partie est dédiée à l'apprentissage du langage ADA. Lors de la deuxième partie deux points sont particulièrement approfondis : la conception de structure de données et les concepts algorithmiques de base.
- Spécifications et preuves :
  - Parallèlement aux deux précédents thèmes, l'étudiant apprend à spécifier et prouver chaque réalisation informatique simple qu'il a à effectuer lors des TD et TP.

*Projet* : Le thème du projet varie chaque année. Parmi les réalisations des dernières années, citons de la gestion, de petits jeux graphiques interactifs, de la simulation, des applications graphiques (dessin). Chaque binôme possède un poste de travail (PC) et réalise son projet avec le même environnement informatique qu'en TP. La chaîne de production de programmes comporte les outils suivants (en libre accès sur internet) : éditeur AdaGIDE, compilateur GNAT, debugger GVD. Tous ces outils forment un environnement homogène, graphique et interactif. Les éditeurs classiques Word, Excel, PowerPoint de Microsoft Office sont également utilisés pour la rédaction du rapport de projet.

**Bibliographie** : Aucune.

### Expected competencies:

Courses / Tutorials/ Laboratory sessions: Learn programming. Specifically, three areas will be discussed in this module: the design of a program (decomposition, modularity, etc ...), implementation (ADA language) and the specification and proof. At the end of the module, the student should be able to make decent sized software from a specification.

Project: The purpose of the advanced design project is to perform the analysis, ADA programming and the development of an application of respectable size. The students, divided into pairs, implement the concepts covered in the "Basic methods of structured programming" module. The main focus is on the validation of the program provided and on its ease of maintenance (readability, standardization).

**Prerequisites:** None.

**Content:**

Courses / Tutorials/ Laboratory sessions: Three main themes are discussed in this module:

- Design:
  - Introduction of basic concepts of software engineering. Thus, the hierarchical decomposition, modularity and the concept of APIs are presented.
- Implementation:
  - The first part is dedicated to learning the ADA language. In the second part, two points are particularly thorough: the design of data structures and algorithmic concepts.
- Specifications and proofs:
  - Along with the two previous themes, the student learns to specify and prove every single computer realization that he has to perform during Tutorials and laboratory sessions.

*Project:* The project theme varies each year. Among the achievements of recent years are included management, small interactive graphics games, simulation, graphics applications (drawing). Each pair has a workstation (PC) and carries out his project with the same computer as during the laboratory sessions. The production program includes the following tools (freely available on internet): AdaGIDE publisher, GNAT compiler, GVD debugger. All these tools form a homogeneous, graphic and interactive environment. Conventional publishers Word, Excel, PowerPoint from Microsoft Office are also used for the preparation of the project report.

**Recommended reading:** None.



| Mathématiques<br>Mathematics                 |                                                     |                              |         |
|----------------------------------------------|-----------------------------------------------------|------------------------------|---------|
| Code cours Course code: MAT1                 |                                                     | Crédits ECTS ECTS Credits: 3 |         |
| Département Department                       | : IA                                                | Cours Lectures               | : 13h45 |
| Coordonnateurs Lecturers                     | : F. Pons                                           | T.D. Tutorials               | : 22h30 |
| Période Year of study                        | : 1 <sup>ère</sup> année 1 <sup>st</sup> year       | T.P. Laboratory sessions     | :       |
| Semestre Semester                            | : 1 <sup>er</sup> semestre 1 <sup>st</sup> semester | Projet Project               | :       |
| Evaluation Assessment method(s)              | : 1 écrit 1 written exam                            | Non encadré Homework         | :       |
| Langue d'instruction Language of instruction | : Français French                                   | Horaire global Total hours   | : 36h15 |
| Type de cours Type of course                 | : Obligatoire Compulsory                            |                              |         |
| Niveau Level of course                       | : Undergraduate                                     |                              |         |

#### Compétences attendues :

- Savoir utiliser les propriétés des fonctions analytiques complexes dans l'enseignement de mécanique des fluides et plus particulièrement des écoulements à potentiel ;
- Grâce aux outils mathématiques déployés lors de cet enseignement, harmoniser et parfaire les connaissances de nos élèves (venant de filières scientifiques diverses) en analyse et géométrie, deux domaines indispensables pour la compréhension et la modélisation des phénomènes mécaniques.

**Pré-requis :** analyse réelle et complexe de première année MPSI, calcul intégral, séries entières

#### Contenu :

##### Fonction d'une variable complexe

- Intégrales curvilignes,
- Fonctions holomorphes,
- Théorème et formule de Cauchy,
- Série de Laurent, Théorème des résidus,
- Principe du maximum. Fonctions harmoniques,
- Représentation conforme,

##### Calcul opérationnel

- Séries et transformée de Fourier,
- Transformation de Laplace.

#### Bibliographie :

W. Appel, *Mathématiques pour la physique et les physiciens!*, H&K Edicions, 2<sup>e</sup> édition, 2002

J. Bak, D.J. Newman, *Complex analysis*, Springer, 2e édition, 1991

R.V. Churchill, *Complex variables and applications*, ISE, 1960

G. Gasquet, P. Witomski, *Analyse de Fourier et applications*, Masson, 1990



#### Expected competencies:

- Use complex analytic functions properties in the course of fluid mechanics and especially of potential flows;
- Thanks to mathematical tools used in this course, to harmonise and complete our students' knowledge (coming from various scientific backgrounds) in analysis and geometry; two essential fields for the understanding and the modelling of mechanical phenomena.

**Prerequisites:** real and complex analysis studied in first year of MPSI (mathematics, physics and sciences for the engineer); integral calculus; power series

#### Content:

##### Function of a complex variable

- Line integrals,
- Holomorphic functions,
- Closed curve theorem and the Cauchy integral formula,
- Laurent expansions, The Cauchy residue theorem,
- Maximum modulus theorem. Harmonic functions,

- Conformal mapping.

##### Operational calculus

- Fourier series, Fourier transforms,
- Laplace transform.

#### Recommended reading:

W. Appel, *Mathématiques pour la physique et les physiciens!*, H&K Edicions, 2<sup>e</sup> édition, 2002

J. Bak, D.J. Newman, *Complex analysis*, Springer, 2<sup>e</sup> édition, 1991

R.V. Churchill, *Complex variables and applications*, ISE, 1960

G. Gasquet, P. Witomski, *Analyse de Fourier et applications*, Masson, 1990

| <b>Mécanique analytique</b><br><b><i>Mechanics of rigid body</i></b> |                                                     |                                              |         |
|----------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|----------------------------------------------|---------|
| <b>Code cours</b> <i>Course code: MEC1</i>                           |                                                     | <b>Crédits ECTS</b> <i>ECTS Credits: 2.5</i> |         |
| <b>Département</b> <i>Department</i>                                 | : MSISI                                             | <b>Cours</b> <i>Lectures</i>                 | : 13h45 |
| <b>Coordonnateurs</b> <i>Lecturers</i>                               | : Y. Nadot, S. Hemery, M. Bergeron-Gay              | <b>T.D.</b> <i>Tutorials</i>                 | : 16h15 |
| <b>Période</b> <i>Year of study</i>                                  | : 1 <sup>ère</sup> année 1 <sup>st</sup> year       | <b>T.P.</b> <i>Laboratory sessions</i>       | :       |
| <b>Semestre</b> <i>Semester</i>                                      | : 1 <sup>er</sup> semestre 1 <sup>st</sup> semester | <b>Projet</b> <i>Project</i>                 | :       |
| <b>Evaluation</b> <i>Assessment method(s)</i>                        | : 2 examens écrits 2 written exams                  | <b>Non encadré</b> <i>Homework</i>           | :       |
| <b>Langue d'instruction</b> <i>Language of instruction</i>           | : Français <i>French</i>                            | <b>Horaire global</b> <i>Total hours</i>     | : 30h00 |
| <b>Type de cours</b> <i>Type of course</i>                           | : Obligatoire <i>Compulsory</i>                     |                                              |         |
| <b>Niveau</b> <i>Level of course</i>                                 | : Undergraduate                                     |                                              |         |

**Compétences attendues:** Savoir utiliser les outils de la mécanique newtonienne pour les solides rigides dans le but de définir et optimiser :

- les mouvements et les trajectoires
- les efforts aux liaisons dans un mécanisme
- une cinématique

Ce cours est très lié à l'étude des mécanismes (technologie).

**Pré-requis:** Schéma cinématique, calcul vectoriel

**Contenu :**

Cinématique du solide indéformable  
Liaisons  
Principes fondamentaux de la dynamique  
Energétique  
Principe des puissances virtuelles  
Equations de Lagrange

**Bibliographie:** “Mécanique générale”, S. Pommier et Y. Berthaud, Dunod.

Cours de “Mécanique Analytique”, Jean-Claude Grandidier, ENSMA, 2005.



**Expected competencies:** To be able to use the tools of Newtonian mechanics for rigid solids in order to define and optimize:

- the movements and trajectories
- the loads at junction in a mechanism
- the kinematics

**Prerequisites:** Kinematic architecture, vector calculus

**Content:**

Kinematics of the rigid body  
Joints  
Fundamental principle of dynamics  
Energetics  
Virtual power principle  
Lagrange's equation

**Recommended reading:** “Mechanics of rigid body”, S. Pommier and Y. Berthaud, Dunod.

“Mechanics of rigid body” course, Jean-Claude Grandidier, ENSMA, 2005.

**Thermodynamique des machines thermiques**  
**Thermal engines thermodynamics**

**Code cours** *Course code:* **TMT1**

**Crédits ECTS** *ECTS Credits:* **3**

|                                                            |                                                                    |                                          |         |
|------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|---------|
| <b>Département</b> <i>Department</i>                       | : ET                                                               | <b>Cours</b> <i>Lectures</i>             | : 16h15 |
| <b>Coordonnateurs</b> <i>Lecturers</i>                     | : J. Sotton, Z.Bouali, A.Chinnayya, V. Rodriguez                   | <b>T.D.</b> <i>Tutorials</i>             | : 16h15 |
| <b>Période</b> <i>Year of study</i>                        | : 1 <sup>ère</sup> année 1 <sup>st</sup> year                      | <b>T.P.</b> <i>Laboratory sessions</i>   | : 09h00 |
| <b>Semestre</b> <i>Semester</i>                            | : 1 <sup>er</sup> semestre 1 <sup>st</sup> semester                | <b>Projet</b> <i>Project</i>             | : 9h00  |
| <b>Evaluation</b> <i>Assessment method(s)</i>              | : 2 écrits, 1 contrôle TP<br>2 written exam, 1 practical work test | <b>Non encadré</b> <i>Homework</i>       | :       |
| <b>Langue d'instruction</b> <i>Language of instruction</i> | : Français French                                                  | <b>Horaire global</b> <i>Total hours</i> | : 50h30 |
| <b>Type de cours</b> <i>Type of course</i>                 | : Obligatoire Compulsory                                           |                                          |         |
| <b>Niveau</b> <i>Level of course</i>                       | : Undergraduate                                                    |                                          |         |

**Compétences attendues :** Maîtriser les outils de la thermodynamique des systèmes pour les applications en propulsion.

**Pré-requis :** Connaissances de base en thermodynamique (systèmes, principes)

**Contenu :** Compléments de thermodynamique appliquée

**Première partie - Thermodynamique des Systèmes Inertes**

0. Rappels de thermodynamique macroscopique
1. Thermodynamique énergétique des systèmes ouverts. Ecoulements
2. Diagrammes thermodynamiques
3. Généralités sur les machines thermiques
4. Machines motrices à fluide moteur inerte
5. Machines réceptrices
6. Thermodynamique de l'air humide

**Deuxième partie - Thermodynamique des systèmes réactifs**

Mélange frais combustible

Propriétés des gaz brûlés à haute température

**Bibliographie :**

L. Borel, *Thermodynamique et énergétique*, Presses polytechniques, Lausanne, CH

K.E. Bett, J.S. Rowlinson, G. Saville, *Thermodynamics for chemical engineers*, The Athlone Press, London, UK

P. Bauer, *Aerothermochimie - Propulseurs Aéronautiques et Spatiaux*, Ed. Ellipses, France

**Expected competencies:** Understand the main tools for future applications to propulsive systems

**Prerequisites:** Basics of thermodynamics (systems, principles)

**Content:** Advanced applied thermodynamics

**First part - Thermodynamics of inert systems**

0. Basics of macroscopic thermodynamics
1. Energetics of open systems and flows
2. Thermodynamic plots
3. General data on thermal engines
4. Thermal engines with inert fluid
5. Refrigeration and heat production
6. Thermodynamics of wet air

**Second part - Thermodynamics of reactive systems**

Properties of reactive mixtures

Properties of combustion products

**Recommended reading:**

L. Borel, *Thermodynamique et énergétique*, Presses polytechniques, Lausanne, CH

K.E. Bett, J.S. Rowlinson, G. Saville, *Thermodynamics for chemical engineers*, The Athlone Press, London, UK

P. Bauer, *Aerothermochimie - Propulseurs Aéronautiques et Spatiaux*, Ed. Ellipses, France



| <b>Mécanique des solides</b><br><b>Solid mechanics</b>     |                                                                             |                                                     |         |
|------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|---------|
| <b>Code cours</b> <i>Course code:</i> <b>MSO1</b>          |                                                                             | <b>Crédits ECTS</b> <i>ECTS Credits:</i> <b>3.5</b> |         |
| <b>Département</b> <i>Department</i>                       | : MSISI                                                                     | <b>Cours</b> <i>Lectures</i>                        | : 17h30 |
| <b>Coordonnateurs</b> <i>Lecturers</i>                     | : C. Nadot-Martin, O. Smerdova, L. Signor, O. Benchekroun, A. Djato         | <b>T.D.</b> <i>Tutorials</i>                        | : 17h30 |
| <b>Période</b> <i>Year of study</i>                        | : 1 <sup>ère</sup> année 1 <sup>st</sup> year                               | <b>T.P.</b> <i>Laboratory sessions</i>              | : 09h00 |
| <b>Semestre</b> <i>Semester</i>                            | : 1 <sup>er</sup> semestre 1 <sup>st</sup> semester                         | <b>Projet</b> <i>Project</i>                        | :       |
| <b>Evaluation</b> <i>Assessment method(s)</i>              | : 2 examens écrits, 1 contrôle TP<br>2 written exams, 1 practical work test | <b>Non encadré</b> <i>Homework</i>                  | :       |
| <b>Langue d'instruction</b> <i>Language of instruction</i> | : Français French                                                           | <b>Horaire global</b> <i>Total hours</i>            | : 44h00 |
| <b>Type de cours</b> <i>Type of course</i>                 | : Obligatoire Compulsory                                                    |                                                     |         |
| <b>Niveau</b> <i>Level of course</i>                       | : Undergraduate                                                             |                                                     |         |

**Compétences attendues :** Connaître les notions physiques de contraintes et de déformations et les outils pour les décrire. Savoir résoudre les problèmes fondamentaux d'élasticité linéaire : traction-compression, torsion, flexion, déformations planes, contraintes planes

**Pré-requis :** Outils mathématiques classiques

**Contenu :**

Cinématique des milieux continus  
Déformations  
Contraintes  
Notion de comportement – Loi thermoélastique linéaire isotrope  
Problèmes tridimensionnels du solide élastique isotrope  
Elasticité anisotrope  
Critère de limite élastique

**Bibliographie :**

J. Coirier, C. Nadot-Martin, *Mécanique des Milieux Continus : cours et exercices corrigés*, Dunod, 2013  
J. Salençon, *Mécanique des Milieux Continus (Tome I : Concepts généraux ; Tome II : Thermoélasticité)*, Editions de l'Ecole polytechnique, 2001  
A. P. Boresi, K. P. Chong, *Elasticity in Engineering Mechanics*, Elsevier Science Publishing, 1987

**Expected competencies:** To understand the physical notions of stress and strain and related description tools. To know how to solve fundamental problems in linear elasticity: traction-compression, torsion, bending, plane strain, plane stress

**Prerequisites:** Classical mathematical tools

**Content:**

Kinematics of continuum media  
Strain  
Stress  
Material behaviour – Isotropic linear thermoelasticity  
Three dimensional elasticity problems  
Anisotropic elasticity  
Non-linearity threshold

**Recommended reading:**

J. Coirier, C. Nadot-Martin, *Mécanique des Milieux Continus : cours et exercices corrigés*, Dunod, 2013  
J. Salençon, *Mécanique des Milieux Continus (Tome I : Concepts généraux ; Tome II : Thermoélasticité)*, Editions de l'Ecole polytechnique, 2001  
A. P. Boresi, K. P. Chong, *Elasticity in Engineering Mechanics*, Elsevier Science Publishing, 1987



| <b>Mécanique du vol</b><br><b>Flight mechanics</b>         |                                                          |                                            |         |
|------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|--------------------------------------------|---------|
| <b>Code cours</b> <i>Course code: MEV1</i>                 |                                                          | <b>Crédits ECTS</b> <i>ECTS Credits: 2</i> |         |
| <b>Département</b> <i>Department</i>                       | : MFA                                                    | <b>Cours</b> <i>Lectures</i>               | : 11h15 |
| <b>Coordonnateurs</b> <i>Lecturers</i>                     | : A. Spohn, C. Sicot                                     | <b>T.D.</b> <i>Tutorials</i>               | : 08h45 |
| <b>Période</b> <i>Year of study</i>                        | : 1 <sup>ère</sup> année <i>1<sup>st</sup> year</i>      | <b>T.P.</b> <i>Laboratory sessions</i>     | :       |
| <b>Semestre</b> <i>Semester</i>                            | : 2 <sup>e</sup> semestre <i>2<sup>nd</sup> semester</i> | <b>Projet</b> <i>Project</i>               | :       |
| <b>Evaluation</b> <i>Assessment method(s)</i>              | : 1 examen écrit <i>1 written exam</i>                   | <b>Non encadré</b> <i>Homework</i>         | :       |
| <b>Langue d’instruction</b> <i>Language of instruction</i> | : Français <i>French</i>                                 | <b>Horaire global</b> <i>Total hours</i>   | : 20h00 |
| <b>Type de cours</b> <i>Type of course</i>                 | : Obligatoire <i>Compulsory</i>                          |                                            |         |
| <b>Niveau</b> <i>Level of course</i>                       | : Undergraduate                                          |                                            |         |

**Compétences attendues :** Acquérir des notions de base de la mécanique du vol.

**Pré-requis :** Aucun

**Contenu :**

- L’atmosphère
- Modélisation géométrique et mécanique de l’avion
- Notions de base de l’aérodynamique de l’avion
- Les équations du vol
- Performances et domaine du vol
- Stabilité longitudinale – modes propres

**Bibliographie :** Aucune

**Expected competencies:** Acquire basic knowledge of flight mechanics.

**Prerequisites:** None

**Content:**

- The atmosphere
- Geometrical and mechanical modelling of the airplane
- Basic concepts of aerodynamics
- Flight equations
- Airplane performance and flight domain
- Longitudinal stability – Eigen modes

**Recommended reading:** None



**Introduction aux systèmes embarqués**  
**Introduction to Embedded systems**

| <b>Code cours</b> <i>Course code: ISE1</i>                 |                                                                          | <b>Crédits ECTS</b> <i>ECTS Credits: 3</i>       |
|------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| <b>Département</b> <i>Department</i>                       | : IA                                                                     | <b>Cours</b> <i>Lectures</i> : 15h00             |
| <b>Coordonnateurs</b> <i>Lecturers</i>                     | : H. Bauer, Y. Ouhammou                                                  | <b>T.D.</b> <i>Tutorials</i> : 15h00             |
| <b>Période</b> <i>Year of study</i>                        | : 1 <sup>e</sup> année <i>1<sup>st</sup> year</i>                        | <b>T.P.</b> <i>Laboratory sessions</i> : 12h00   |
| <b>Semestre</b> <i>Semester</i>                            | : 1 <sup>e</sup> semestre <i>1<sup>st</sup> semester</i>                 | <b>Projet</b> <i>Project</i> :                   |
| <b>Evaluation</b> <i>Assessment method(s)</i>              | : 1 écrit, 1 contrôle TP<br><i>1 written exam, 1 practical work test</i> | <b>Non encadré</b> <i>Homework</i> :             |
| <b>Langue d'instruction</b> <i>Language of instruction</i> | : Français <i>French</i>                                                 | <b>Horaire global</b> <i>Total hours</i> : 42h00 |
| <b>Type de cours</b> <i>Type of course</i>                 | : Obligatoire <i>Compulsory</i>                                          |                                                  |
| <b>Niveau</b> <i>Level of course</i>                       | : Undergraduate                                                          |                                                  |

**Compétences attendues:** Connaître les principaux outils et concepts utilisés dans les systèmes informatisés.

**Pré-requis :** Aucun.

**Contenu :**

**1. Architecture matérielle**

- Représentation de l'information, Algèbre booléenne,
- Circuits combinatoires,
- Architecture des systèmes informatisés (microprocesseur, mémoire, E/S, ...),
- Programmation en assembleur sur microcontrôleur.

**2. Système d'exploitation**

- Ordonnancement et synchronisation de processus,
- Problèmes de la concurrence,
- Gestion de la mémoire et mémoire virtuelle,
- Application à Unix,
- Programmation système en C.
- Réseau (Pile OSI couches 3 et 4)

**Bibliographie :** Aucune.



**Expected competencies:** To know the main tools and the concepts used in computer systems.

**Prerequisites:** None.

**Content:**

**1. Hardware**

- Binary representations, Boolean algebra,
- Circuits,
- Hardware (CPU, memory, I/O, ...),
- Programming microcontroller.

**2. Operating systems**

- Process scheduling and synchronization,
- Problems of parallelism,
- Memory management and virtual memory
- Application under Unix,
- System programming in C.
- Networking (OSI layers 3 &4)

**Recommended reading:** None.

## Outils pour la conception Tools for design

| Code cours Course code: OPC1                        |                                                     | Crédits ECTS ECTS Credits: 1.5    |         |
|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|-----------------------------------|---------|
| <b>Département</b> Department                       | : MSISI                                             | <b>Cours</b> Lectures             | : 02h30 |
| <b>Coordonnateurs</b> Lecturers                     | : JM Roncin, O. Ser, L. Signor, G. Faure (Dassault) | <b>T.D.</b> Tutorials             | : 15h00 |
| <b>Période</b> Year of study                        | : 1 <sup>ère</sup> année 1 <sup>st</sup> year       | <b>T.P.</b> Laboratory sessions   | : 15h00 |
| <b>Semestre</b> Semester                            | : 1 <sup>er</sup> semestre 1 <sup>st</sup> semester | <b>Projet</b> Project             | :       |
| <b>Evaluation</b> Assessment method(s)              | : 1 écrit 1 written exam                            | <b>Non encadré</b> Homework       | :       |
| <b>Langue d'instruction</b> Language of instruction | : Français French                                   | <b>Horaire global</b> Total hours | : 32h30 |
| <b>Type de cours</b> Type of course                 | : Obligatoire Compulsory                            |                                   |         |
| <b>Niveau</b> Level of course                       | : Undergraduate                                     |                                   |         |

**Compétences attendues :** Comprendre le fonctionnement des mécanismes industriels et acquérir les bases nécessaires aux activités de conception des semestres suivants.

**Pré-requis :** Aucun

**Contenu :**

- Introduction à l'étude des systèmes et des mécanismes,
- Règles de représentation des dessins techniques et des schémas,
- Mise à niveau en lecture de plans techniques industriels,
- Cotation fonctionnelle et géométrique,
- Etudes technologiques (systèmes de conversion d'énergie et de transmission de puissance),

Chaque partie du programme est abordée au travers d'exemples concrets par la lecture de documents et l'analyse de matériels industriels.

Quelques exemples :

- Démarreur pneumatique pour moteur diesel,
- Variateur de Vitesse hydraulique,
- Pompe hydraulique,
- Moteur à combustion interne.

**Bibliographie :** Aucune

**Expected competencies:** Acquire the required knowledge to understand the functioning of mechanical engineering systems.

**Prerequisites:** None

**Content:**

- Introduction to the study of systems and mechanisms,
- Drafting conventions for technical drawings and schematics,
- Upgrading on the reading of technical drawings,
- Functional and geometric dimensioning/tolerancing,
- Study of technological systems (energy conversion and power transmission systems),
- Essentials of systems architecture modelling (LMS Imagine.Lab.AMESim).

Each part of the program is studied with real life examples through the reading of technical notices and the analysis of industrial equipment.

Some examples:

- Air starter for a diesel engine,
- Hydraulic speed variator,
- Hydraulic pump,
- Internal combustion engine.

**Recommended reading:** None



| Physique<br>Physics                          |                                                     |                                |         |
|----------------------------------------------|-----------------------------------------------------|--------------------------------|---------|
| Code cours Course code: PHY1                 |                                                     | Crédits ECTS ECTS Credits: 3.5 |         |
| Département Department                       | : MSISI                                             | Cours Lectures                 | : 20h00 |
| Coordonnateurs Lecturers                     | : V. Pelosin, G. Lalizel, A. Benselama              | T.D. Tutorials                 | : 21h15 |
| Période Year of study                        | : 1 <sup>ère</sup> année 1 <sup>st</sup> year       | T.P. Laboratory sessions       | :       |
| Semestre Semester                            | : 1 <sup>er</sup> semestre 1 <sup>st</sup> semester | Projet Project                 | :       |
| Evaluation Assessment method(s)              | : 2 écrits 2 written exams                          | Non encadré Homework           | :       |
| Langue d'instruction Language of instruction | : Français French                                   | Horaire global Total hours     | : 41h15 |
| Type de cours Type of course                 | : Obligatoire Compulsory                            |                                |         |
| Niveau Level of course                       | : Undergraduate                                     |                                |         |

**Compétences attendues:** Comprendre la modélisation microscopique de propriétés macroscopiques des corps (solides et fluides)

**Pré-requis:** Thermodynamique, mécanique classique

**Contenu:**

#### Physique du solide

- Structure atomique
- Particules matérielles, Ondes associées, Equation de Schrödinger
- Potentiels plats : marche, puits, barrière, créneaux, effet tunnel
- Théorie des bandes
- Propriétés électroniques des métaux et des semi conducteurs

#### Physique statistique

- Rappels élémentaires de statistique: fonction de distribution, loi normale, moyenne et variance
- Théorie cinétique des gaz: chocs élastiques, modèle du gaz parfait, loi de distribution de Maxwell-Boltzmann, définition de la pression et de la température, notion d'équilibre thermique
- Etablissement des fonctions de distributions quantiques: Fermi Dirac et Bose Einstein
- Le cas limite des fonctions de distributions quantiques: la distribution de Maxwell-Boltzmann appliquée au gaz parfait, définition des fonctions thermodynamiques, gaz parfait monoatomique, gaz parfait diatomique et énergie de rotation et de vibration
- Statistique de Fermi-Dirac appliquée aux électrons libres d'un métal: fonction de Fermi et niveau de Fermi, chaleur spécifique électronique
- Thermodynamique des solides: modèle d'Einstein, modèle de Debye, phonons, température de Debye, chaleur spécifique et équation d'état des solides
- Statistique de Bose Einstein appliquée au rayonnement, notion de rayonnement électromagnétisme, le modèle du corps noir, interactions rayonnement matière et coefficient d'Einstein, application au LASER
- Introduction aux plasma: degré d'ionisation, longueur de Debye, fréquence plasma, collisions élastiques et inélastiques, interaction rayonnement matière

#### Bibliographie:

Cohen-Tannoudji, Div, Laloë, *Mécanique quantique*, Hermann

Div, Guthman, Lederer, Roulet, *Physique statistique*, Hermann

Physique de l'état solide – C. Kittel – Dunod

Introduction à la Physique des solides – E. Mooser – Presses Polytechniques et Universitaires Romandes



**Expected competencies:** To be able to understand microscopic modelling of macroscopic properties (solids and fluids)

**Prerequisites:** Thermodynamics, classical mechanics

**Content:**

#### Solid State Physics

- Atomic structure,
- Particles and associated waves, Schrödinger's equation,
- Particles in 1D potential: step, well, barrier, tunnel effect,
- Band Theory,



- Electronic properties of metals and semiconductors.

### Statistical physics

- Statistics elementary recalls: distribution function, normal distribution, average and variance
- Kinetic theory of gases: elastic collisions, ideal gas model, Maxwell-Boltzmann distribution law, definition of pressure and temperature, concept of thermal equilibrium
- Establishment of quantum distribution functions: Fermi Dirac and Böse-Einstein
- The limiting case of quantum distribution functions: the Maxwell-Boltzmann distribution applied to ideal gas definition of thermodynamic functions, monatomic ideal gas, perfect diatomic gas and rotational and vibrational energy
- Fermi-Dirac statistic applied to the free electrons of a metal: Fermi function and Fermi level, electronic specific heat
- Thermodynamics of solids: Einstein model, Debye model, phonons, Debye temperature, specific heat and equation of state of solids
- Böse Einstein statistic applied to radiation, electromagnetic radiation concept, the model of black body, radiation and material interactions and Einstein coefficient, LASER application
- Introduction to Plasma: degree of ionization, Debye length, plasma frequency, elastic and inelastic collisions, interaction of radiation of material

### Recommended reading:

Cohen-Tannoudji, Div, Laloë, *Mécanique quantique*, Hermann

Div, Guthman, Lederer, Roulet, *Physique statistique*, H

C. Kittel, *Physique de l'état solide* — Dunod

E. Mooser, *Introduction à la Physique des solides*, Presses Polytechniques et Universitaires Romandes

**Fabrication et Transport**  
**Manufacturing and Transport**

| <b>Code cours</b> <i>Course code: FTR1</i>                 |                                                           | <b>Crédits ECTS</b> <i>ECTS Credits: 0.5</i>     |
|------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| <b>Département</b> <i>Department</i>                       | : MSISI                                                   | <b>Cours</b> <i>Lectures</i> :                   |
| <b>Coordonnateurs</b> <i>Lecturers</i>                     | : J-M. Petit                                              | <b>T.D.</b> <i>Tutorials</i> :                   |
| <b>Période</b> <i>Year of study</i>                        | : 1 <sup>ère</sup> année <i>1<sup>st</sup> year</i>       | <b>T.P.</b> <i>Laboratory sessions</i> : 12h00   |
| <b>Semestre</b> <i>Semester</i>                            | : 1 <sup>er</sup> semestre <i>1<sup>st</sup> semester</i> | <b>Projet</b> <i>Project</i> :                   |
| <b>Evaluation</b> <i>Assessment method(s)</i>              | : 1 contrôle de TP<br>1 <i>practical work test</i>        | <b>Non encadré</b> <i>Homework</i> :             |
| <b>Langue d’instruction</b> <i>Language of instruction</i> | : Français <i>French</i>                                  | <b>Horaire global</b> <i>Total hours</i> : 12h00 |
| <b>Type de cours</b> <i>Type of course</i>                 | : Obligatoire <i>Compulsory</i>                           |                                                  |
| <b>Niveau</b> <i>Level of course</i>                       | : Undergraduate                                           |                                                  |

**Compétences attendues :** Maîtriser les procédés de fabrication en relation avec le domaine du transport (routier, aérien, spatial) et sa technologie. Un lien est fait avec les problématiques rencontrées en conception (obtention des formes, état de surface, ...).

**Pré-requis :** Aucun

**Contenu :**

- Introduction aux systèmes de transport,
- Classification des procédés de fabrication,
- Exemples de réalisations de formes,
- Procédés d’usinage, gamme d’usinage, montages d’usinage,
- Applications sur machines-outils conventionnelles et à commande numérique 2 axes et 3 axes,
- Notions de métrologie et de coût de fabrication.

**Bibliographie :** Techniques de l’Ingénieur.



**Expected competencies:** To be able to understand manufacturing processes related to transport (road, air, space) and its technology. There is a direct link with the issues encountered in conception (obtaining forms, surface, etc.)

**Prerequisites:** None

**Content:**

- Introduction to transport systems,
- Classification of manufacturing processes,
- Embodiments of forms,
- Machining processes, range of machining, machining fixtures,
- Application of conventional machines-tools and CNC 2 axes and 3 axes
- Concepts of metrology and manufacturing costs.

**Recommended reading:** Techniques de l’Ingénieur.

**Education physique et sportive**  
**Sport**

**Code cours** *Course code:*  
From semester 1 to semester 4: **EPS1, EPS2, EPS3,**  
**EPS4**  
For semester 5: **EPS5**

**Crédits ECTS** *ECTS Credits:*  
From semester 1 to semester 4 : **1.5**  
For semester 5 : **2**

|                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Département</b> <i>Department</i>                       | : FGH                                                                                                                                                                                                                                                               | <b>Sessions:</b><br><br>1 <sup>er</sup> semestre 1 <sup>st</sup> semester : 35h00<br>2 <sup>e</sup> semestre 2 <sup>nd</sup> semester : 30h00<br>3 <sup>e</sup> semestre 3 <sup>rd</sup> semester : 30h00<br>4 <sup>e</sup> semestre 4 <sup>th</sup> semester : 32h30<br>5 <sup>e</sup> semestre 5 <sup>th</sup> semester : 45h00 |
| <b>Coordonnateurs</b> <i>Lecturers</i>                     | : J-F Bonnet, F-X Lenfant                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <b>Période</b> <i>Year of study</i>                        | : 1 <sup>ère</sup> à 3 <sup>e</sup> année 1 <sup>st</sup> to 3 <sup>rd</sup> year                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <b>Semestre</b> <i>Semester</i>                            | : 1 <sup>er</sup> semestre 1 <sup>st</sup> semester<br>2 <sup>e</sup> semestre 2 <sup>nd</sup> semester<br>3 <sup>e</sup> semestre 3 <sup>rd</sup> semester<br>4 <sup>e</sup> semestre 4 <sup>th</sup> semester<br>5 <sup>e</sup> semestre 5 <sup>th</sup> semester |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <b>Evaluation</b> <i>Assessment method(s)</i>              | : Contrôle continu <i>Continuous assessment</i>                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <b>Langue d'instruction</b> <i>Language of instruction</i> | : Français <i>French</i>                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <b>Type de cours</b> <i>Type of course</i>                 | : Obligatoire <i>Compulsory</i>                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <b>Niveau</b> <i>Level of course</i>                       | : n/a                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |

**Contenu :**

Les activités physiques et sportives ont toujours fait partie du programme de l'école. Une demi-journée par semaine est réservée à leur pratique. Ainsi sont regroupés au même moment les élèves des trois promotions désirent participer à la même activité.

La priorité consiste dans un premier temps à redonner le goût de l'effort physique et de la compétition à des étudiants qui ont pour la plupart arrêté toute activité pendant deux années entières.

Les qualités développées par l'implication des étudiants dans ces pratiques contribuent à l'amélioration des conditions d'entrée dans la vie active.

Les enseignants, au nombre de deux, organisent la vie physique, mais aussi animent et gèrent les différentes associations sportives et culturelles (FFSU...).

Le jeudi après-midi permet de participer aux compétitions dans tous les sports.

De plus, l'ENSMA participe annuellement au Championnats d'académies et au tournoi inter-écoles aéronautiques européennes (European Aeronautical student Games).



**Content:**

Sports activities have been included in the academic curriculum since the foundation of ENSMA. For each student, 1 half-day is devoted weekly to the practice of sport. Activities are designed to involve 1st year, 2nd year and 3rd year students together for the practice of the sports they have selected.

The main objective is to have students rediscover the pleasure of competition, most of them having stopped physical activity for 2 years, prior to their admission to ENSMA.

The qualities developed by the implication of students in these activities contribute to the improvement of their start in professional life.

Two teachers supervise and coach students. They also have an active role in the management of sports clubs and cultural activities (FFSU, i.e. college sports league).

Each Thursday afternoon, ENSMA teams take part in university competitions.

Moreover, ENSMA students participate yearly in major championships such as the Academies Championships and the traditional inter-schools tournaments of European graduate schools in aeronautical engineering (European Aeronautics student Games).

| Anglais<br>English ESL                       |                                                     |                                |         |
|----------------------------------------------|-----------------------------------------------------|--------------------------------|---------|
| Code cours Course code: ANG1                 |                                                     | Crédits ECTS ECTS Credits: 2.5 |         |
| Département Department                       | : FGH                                               | Cours Lectures                 | :       |
| Coordonnateurs Lecturers                     | : A. Glad, F. Boucaud, R. Marshall-Courtois         | T.D. Tutorials                 | : 35h00 |
| Période Year of study                        | : 1 <sup>ère</sup> année 1 <sup>st</sup> year       | T.P. Laboratory sessions       | :       |
| Semestre Semester                            | : 1 <sup>er</sup> semestre 1 <sup>st</sup> semester | Projet Project                 | :       |
| Evaluation Assessment method(s)              | : Contrôle continu Continuous assessment            | Non encadré Homework           | :       |
| Langue d'instruction Language of instruction | : Anglais English                                   | Horaire global Total hours     | : 35h00 |
| Type de cours Type of course                 | : Obligatoire Compulsory                            |                                |         |
| Niveau Level of course                       | : Undergraduate                                     |                                |         |

NB : les étudiants sont répartis par groupes de niveau, après un test de placement au début du semestre.

#### Compétences attendues :

❖ Niveau Pré-Intermédiaire : entraînement au TOEIC Listening & Reading (passage à la fin du Semestre 2, score requis par l'ENSMA : B2/785 points et développement de compétences langagières relatives au monde de l'entreprise.

❖ Niveaux Intermédiaire et Avancé

Mise à niveau pour assurer les compétences communes des élèves ingénieurs de l'ENSMA nécessaires pour la deuxième et la troisième année d'études, et aussi pour l'intégration en entreprise.

Mise à niveau nécessaire, compte tenu des parcours diversifiés rencontrés avant et après le baccalauréat.

#### Pré-requis :

Groupe Pré-Intermédiaire : avoir un niveau A2 du [Cadre Européen Commun de Référence pour les Langues](#)

Groupe Intermédiaire : avoir un niveau B1 – B2.

Groupe Avancé : avoir un niveau B2 – C2.

#### Contenu :

❖ Niveau Pré-Intermédiaire

- Enrichissement lexical (vocabulaire spécifique TOEIC / monde de l'entreprise)
- Révision d'items grammaticaux

❖ Niveaux Intermédiaire et Avancé

- Anglais général,
- Enrichissement lexical et révision d'items grammaticaux,
- Compréhension de l'écrit et de l'oral
- Les 6 dernières semaines du semestre 1 et les 4 premières du semestre 2 sont consacrées à la préparation du test de TOEIC.
- Entraînement aux stratégies à mettre en œuvre pour améliorer son score.

#### Bibliographie :

❖ Niveau Pré-Intermédiaire

R. Wyatt, *Check your English Vocabulary for TOEIC*, A & C Black Publishers Ltd, 2006

Michael Swan, Catherine Walter, *How English works*, Grammar Practice Book and Key, Oxford, 2006

Michael Duckworth, *Essential Business Grammar and Practice, Elementary to Pre-Intermediate*, Oxford, 2006

Michael Swan, Françoise Houdard, Desmond O'Sullivan, *Pratique de l'Anglais de A à Z*, Hatier Parascolaire, 2003

Bill Mascull, *Business Vocabulary in Use, Intermediate*, Cambridge Professional English, 2002

Bill Mascull, *Test your Business Vocabulary in Use*, Cambridge Professional English, 2003

Alan Bond, *300+ Successful Business Letters for All Occasions*, Barron's Educational Series, 2Rev Ed edition, 2005

David Beer, David A. McMurrey, *A Guide to Writing as an Engineer*, John Wiley & Sons Inc; 2Rev Ed edition, 2004

Charles Talcott et Al, *A Communication course for the TOEIC test*, 2007

❖ Niveau Avancé (the transportation sector and mobility issues in North America)

J. Walker, *Human Transit*, Island Press 2012

P. Stropher, J. Stanley, *Introduction to Transport Policy*, Edward Elgar 2014

M.H. Rose, R.A. Mohl, *Interstate*, University of Tennessee Press, 2012

S. Moore, E.S. Greenberg, L. Grunberg, P. Sanders, *Turbulence: Boeing and the State of American Workers and Managers*, Yale University Press, 2010



Please note that students are streamed into groups, on the basis of their proficiency in English, at the beginning of Semester 1.

### **Expected competencies:**

#### ❖ Pre-Intermediate Group:

To prepare the TOEIC Listening & Reading test taken at the end of semester 2. The score required to graduate from ENSMA is 785 points.

To develop Business English vocabulary and structures.

#### ❖ Intermediate and Advanced Groups:

To acquire the common core competencies necessary to follow the English courses of the second and third years and to better integrate a company.

### **Prerequisites:**

Pre-Intermediate: minimum level required A2-B1, as defined in the [European Reference Framework for Language Levels](#)

Intermediate: B1 – B2 level

Advanced: B2 – C2 level

### **Content:**

#### ❖ Pre-intermediate

TOEIC preparation, and in particular, students will:

- Expand their vocabulary for TOEIC and business English,
- Revise grammar points.

#### ❖ Intermediate and Advanced

- General English,
- Vocabulary expansion and revision of grammar points,
- Reading and listening comprehension.
- The last 5 weeks of semester 1 and the first 4 weeks of semester 2 are devoted to TOEIC test preparation,
- Practice of strategies for boosting their score.

### **Recommended reading:**

#### ❖ Pre-Intermediate

R. Wyatt, *Check your English Vocabulary for TOEIC*, A & C Black Publishers Ltd, 2006

Michael Swan, Catherine Walter, *How English works*, Grammar Practice Book and Key, Oxford, 2006

Michael Duckworth, *Essential Business Grammar and Practice, Elementary to Pre-Intermediate*, Oxford, 2006

Michael Swan, Françoise Houdard, Desmond O'Sullivan, *Pratique de l'Anglais de A à Z*, Hatier Parascolaire, 2003

Bill Mascull, *Business Vocabulary in Use, Intermediate*, Cambridge Professional English, 2002

Bill Mascull, *Test your Business Vocabulary in Use*, Cambridge Professional English, 2003

Charles Talcott et Al, *A Communication course for the TOEIC test*, 2007

#### ❖ Advanced (the transportation sector and mobility issues in North America)

J. Walker, *Human Transit*, Island Press 2012

P. Stropher, J. Stanley, *Introduction to Transport Policy*, Edward Elgar 2014

M.H. Rose, R.A. Mohl, *Interstate*, University of Tennessee Press, 2012

S. Moore, E.S. Greenberg, L. Grunberg, P. Sanders, *Turbulence: Boeing and the State of American Workers and Managers*, Yale University Press, 2010

## Langue vivante II Second foreign language

**Code cours** *Course code:*

 From semester 1 to semester 4 : **LVD1, LVD2, LVD3, LVD4**

For semester 5 : LVD5

**Crédits ECTS** *ECTS Credits:*

 From semester 1 to semester 4 : **1.5**

 For semester 5 : **2**
**Coordonnateurs** *Lecturers* Corioland)

: B. Günther, A. Vinh-Brahimi, Y. Baliteau, J. Domarco, D. Grammatico, Y. Karamatsu, F. Lin, E.

**Période** *Year of study*

 : 1<sup>ère</sup> à 3<sup>e</sup> année 1<sup>st</sup> to 3<sup>rd</sup> year

**Semestre** *Semester*

 : 1<sup>er</sup> semestre 1<sup>st</sup> semester

 2<sup>e</sup> semestre 2<sup>nd</sup> semester

 3<sup>e</sup> semestre 3<sup>rd</sup> semester

 4<sup>e</sup> semestre 4<sup>th</sup> semester

 5<sup>e</sup> semestre 5<sup>th</sup> semester

**Evaluation** *Assessment method(s)*

: Contrôle continu Continuous assessment

**Langue d'instruction** *Language of instruction*

:

**Type de cours** *Type of course*

: Facultatif Facultative

**Niveau** *Level of course*

: Undergraduate

**Cours** *Lectures*

:

**T.D.** *Tutorials*

: 18h00

: 21h00

: 16h30

: 18h00

: 27h00

**T.P.** *Laboratory sessions*

:

**Projet** *Project*

:

**Non encadré** *Homework*

:

**Compétences attendues** : Découvrir ou se spécialiser dans une deuxième langue vivante

**Pré-requis:** Aucun

**Contenu :**

Les étudiants ont le choix entre les langues suivantes :

- arabe,
- espagnol,
- italien,
- russe,
- allemand,
- chinois,
- japonais,
- français langue étrangère.

Les enseignements varient chaque année en fonction des demandes.

**Bibliographie** : Aucune

**Expected competencies:** Discover or specialise in a second foreign language

**Prerequisites:** None

**Content:**

The students can choose from the list of the following languages:

- Arabic,
- Spanish,
- Italian,
- Russian,
- German,
- Chinese,
- Japanese,
- French as a foreign language.

The teachings are subject to change each year, depending on the demand.

**Recommended reading:** None



**Connaissance de l'entreprise**  
**Introduction to corporate organization**

**Code cours** *Course code:* **COE1**

**Crédits ECTS** *ECTS Credits:* **1**

|                                                            |                                                     |                                          |         |
|------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|------------------------------------------|---------|
| <b>Coordonnateurs</b> <i>Lecturers</i>                     | : B. Lagattu (extérieur <i>guest speaker</i> )      | <b>Cours</b> <i>Lectures</i>             | : 12h30 |
| <b>Période</b> <i>Year of study</i>                        | : 1 <sup>ère</sup> année <i>1<sup>st</sup> year</i> | <b>T.D.</b> <i>Tutorials</i>             | :       |
| <b>Semestre</b> <i>Semester</i>                            | : 1er semestre <i>1st semester</i>                  | <b>T.P.</b> <i>Laboratory sessions</i>   | :       |
| <b>Evaluation</b> <i>Assessment method(s)</i>              | : 1 écrit <i>1 written exam</i>                     | <b>Projet</b> <i>Project</i>             | :       |
| <b>Langue d'instruction</b> <i>Language of instruction</i> | : Français <i>French</i>                            | <b>Non encadré</b> <i>Homework</i>       | :       |
| <b>Type de cours</b> <i>Type of course</i>                 | : Obligatoire <i>Compulsory</i>                     | <b>Horaire global</b> <i>Total hours</i> | : 12h30 |
| <b>Niveau</b> <i>Level of course</i>                       | : Undergraduate                                     |                                          |         |

**Compétences attendues:** Comprendre l'entreprise, ses finalités, son fonctionnement, ses critères opérationnels de base et les bases du contexte législatif français (droit du travail et des relations du travail, préalablement au déroulement du stage "ouvrier") dans lequel elle évolue.

**Pré-requis:** Aucun

**Contenu:**

**1. Introduction**

- Sources du droit
- Etat des lieux en entreprise

**2. Contrat de travail**

- L'embauche
- Les différents types de contrat de travail
- Exécution du contrat de travail
- Rupture du contrat de travail
- Conflits individuels – Prud'hommes

**3. Conditions de travail**

- Durée du travail
- Congés payés
- Repos, jours fériés
- Organisation de l'entreprise
- Gestion des ressources humaines
- Discipline

**4. Rémunération**

- Salaires et accessoires
- Charges sociales

**5. Relations collectives de travail**

- Négociation collective
- Délégués syndicaux
- Délégués du personnel
- Comité d'entreprise
- Délégation unique
- CHSCT
- Conflits collectifs

**6. Hygiène et sécurité**

- Service de santé au travail
- Travailleurs handicapés
- Relations avec le CHSCT

**7. Formation professionnelle**

- Formation professionnelle
- Plan de formation continue
- Alternance, apprentissage
- Congé individuel de formation
- Droit individuel à la formation

## 8. Fonctionnement financier externe de l'entreprise

- Types de sociétés
- SAS
- SARL /EURL
- Actionnariat
- Moyens d'action et d'information des salariés

## 9. Fonctionnement financier interne de l'entreprise

- Notion de Chiffre d'Affaires
- Notion de Budget
- Notion de marge commerciale
- Notion de bilan financier
- Application à la conduite de projet
- Application à la gestion d'un service
- Suivi et audit financier
- Risques liés à la gestion financière

## 10. Intelligence économique

- Préservation du capital technique de l'entreprise
- Benchmarking, veille technologique
- Bases de marketing

## 11. Stage ouvrier

- Recherche du stage
- Objectif du stage
- Rapport de stage

**Bibliographie :** Aucune



**Expected competencies:** To understand corporations, their goals, operations, operational requirements and the fundamentals of corporate legislation (including labor laws, prior to the end-of-year compulsory manufacturing internship).

**Prerequisites:** None

**Content:**

### 1. Introduction

- Sources of labor law
- In-company implementation

### 2. Employment contract

- The hiring process
- The different types of employment contracts
- The execution of a contract
- The termination of a contract
- Employer/Employee disputes– “Prud'hommes” employment tribunals

### 3. Working conditions

- Working time
- Paid leaves
- Rest periods, vacations
- Company organization
- HR Management
- Discipline

### 4. Remuneration

- Salaries and benefits
- Payroll taxes

### 5. Labor relations

- Collective bargaining
- Union representatives
- Employee representatives
- Works Committee
- Single Delegation
- OSH committee
- Labor Disputes

### 6. Health and Safety

- Occupational Safety and Health services
- Disabled workers



- Relations with the SHC

## **7. Vocational training**

- Training
- Vocational training schemes
- Co-op training, apprenticeship
- Employee training leave
- Employee right to training

## **8. External company financial operations**

- Company statuses
- SAS status
- SARL / EURL statuses
- Stockholders
- Means of action and information of employees

## **9. Internal company financial operations**

- Definition of revenue
- Fundamentals of budgeting
- Concept of profit margin
- Concept of balance sheet
- Application to project management
- Application to department management
- Financial monitoring and auditing
- Risks related to financial management

## **10. Business Intelligence**

- Preserving the technical know-how of the company
- Benchmarking , technology watch
- Fundamentals of marketing

## **11. Manufacturing internship**

- Internship search
- Internship objectives
- Internship report

**Recommended reading:** None

| Calcul tensoriel<br>Tensors                  |                                                    |                                |         |
|----------------------------------------------|----------------------------------------------------|--------------------------------|---------|
| Code cours Course code: CAT2                 |                                                    | Crédits ECTS ECTS Credits: 1.5 |         |
| Département Department                       | : IA                                               | Cours Lectures                 | : 07h30 |
| Coordonnateurs Lecturers                     | : F. Pons                                          | T.D. Tutorials                 | : 10h00 |
| Période Year of study                        | : 1 <sup>ère</sup> année 1 <sup>st</sup> year      | T.P. Laboratory sessions       | :       |
| Semestre Semester                            | : 2 <sup>e</sup> semestre 2 <sup>nd</sup> semester | Projet Project                 | :       |
| Evaluation Assessment method(s)              | : 1 écrit 1 written exam                           | Non encadré Homework           | :       |
| Langue d'instruction Language of instruction | : Français French                                  | Horaire global Total hours     | : 17h30 |
| Type de cours Type of course                 | : Obligatoire Compulsory                           |                                |         |
| Niveau Level of course                       | : Undergraduate                                    |                                |         |

**Compétences attendues:** Savoir introduire des notions élémentaires d'analyse tensorielle pour traiter de problèmes de mécanique en coordonnées locales, comme en théorie des coques élastiques minces.

**Pré-requis:** Connaissances en mathématiques de niveau L2.

**Contenu:**

- Calcul tensoriel pour les mécaniciens,
- Algèbre tensorielle,
- Analyse tensorielle dans  $\mathbb{R}^3$ ,
- Tenseurs euclidiens,
- Opérateurs différentiels.

**Bibliographie :** Aucune.



**Expected competencies:** To be able to introduce basic knowledge of tensorial analysis to tackle problems involving local coordinates, like in thin elastic shell modelling.

**Pre-requisites:** Knowledge in Mathematics (equivalent to a 2<sup>nd</sup> year university level).

**Content:**

- Tensors,
- Tensor Algebra,
- Tensor analysis in  $\mathbb{R}^3$ ,
- Euclidian tensors,
- Differential operators.

**Recommended reading:** None.

| Informatique<br>Computer science                           |                                                     |                                            |       |
|------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|--------------------------------------------|-------|
| Code cours <i>Course code:</i> <b>INF2</b>                 |                                                     | Crédits ECTS <i>ECTS Credits:</i> <b>3</b> |       |
| <b>Département</b> <i>Department</i>                       | : IA                                                | <b>Cours</b> <i>Lectures</i>               | :     |
| <b>Coordonnateurs</b> <i>Lecturers</i>                     | : M. Richard                                        | <b>T.D.</b> <i>Tutorials</i>               | :     |
| <b>Période</b> <i>Year of study</i>                        | : 1 <sup>ère</sup> année <i>1<sup>st</sup> year</i> | <b>T.P.</b> <i>Laboratory sessions</i>     | :     |
| <b>Semestre</b> <i>Semester</i>                            | : 2 <sup>ème</sup> semestre <i>2nd semester</i>     | <b>Projet</b> <i>Project</i>               | :     |
| <b>Evaluation</b> <i>Assessment method(s)</i>              | :                                                   | <b>Non encadré</b> <i>Homework</i>         |       |
|                                                            | : Français <i>French</i>                            | <b>Horaire global</b> <i>Total hours</i>   | : 41h |
| <b>Langue d'instruction</b> <i>Language of instruction</i> | : Obligatoire <i>Compulsory</i>                     |                                            |       |
| <b>Type de cours</b> <i>Type of course</i>                 | : Undergraduate                                     |                                            |       |
| <b>Niveau</b> <i>Level of course</i>                       |                                                     |                                            |       |

**Compétences attendues:**

**Pré-requis:**

**Contenu:**

**Bibliographie :** Aucune.



**Expected competencies:**

**Pre-requisites:**

**Content:**

**Recommended reading:**

| <b>Introduction au Fortran et aux méthodes numériques</b><br><b>Introduction to Fortran and to numerical methods</b> |                                                                          |                                              |         |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|---------|
| <b>Code cours</b> <i>Course code: IMN2</i>                                                                           |                                                                          | <b>Crédits ECTS</b> <i>ECTS Credits: 1.5</i> |         |
| <b>Département</b> <i>Department</i>                                                                                 | : IA                                                                     | <b>Cours</b> <i>Lectures</i>                 | : 07h30 |
| <b>Coordonnateurs</b> <i>Lecturers</i>                                                                               | : A. Benselama, B. Chardin, L. F. Viot, L. Guittet                       | <b>T.D.</b> <i>Tutorials</i>                 | : 06h15 |
| <b>Période</b> <i>Year of study</i>                                                                                  | : 1 <sup>ère</sup> année 1 <sup>st</sup> year                            | <b>T.P.</b> <i>Laboratory sessions</i>       | : 06h00 |
| <b>Semestre</b> <i>Semester</i>                                                                                      | : 2 <sup>e</sup> semestre 2 <sup>nd</sup> semester                       | <b>Projet</b> <i>Project</i>                 | :       |
| <b>Evaluation</b> <i>Assessment method(s)</i>                                                                        | : 1 examen écrit, 1 contrôle TP<br>1 written exam, 1 practical work test | <b>Non encadré</b> <i>Homework</i>           | :       |
| <b>Langue d'instruction</b> <i>Language of instruction</i>                                                           | : Français <i>French</i>                                                 | <b>Horaire global</b> <i>Total hours</i>     | : 19h45 |
| <b>Type de cours</b> <i>Type of course</i>                                                                           | : Obligatoire <i>Compulsory</i>                                          |                                              |         |
| <b>Niveau</b> <i>Level of course</i>                                                                                 | : Undergraduate                                                          |                                              |         |

**Compétences attendues :** Introduire un langage adapté au calcul scientifique pour la résolution de problèmes physiques de l'ingénieur, et aborder les notions essentielles liées aux méthodes de résolution numériques. Fournir la capacité de choisir une stratégie de résolution numérique en adéquation au problème posé et réaliser sa mise en œuvre programmée.

**Pré-requis :** Connaissances de base en programmation avec un langage procédural, algèbre linéaire, calcul matriciel, analyse fonctionnelle.

#### Contenu :

1. Introduction au Fortran 90 (types primitifs, structures de contrôle, tableaux, fonctions, procédures et modules)
2. Complexité algorithmique
3. Erreur numérique
4. Résolution numérique des systèmes d'équations linéaires et non linéaires
5. Intégration numérique
6. Résolution numérique d'équations différentielles ordinaires

#### Bibliographie :

P. Lignelet, *Fortran 90 et 95, calcul intensif et génie logiciel*, ISBN 2-225-85229-4, Masson, 1996  
C. Hirsh, *Numerical computation of internal and external flows. Vol.: Fundamentals of numerical discretization*, Wiley, 1999  
*Numerical Recipes: The art of scientific computing*. [Http://www.nr.com](http://www.nr.com)  
J.P. Rougier, *Méthodes de calcul numérique*, Masson, 1985.



**Expected competencies:** Introduce a programming language suitable for scientific computing to solve engineering problems, and present fundamental notions of numerical analysis. Be able to choose and implement a suitable analysis method for the underlying mathematical problem.

**Prerequisites:** Basic knowledge in programming with a procedural language, linear algebra, matrix algebra and functional analysis.

#### Content:

1. Introduction to Fortran 90 (primitive types, control flow, arrays, functions, subroutines and modules)
2. Computational complexity
3. Numerical error
4. Numerical resolution of linear and non linear systems of equations
5. Numerical integration
6. Numerical resolution of differential equations

#### Recommended reading:

P. Lignelet, *Fortran 90 et 95, calcul intensif et génie logiciel*, ISBN 2-225-85229-4, Masson, 1996  
C. Hirsh, *Numerical computation of internal and external flows. Vol.: Fundamentals of numerical discretization*, Wiley, 1999  
*Numerical Recipes: The art of scientific computing*. [Http://www.nr.com](http://www.nr.com)  
J.P. Rougier, *Méthodes de calcul numérique*, Masson, 1985.

## Gestion et publication des données *Data management and reporting*

| Code cours <i>Course code: GPD2</i>                        |                                                                                 | Crédits ECTS <i>ECTS Credits: 2</i>      |         |
|------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|---------|
| <b>Département</b> <i>Department</i>                       | : IA                                                                            | <b>Cours</b> <i>Lectures</i>             | : 08h45 |
| <b>Coordonnateurs</b> <i>Lecturers</i>                     | : L. Bellatreche, B. Chardin, L. Guittet                                        | <b>T.D.</b> <i>Tutorials</i>             | : 08h45 |
| <b>Période</b> <i>Year of study</i>                        | : 1 <sup>ère</sup> année <i>1<sup>st</sup> year</i>                             | <b>T.P.</b> <i>Laboratory sessions</i>   | : 09h00 |
| <b>Semestre</b> <i>Semester</i>                            | : 2 <sup>e</sup> semestre <i>2<sup>nd</sup> semester</i>                        | <b>Projet</b> <i>Project</i>             | :       |
| <b>Evaluation</b> <i>Assessment method(s)</i>              | : 1 examen écrit, 1 contrôle TP<br><i>1 written exam, 1 practical work test</i> | <b>Non encadré</b> <i>Homework</i>       | :       |
| <b>Langue d'instruction</b> <i>Language of instruction</i> | : Français <i>French</i>                                                        | <b>Horaire global</b> <i>Total hours</i> | : 26h30 |
| <b>Type de cours</b> <i>Type of course</i>                 | : Obligatoire <i>Compulsory</i>                                                 |                                          |         |
| <b>Niveau</b> <i>Level of course</i>                       | : Undergraduate                                                                 |                                          |         |

**Compétences attendues :** Savoir représenter, manipuler, et publier sur le Web via des concepts et des connaissances et grâce à un ensemble d'outils qui seront étudiés : AnalyseSI pour la partie conception, les systèmes de gestion de bases de données Access et MySQL pour le stockage et la manipulation, le tableur Excel et son langage de programmation Visual Basic pour la partie exploitation, PHP pour la partie publication des données sur le Web.

**Pré-requis :** Il est conseillé d'avoir suivi le cours « Méthodes de Programmation » ou d'avoir des connaissances de bases en programmation.

### Contenu :

#### 1. Base de données (3 cours – 3 TD - 1 TP)

- Conception de bases de données,
- Modélisation Entité Association,
- Le Modèle Relationnel,
- Le Passage du Modèle Conceptuel au Modèle Relationnel,
- L'Algèbre relationnelle,
- SQL,
- La Normalisation et Dépendances Fonctionnelles.

#### 2. Excel (1 cours – 2 TD – 1 TP)

Cette partie apporte les connaissances de base de la notion de tableur comme :

- Outil de calcul pour la simulation,
- Logiciel de présentation de tableaux et graphiques,
- Mode de programmation d'algorithmes différents de la programmation classique.

#### 3. Base de la programmation WEB (2 cours – 2 TD – 1 TP)

Après une introduction aux réseaux et plus particulièrement au fonctionnement de l'adressage IP et au modèle Client/Serveur, cette partie donne les bases nécessaires à la programmation WEB. L'objectif est d'être capable, à la fin de ce cours, de mettre en œuvre une application WEB permettant la manipulation de données : saisie, traitement, affichage, stockage. Les langages Web abordés pour ce faire sont HTML et Php. Une sensibilisation aux architectures WEB (n-tiers) est faite en fin de cours.

### Bibliographie :

*Bases de données*, Georges Gardarin, Eyrolles

*Conception et architecture des bases de données*, Navathe & Elsmari

*Le Client-Serveur*, Gardarin G. & Gardarin, Eyrolles

*Introduction aux bases de données*, Chris-J. Date, Edition Vuilbert

*Bases de données et systèmes relationnels*, Michel Adiba, Claude Delobel

*Database Management Systems*, Raghu Ramakrishnan, Johannes Gehrke, Edition Mac Graw Hill

Le site <http://www.excel-pratique.com/> constitue une très bonne base pour le cours Excel proposé



**Expected competencies:** Design advanced data, store data in efficient way and exploit them thanks to fundamental concepts and tools. The main tools used are: AnalyseSI for designing using Entity Relationship formalism, Access and MySQL for storing data and manipulating data, Excel spreadsheet associated with Visual Basic to exploit data, and PHP for publishing data over the Web.

**Prerequisites:** It is recommended to have followed the course entitled “Programming Methods” or to have knowledge in basic programming.

**Content:**

**1. Databases (3 courses – 3 Tutorials - 1 laboratory work)**

- Conceptual design of Databases,
- Entity Relationship formalism,
- Relational Model,
- Translation of Conceptual model to Relational Model,
- Relational Algebra,
- SQL,
- Normalisation and functional Dependencies.

**2. Excel spreadsheet (1 course – 2 Tutorials – 1 laboratory work)**

This chapter gives basic knowledge of the spreadsheet concept. The Excel spreadsheet is presented like:

- A computational tool for simulation,
- A software allowing table and graph presentation,
- A new programming method for calculation algorithm.

**3. Basic Web programming (2 courses – 2 Tutorials – 1 laboratory work)**

After an introduction to the networks, and more particularly to the IP addressing concept and to the client/server model, this part gives the necessary bases to the Web programming. The objective is to be able, at the end of this course, to implement a Web application allowing the data handling: capture, display, data processing, storage in database. With this intention, we study two Web languages: Html and Php. At the end, we will talk about Web architecture.

**Recommended reading:**

*Bases de données*, Georges Gardarin, Eyrolles

*Conception et architecture des bases de données*, Navathe & Elsmari

*Le Client-Serveur*, Gardarin G. & Gardarin, Eyrolles

*Introduction aux bases de données*, Chris-J. Date, Edition Vuilbert

*Bases de données et systèmes relationnels*, Michel Adiba, Claude Delobel

*Database Management Systems*, Raghu Ramakrishnan, Johannes Gehrke, Edition Mac Graw Hill

Le site <http://www.excel-pratique.com/> constitue une très bonne base pour le cours Excel proposé

| <b>Traitement du signal</b><br><b>Signal processing</b>    |                                                                   |                                                   |         |
|------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|---------|
| <b>Code cours</b> <i>Course code:</i> <b>TRS2</b>          |                                                                   | <b>Crédits ECTS</b> <i>ECTS Credits:</i> <b>2</b> |         |
| <b>Département</b> <i>Department</i>                       | : IA                                                              | <b>Cours</b> <i>Lectures</i>                      | : 10h00 |
| <b>Coordonnateurs</b> <i>Lecturers</i>                     | : B. El Hadj Amor                                                 | <b>T.D.</b> <i>Tutorials</i>                      | : 08h45 |
| <b>Période</b> <i>Year of study</i>                        | : 1 <sup>ère</sup> année 1 <sup>st</sup> year                     | <b>T.P.</b> <i>Laboratory sessions</i>            | : 12h00 |
| <b>Semestre</b> <i>Semester</i>                            | : 2 <sup>e</sup> semestre 2 <sup>nd</sup> semester                | <b>Projet</b> <i>Project</i>                      | :       |
| <b>Evaluation</b> <i>Assessment method(s)</i>              | : 1 écrit, 1 contrôle TP<br>1 written exam, 1 practical work test | <b>Non encadré</b> <i>Homework</i>                | :       |
| <b>Langue d'instruction</b> <i>Language of instruction</i> | : Français French                                                 | <b>Horaire global</b> <i>Total hours</i>          | : 30h45 |
| <b>Type de cours</b> <i>Type of course</i>                 | : Obligatoire Compulsory                                          |                                                   |         |
| <b>Niveau</b> <i>Level of course</i>                       | : Undergraduate                                                   |                                                   |         |

**Compétences attendues:** Connaître les différents domaines d'utilisation du TS, les différentes représentations des signaux dont ses notions essentielles : le signal et le bruit, les transformations des signaux et leurs traitements de base tant en analogique qu'en numérique.

#### Pré-requis:

#### Contenu:

##### Le traitement des signaux analogiques

Après une introduction sur les notions de signal, de bruit, de traitement des signaux et des domaines d'application, cette partie du cours traite de :

- La représentation des signaux,
- La transformation de Fourier,
- Les systèmes de transmission,
- Le filtrage analogique,
- La modulation,
- Le bruit.

##### Le traitement des signaux numériques

Le but de cette seconde partie du cours est de donner une vision plus appliquée du TS notamment à partir de signaux numériques. Elle traite de :

- Echantillonnage des signaux, Fréquence de Nyquist
- Reconstruction de signaux (méthode de Shannon, interpolation)
- Inter et auto-corrélation numérique
- Transformation de Fourier numérique (FFT)
- Filtrage numérique (filtres RII, RIF, stabilité, transposition d'un filtre analogique en numérique)
- Illustration pratique (signaux acoustiques, spectres de turbulence...)

##### Les travaux pratiques

Une série de 4 TP accompagne le cours. Elle utilise le langage d'instrumentation Labview (*Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench*) de chez *National Instruments* et porte sur :

- La synthèse des signaux,
- L'analyse fréquentielle et le fenêtrage temporel,
- La notion de corrélation et de traitement d'un signal bruité,
- L'acquisition et le traitement statistique d'un signal.

#### Bibliographie :

**Expected competencies:** to learn the various uses of signal processing, the different signal models and its main notions: signal and noise, signal transformation and their basis processing (analogue as well as digital).

#### Prerequisites:

#### Content:

##### Analogue signal processing

After a presentation of notions of signal, noise, signal processing and application fields, this part of the course deals with:

- Signal models,
- Fourier transform,
- Signal transmission systems,

- Analogue filters,
- Modulation systems,
- Random signals and noise.

### **Digital signal processing**

The aim of the second part of this course is to give an advanced view of signal processing, in particular form digital signals. It deals with:

- Signal sampling, Nyquist frequency,
- Signal reconstruction (Shannon method, interpolation),
- Digital cross and auto-correlation,
- Fast Fourier Transform (FFT),
- Digital filters (IRR filters, FIR filters, stability, translation of an analogue filter to a digital one),
- Practical illustration (acoustic signals, turbulence spectrum...).

### **Lab sessions**

During the lab sessions, students use the Labview (*Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench*) programming language from *National Instruments* for the following topics:

- Signal synthesis,
- Frequency analysis and time windowing,
- Notion of correlation and processing of a noisy signal,
- Capture and statistical processing of a signal.

### **Recommended reading:**



| Sciences industrielles pour l'ingénieur – Etudes de systèmes industriels - CAO<br>Industrial Science for the Engineer – Study of industrial systems - CAD |                                                           |                              |         |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|------------------------------|---------|
| Code cours Course code: SII2                                                                                                                              |                                                           | Crédits ECTS ECTS Credits: 3 |         |
| Département Department                                                                                                                                    | : MSISI                                                   | Cours Lectures               | : 03h45 |
| Coordonnateurs Lecturers                                                                                                                                  | : O. Ser, L. Signor, JM. Roncin, G. Lamothe (Dassault)    | T.D. Tutorials               | : 07h30 |
| Période Year of study                                                                                                                                     | : 1 <sup>ère</sup> année 1 <sup>st</sup> year             | T.P. Laboratory sessions     | : 42h00 |
| Semestre Semester                                                                                                                                         | : 2 <sup>e</sup> semestre 2 <sup>nd</sup> semester        | Projet Project               | :       |
| Evaluation Assessment method(s)                                                                                                                           | : 1 examen écrit – 1 rapport<br>1 written exam – 1 report | Non encadré Homework         | :       |
| Langue d'instruction Language of instruction                                                                                                              | : Français French                                         | Horaire global Total hours   | : 53h15 |
| Type de cours Type of course                                                                                                                              | : Obligatoire Compulsory                                  |                              |         |
| Niveau Level of course                                                                                                                                    | : Undergraduate                                           |                              |         |

**Compétences attendues :** Maîtriser les bases du S1 par l'exploration d'autres domaines, savoir prendre en main un modeler volumique (CATIA V5).

**Pré-requis :** Semestre 1

**Contenu :**

- Etude des liaisons à mobilité nulle (hypothèses et calculs),
- Liaisons hélicoïdales réelles,
- Conception et calculs de liaisons pivots à roulements et par paliers lisses,
- Etanchéités statiques et dynamiques,
- Etude cinématique et dynamique des engrenages,
- Transmission de puissance par liens souples,
- CFAO sur le logiciel CATIA V5.

Chaque partie du programme est abordée au travers d'exemples concrets soit par la lecture de documents et l'analyse de matériels industriels, soit, en fin de semestre, par l'initiation à la conception à travers un avant-projet de conception de mécanisme s'appuyant sur l'exploitation d'un cahier des charges dans le cadre d'une approche systémique académique guidée ayant pour but pédagogique l'apprentissage d'une démarche de conception associée à un modeler volumique (CATIA V5).

Quelques exemples :

- Architecture de turboréacteurs,
- Moteur-roue d'engin de manutention,
- Etude d'une directrice à calage variable de turboréacteur,
- Réducteur à deux étages,
- Winch.

**Bibliographie :** Aucune

**Expected competencies:** To master the basics of S1 by exploring other areas, to take control of a volume modeler (CATIA V5).

**Prerequisites:** Semester 1

**Content:**

- Study of fixed linkages (hypotheses and calculations),
- Non-ideal helical assembly,
- Design and dimensioning of rolling pivot linkages and sleeve bearings,
- Static and dynamic seals,
- Kinematic and dynamic study of toothed gears,
- Power transmission by flexible systems,
- D/CAM on the CATIA V5 software.

Each part of the program is based on the study of real life applications either through the reading of technical notices and the analysis of industrial equipment or, toward the end of the semester, through an introduction to design consisting of a preliminary mechanical design project. This project is developed based on given set of specs, in line with a supervised systemic approach for the purpose of educational learning design approach associated with a volume modeler (CATIA V5).

Some examples:

- Architecture of jet engines,
- Powertrains of handling equipment,
- Study of a variable turbojet guide vane,
- Two-stage step-down power converter ,
- Winch.

**Recommended reading:** None

| Science des matériaux<br>Materials Science   |                                                                          |                                |         |
|----------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|---------|
| Code cours Course code: MTX2                 |                                                                          | Crédits ECTS ECTS Credits: 2.5 |         |
| Département Department                       | : MSISI                                                                  | Cours Lectures                 | : 13h45 |
| Coordonnateurs Lecturers                     | : L. Chocinski, G. Henaff, V. Pelosin, O. Benchekroun                    | T.D. Tutorials                 | : 08h45 |
| Période Year of study                        | : 1 <sup>ère</sup> année 1 <sup>st</sup> year                            | T.P. Laboratory sessions       | : 09h00 |
| Semestre Semester                            | : 2 <sup>e</sup> semestre 2 <sup>nd</sup> semester                       | Projet Project                 | :       |
| Evaluation Assessment method(s)              | : 1 examen écrit, 1 contrôle TP<br>1 written exam, 1 practical work test | Non encadré Homework           | :       |
| Langue d'instruction Language of instruction | : Français French                                                        | Horaire global Total hours     | : 31h30 |
| Type de cours Type of course                 | : Obligatoire Compulsory                                                 |                                |         |
| Niveau Level of course                       | : Undergraduate                                                          |                                |         |

**Compétences attendues :** Connaître la structure des matériaux solides, notamment les principales structures cristallines, et acquérir les principales notions cristallographiques. Savoir interpréter et exploiter un diagramme d'équilibre et déterminer la constitution microstructurale d'un alliage. Connaître les caractéristiques et les propriétés des matériaux céramiques, polymères et composites.

**Pré-requis :** *Aucun.*

**Contenu :**

#### Introduction : choix des matériaux

##### Cohésion et structure des solides

- Cohésion des matériaux solides : structure atomique et liaisons interatomiques
- Structure et organisation des solides  
Structures amorphes et cristallines, Cristallographie, Structures cristallines courantes dans les matériaux solides, Diffraction des rayons X, Défauts dans les solides cristallins.

##### Alliages et diagrammes de phases

- Généralités  
Les alliages, Les phases (solutions solides, composés définis...)
- Diagrammes de phases à l'équilibre  
Diagramme de phases d'alliage binaire à miscibilité totale, Transformation eutectique, Transformation péritectique, Transformation monotectique, Transformations entre phases solides, Diagrammes d'équilibre binaires réels, Diagrammes d'équilibre ternaires.

##### Les céramiques

- Caractéristiques et propriétés générales
- Elaboration des céramiques – le frittage
- Les céramiques techniques

##### Les Polymères

- Présentation générale
- Les différentes classes (thermoplastiques, thermodurs, élastomères)
- Structures des polymères solides (polymères amorphes et semi-cristallins, phase amorphe, phase cristalline)
- Propriétés mécaniques (viscoélasticité, déformation plastique)

##### Les composites

- Généralités
- Matrices et renforts
- Les grandes familles de composites : composites à matrice organique, métallique ou céramique

**Bibliographie :** *Aucune.*

**Expected competencies:** Understand the structure of solid materials, notably the main crystalline structures, and acquire the main crystallographic notions. Be able to interpret a phase diagrams and determine the microstructural constitution of an alloy. Develop a basic understanding of ceramic, polymer and composite materials.

**Prerequisites:** *None.*



**Content:****1. Introduction: materials selection****2. Cohesion and structure of solids**

- Cohesion of solid materials : atomic structure and interatomic bonding
- Structure and organization of solids

Amorphous and crystalline structures, Crystallography, Crystalline structures of solid materials, X-ray diffraction, Crystalline defects.

**3. Alloys and phase diagrams**

- General points  
Alloys, Phases (solid solutions, intermediate compounds...)
- Equilibrium phase diagrams  
Phase diagram of binary alloy with complete miscibility, Eutectic transformation, Peritectic transformation, Monotectic transformation, Solid state transformations, Real binary phase diagrams, Ternary equilibrium diagrams.

**4. Ceramics**

- General characteristics and properties
- Manufacturing of ceramics – sintering
- Technical ceramics

**5. Polymers**

- General presentation
- Classification (thermoplastics, thermosets, elastomers)
- Structures of solid polymers (amorphous and semicrystalline polymers, amorphous phase, crystalline phase)
- Mechanical properties (viscoelasticity, plastic deformation)

**6. Composites**

- General properties
- Matrices and reinforcements
- Main types of composites : organic, metallic and ceramic matrix composites

**Recommended reading:** *None.*

**Fabrication et Transport**  
**Manufacturing and Transport**

| <b>Code cours</b> <i>Course code: FTR2</i>                 |                                                                 | <b>Crédits ECTS</b> <i>ECTS Credits: 1</i>       |
|------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| <b>Département</b> <i>Department</i>                       | : MSISI                                                         | <b>Cours</b> <i>Lectures</i> :                   |
| <b>Coordonneurs</b> <i>Lecturers</i>                       | : J-M. Petit                                                    | <b>T.D.</b> <i>Tutorials</i> :                   |
| <b>Période</b> <i>Year of study</i>                        | : 1 <sup>ère</sup> année <i>1<sup>st</sup> year</i>             | <b>T.P.</b> <i>Laboratory sessions</i> : 21h00   |
| <b>Semestre</b> <i>Semester</i>                            | : 2 <sup>e</sup> semestre <i>2<sup>nd</sup> semester</i>        | <b>Projet</b> <i>Project</i> :                   |
| <b>Evaluation</b> <i>Assessment method(s)</i>              | : 1 contrôle TP + 1 oral<br>1 practical work test + 1 oral exam | <b>Non encadré</b> <i>Homework</i> :             |
| <b>Langue d'instruction</b> <i>Language of instruction</i> | : Français <i>French</i>                                        | <b>Horaire global</b> <i>Total hours</i> : 21h00 |
| <b>Type de cours</b> <i>Type of course</i>                 | : Obligatoire <i>Compulsory</i>                                 |                                                  |
| <b>Niveau</b> <i>Level of course</i>                       | : Undergraduate                                                 |                                                  |

**Compétences attendues:** Connaître les procédés de fabrication en relation avec le domaine du transport (routier, aérien, spatial) et sa technologie. Un lien est fait avec les problématiques rencontrées en conception (obtention des formes, état de surface, ...).

**Pré-requis:** Aucun

**Contenu:**

- Introduction aux systèmes de transport (suite),
- Procédés de découpage et d'assemblage par soudage, collage et rivetage,
- Modèles-moules-formes : procédés de fonderie conventionnels, fabrication de pièces en matériaux composites, thermoformage, prototypage rapide,
- Applications : soudage TIM/MIG, découpage par poinçonnage et par plasma, identification de pièces moulées, création de prototypes 3D par rétro-conception et thermoformage,...
- Supports technologiques : A380, Colibri EC120, Rafale, Ariane 5, Automotive hybrid power-train.

**Bibliographie :** Techniques de l'Ingénieur



**Expected competencies:** Acquire knowledge of manufacturing processes related to transport (road, air, space) and its technology. There is a direct link with the issues studied during engineering design project sessions (obtaining forms, surface, ...)

**Prerequisites:** None

**Content:**

- Introduction to transport systems (continuation),
- Cutting and assembly processes by welding, gluing and riveting,
- Models-Mold-Forms : conventional casting processes, manufacturing composite parts, thermoforming, rapid prototyping,
- Applications: TIG / MIG, cutting by punching and plasma, identification of castings, prototyping 3D reverse engineering and thermoforming ...
- Technological supports : A380, Colibri EC120, Rafale, Ariane 5, Automotive hybrid power-train.

**Recommended reading:** Techniques de l'Ingénieur

| <b>Mécanique des fluides</b><br><b>Fluid mechanics</b>     |                                                          |                                            |         |
|------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|--------------------------------------------|---------|
| <b>Code cours</b> <i>Course code: MFL2</i>                 |                                                          | <b>Crédits ECTS</b> <i>ECTS Credits: 4</i> |         |
| <b>Département</b> <i>Department</i>                       | : MFA                                                    | <b>Cours</b> <i>Lecture</i>                | : 18h45 |
| <b>Coordonnateurs</b> <i>Lecturers</i>                     | : M. Ba                                                  | <b>T.D.</b> <i>Tutorials</i>               | : 18h45 |
| <b>Période</b> <i>Year of study</i>                        | : 1 <sup>ère</sup> année <i>1<sup>st</sup> year</i>      | <b>T.P.</b> <i>Laboratory sessions</i>     | :       |
| <b>Semestre</b> <i>Semester</i>                            | : 2 <sup>e</sup> semestre <i>2<sup>nd</sup> semester</i> | <b>Projet</b> <i>Project</i>               | : 18h00 |
| <b>Evaluation</b> <i>Assessment method(s)</i>              | : 2 écrits, 1 projet <i>2 written exams, 1 project</i>   | <b>Non encadré</b> <i>Homework</i>         | :       |
| <b>Langue d'instruction</b> <i>Language of instruction</i> | : Français <i>French</i>                                 | <b>Horaire global</b> <i>Total hours</i>   | : 55h30 |
| <b>Type de cours</b> <i>Type of course</i>                 | : Obligatoire <i>Compulsory</i>                          |                                            |         |
| <b>Niveau</b> <i>Level of course</i>                       | : Undergraduate                                          |                                            |         |

**Compétences attendues:** Acquérir des compétences de base en mécanique des fluides.

**Pré-requis:** Aucun

**Contenu:**

1. Cinématique
2. Energie et entropie
3. Lois de bilan
4. Fluide parfait
5. Fluide newtonien
6. Bilans intégraux
7. Ecoulements plans irrotationnels d'un fluide parfait incompressible

**Bibliographie:** Aucune

**Expected competencies:** To acquire basic knowledge on fluid mechanics.

**Prerequisites:** None

**Content:**

1. Kinematics
2. Energy and entropy
3. Balance laws
4. Perfect fluid
5. Newtonian fluid
6. Integral balance laws
7. Irrotational plan of an incompressible perfect fluid

**Recommended reading:** None



**Résistance des matériaux**  
**Strength of Materials**

| <b>Code cours</b> <i>Course code: RDM2</i>                 |                                                                                        | <b>Crédits ECTS</b> <i>ECTS Credits: 2.5</i> |         |
|------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|---------|
| <b>Département</b> <i>Department</i>                       | : MSISI                                                                                | <b>Cours</b> <i>Lectures</i>                 | : 13h45 |
| <b>Coordonnateurs</b> <i>Lecturers</i>                     | : C. Gardin, J. Cormier                                                                | <b>T.D.</b> <i>Tutorials</i>                 | : 13h45 |
| <b>Période</b> <i>Year of study</i>                        | : 1 <sup>ère</sup> année 1 <sup>st</sup> year                                          | <b>T.P.</b> <i>Laboratory sessions</i>       | : 09h00 |
| <b>Semestre</b> <i>Semester</i>                            | : 2 <sup>e</sup> semestre 2 <sup>nd</sup> semester                                     | <b>Projet</b> <i>Project</i>                 | :       |
| <b>Evaluation</b> <i>Assessment method(s)</i>              | : 1 écrit, 1 oral, 1 contrôle TP<br>1 written exam, 1 oral exam, 1 practical work test | <b>Non encadré</b> <i>Homework</i>           | :       |
| <b>Langue d'instruction</b> <i>Language of instruction</i> | : Français French                                                                      | <b>Horaire global</b> <i>Total hours</i>     | : 36h30 |
| <b>Type de cours</b> <i>Type of course</i>                 | : Obligatoire Compulsory                                                               |                                              |         |
| <b>Niveau</b> <i>Level of course</i>                       | : Undergraduate                                                                        |                                              |         |

**Compétences attendues:** Etre capable de dimensionner des poutres, grâce au calcul des contraintes et déformées sous sollicitations de traction/compression, flexion, torsion

**Pré-requis:** cours de mécanique des solides (MSO1)

**Contenu:**

- Efforts dans les poutres, diagrammes d'efforts intérieurs
- Equations du mouvement macroscopiques
- Déformations des poutres, calculs de flèches
- Loi de comportement macroscopique
- Diverses sollicitations simples : traction, torsion, flexion simple
- Méthodes énergétiques

Certaines des sollicitations étudiées en cours seront illustrées au cours des 3 séances de Travaux Pratiques.

**Bibliographie :** Aucune

**Expected competencies:** To be able to dimension beams, through calculation of stresses and deflection under tension/compression, bending and torsion loadings

**Prerequisites:** lecture in solid mechanics (MSO1)

**Content:**

- Forces in beams, internal forces and moments diagrams,
- Constitutive equations of beams,
- Deformations of beams, calculation of deflections,
- Macroscopic beam behaviour law,
- Simple loading cases : tension, torsion, bending,
- Energetic methods.

Some of the loading cases studied during the course are illustrated during the 3 laboratory works.

**Recommended reading:** None



| <b>Conduction</b>                                          |                                                    |                                              |         |
|------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|----------------------------------------------|---------|
| <b>Code cours</b> <i>Course code: COD2</i>                 |                                                    | <b>Crédits ECTS</b> <i>ECTS Credits: 2,5</i> |         |
| <b>Département</b> <i>Department</i>                       | : ET                                               | <b>Cours</b> <i>Lectures</i>                 | : 10h00 |
| <b>Coordonnateurs</b> <i>Lecturers</i>                     | : Y. Bertin, M. Fenot                              | <b>T.D.</b> <i>Tutorials</i>                 | : 10h00 |
| <b>Période</b> <i>Year of study</i>                        | : 1 <sup>ère</sup> année 1 <sup>st</sup> year      | <b>T.P.</b> <i>Laboratory sessions</i>       | :       |
| <b>Semestre</b> <i>Semester</i>                            | : 2 <sup>e</sup> semestre 2 <sup>nd</sup> semester | <b>Projet</b> <i>Project</i>                 | : 9h    |
| <b>Evaluation</b> <i>Assessment method(s)</i>              | : 1 écrit 1 written exam                           | <b>Non encadré</b> <i>Homework</i>           | :       |
| <b>Langue d'instruction</b> <i>Language of instruction</i> | : Français French                                  | <b>Horaire global</b> <i>Total hours</i>     | : 29h00 |
| <b>Type de cours</b> <i>Type of course</i>                 | : Obligatoire Compulsory                           |                                              |         |
| <b>Niveau</b> <i>Level of course</i>                       | : Undergraduate                                    |                                              |         |

**Compétences attendues:** Maîtriser les phénomènes de conduction et des outils associés

**Pré-requis:** Connaissances sur les équations dérivées partielles et sur les équations différentielles ordinaires

#### Contenu

- La conduction de la chaleur dans quelques exemples de problèmes industriels,
- Phénoménologie de la conduction,
- Conditions aux limites et aux interfaces - résistance de contact,
- Les problèmes stationnaires 1D,
- Application aux ailettes,
- Ouverture vers les problèmes 2 et 3D,
- Les régimes transitoires,
- Les régimes périodiques,
- Quelques techniques numériques applicables à la conduction.

**Bibliographie:** Aucune



**Expected competencies:** Understanding of conduction heat transfer and introduction to the corresponding tools

**Prerequisites:** Basic knowledge of partial derivative equations and ordinary differential equations

#### Content:

- Some industrial examples involving heat transfer by conduction,
- Phenomenological analysis of heat conduction,
- Boundary and interface conditions - contact resistances,
- 1D steady state problems,
- Application to the study of fins,
- Extension to 2 and 3D problems,
- Transient problems,
- Periodic problems,
- Some numerical techniques dealing with heat conduction.

**Recommended reading:** None

| Management<br>Management                            |                                                                                                                                   |                                           |
|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| Code cours                                          | Course code: MAN2                                                                                                                 | Crédits ECTS ECTS Credits: 1              |
| <b>Coordonnateurs</b> Lecturers                     | : Chantal Milhade, Martine Aguilar, Marinette Thébault (en convention avec l'IAE Poitiers / contract agreement with IAE Poitiers) | <b>Cours</b> Lectures :                   |
| <b>Période</b> Year of study                        |                                                                                                                                   | <b>T.D.</b> Tutorials :                   |
| <b>Semestre</b> Semester                            | : 1 <sup>ère</sup> année 1 <sup>st</sup> year                                                                                     | <b>T.P.</b> Laboratory sessions : 12h00   |
| <b>Evaluation</b> Assessment method(s)              | : 2 <sup>e</sup> semestre 2 <sup>nd</sup> semester                                                                                | <b>Projet</b> Project :                   |
| <b>Langue d'instruction</b> Language of instruction | : Contrôle continu Continuous assessment                                                                                          | <b>Non encadré</b> Homework :             |
| <b>Type de cours</b> Type of course                 | : Français French                                                                                                                 | <b>Horaire global</b> Total hours : 12h00 |
| <b>Niveau</b> Level of course                       | : Obligatoire Compulsory                                                                                                          |                                           |
|                                                     | : Undergraduate                                                                                                                   |                                           |

**Compétences attendues :** Avoir conscience de l'importance de la dimension relationnelle et humaine dans l'atteinte des objectifs techniques de demain. Comprendre les enjeux de la communication interpersonnelle et surtout de celle à destination de collaborateurs potentiels. Maîtriser des principes de base dans les relations quotidiennes à gérer dans l'entreprise qu'il s'agisse d'échanges entre « N » et N-1, ou de N à N+1.

**Pré-requis :** Aucun

**Contenu :**

|                                 |                                          |
|---------------------------------|------------------------------------------|
| Principes de base du management | Innovation et transversalité             |
| Environnement                   | Préparation et gestion du contenu        |
| Management international        | Préparation et mise en œuvre de la forme |
| Leadership                      | Exercices pratiques de mise en situation |
| Motivations individuelles       |                                          |

Les exercices pratiques servent à appliquer les connaissances acquises à des cas réels. Ils servent également de recentrage et permettent d'éclaircir les points restés obscurs ou encore mal maîtrisés.

**Bibliographie :** Aucune

**Expected competencies:** Be aware of the importance of interpersonal and human dimension for the reaching of technical objectives. Understand the challenges of interpersonal communication, and especially the one for potential collaborators. Control the fundamental concepts in everyday relations that will have to be managed in the company; either for exchanges between "N" and "N-1" (subordinate), or "N" to "N+1" (superior).

**Prerequisites:** None

**Content:**

|                               |                                           |
|-------------------------------|-------------------------------------------|
| Management guiding principles | Innovation and transversal approach       |
| Environment                   | Preparation and management of the content |
| International management      | Preparation and setting of the form       |
| Leadership                    | Practical exercises                       |
| Personal motivations          |                                           |

The practical exercises are used to apply the knowledge to actual cases. They are also used for steering purposes and make it possible to highlight the points remained obscure or still not mastered.

**Recommended reading:** None





| Anglais<br>English ESL                       |                                                   |                                    |
|----------------------------------------------|---------------------------------------------------|------------------------------------|
| Code cours Course code: ANG2                 |                                                   | Crédits ECTS ECTS Credits: 2.5     |
| Département Department                       | : FGH                                             | Cours Lectures :                   |
| Coordonnateurs Lecturers                     | : A. Glad, F. Boucaud, R. Marshall-Courtois       | T.D. Tutorials : 32h30             |
| Période Year of study                        | : 1 <sup>ère</sup> année 1 <sup>st</sup> year     | T.P. Laboratory sessions :         |
| Semestre Semester                            | : 2 <sup>e</sup> semestre 2 <sup>n</sup> semester | Projet Project :                   |
| Evaluation Assessment method(s)              | : Contrôle continu Continuous assessment          | Non encadré Homework :             |
| Langue d'instruction Language of instruction | : Anglais English                                 | Horaire global Total hours : 32h30 |
| Type de cours Type of course                 | : Obligatoire Compulsory                          |                                    |
| Niveau Level of course                       | : Undergraduate                                   |                                    |

N.B. : Les 4 premières semaines du semestre 2 sont consacrées à la préparation du test du TOEIC avec un entraînement aux stratégies à mettre en oeuvre pour améliorer son score.

#### Compétences attendues:

- ❖ **Engineering English** : anglais de spécialité.
  - Comprendre et s'exprimer sur des sujets relatifs aux domaines de spécialités scientifiques et techniques de l'ingénieur
  - Etre autonome dans la rédaction et la compréhension de documents de spécialité en vue du stage ingénieur.
- ❖ **Career Skills**
  - Savoir postuler à un emploi dans un pays de culture anglo-saxonne

#### Pré-requis :

- ❖ **Current Issues**
  - Niveau Pré-Intermédiaire (Niveau A2 – B1 du [Cadre Européen de Référence pour les Langues](#))
  - Ce cours s'adresse aux élèves ingénieurs n'ayant pas obtenu le score requis au test du TOEIC.
- ❖ **Engineering English**
  - Avoir un niveau B2, minimum
- ❖ Avoir obtenu un score supérieur à 785 points au test TOEIC
- ❖ **Career skills**
  - Niveau avancé (niveau B2 – C1).
  - Avoir obtenu un score supérieur à 785 points au test TOEIC.

#### Contenu :

- ❖ **Engineering English** :
    - Sujets de catastrophes en engineering (ou de vulgarisation scientifique) dans les domaines de la mécanique, des transports et de l'énergie.
    - Rédaction scientifique, en particulier de rapports (conformité au genre en langue anglaise), sur la base de TP et projets du semestre en cours.
  - ❖ **Career Skills** : être capable de rédiger un CV et une lettre de motivation, à destination d'un recruteur de culture anglo-saxonne, et de participer à un entretien d'embauche par téléphone. Cela implique de savoir :
    - Décrire et valoriser son expérience professionnelle
    - Décrire sa formation universitaire, en sachant expliquer les spécificités du système éducatif français
    - Comprendre les systèmes éducatifs du monde anglo-saxon, tels qu'ils apparaissent dans les CV de candidats anglo-saxons
    - Identifier et valoriser ses compétences scientifiques et transversales et ses accomplissements
    - Adapter son discours aux attentes d'un recruteur anglo-saxon, et aux contraintes des 3 genres (CV, lettre de motivation et entretien d'embauche)
    - Communiquer par téléphone
- Les étudiants sont évalués par des épreuves de contrôle continu (épreuve écrite: rédaction d'un CV et/ou d'une lettre de motivation et épreuve orale : simulation d'un entretien d'embauche téléphonique)

#### Bibliographie :

- ❖ **Engineering English**
  - H. Petrovski, *To Engineer is Human*, Vintage Books, 1992
  - M. Défourneaux, *Do you Speak Science*, Dunod, 1991
  - M. Défourneaux, *Do you Speak Chemistry*, Dunod, 1991
  - R.H. Barnard, D.R. Philpott, *Aircraft Flight*, 3rd edition, Prentice Hall, 2009
  - R. Weissberg, S. Buker, *Writing up Research*, Prentice Hall, 1990

❖ **Career Skills**

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

A. Ashley, *Oxford Handbook of Commercial Correspondence*, Handbook, Oxford, 2004

A. Ashley, *Correspondence Workbook*, Oxford, 2003

Alan Bond, *300+ Successful Business Letters for All Occasions*, Barron's Educational Series, 2Rev Ed edition, 2005

Robin Ryan, *Winning resumes*, John Wiley & Sons Inc, 2Rev Ed edition, 2002

Robin Ryan, *Winning Cover Letters*, John Wiley & Sons Inc, 2Rev Ed edition, 2002

Katherine Hansen, Randall S. Hansen, *Dynamic Cover Letters: How to Write the Letter That Gets You the Job*, Ten Speed Press, U.S. 2Rev Ed edition, 2001

Richard Nelson Bolles, *What Color Is Your Parachute? 2007: A Practical Manual for Job-Hunters and Career-Changers*, Ten Speed Press; Rev Ed edition, 2006

Mary Anne Thompson, *The Global Resume and CV Guide*, John Wiley & Sons, 2000

---

**N.B.:** The first 4 weeks of semester 2 are devoted to TOEIC test preparation with a practice of strategies for boosting their score.

**Expected competencies:**

❖ **Engineering English**

- To be able to express oneself on and understand subjects relative to the technical and scientific specialties and concerns of an Ensmat engineer.
- To be able to write technical reports to allow students to be independent self-sufficient junior engineers, as concerns engineering English (prior to the 3- to 4-month summer graduate internship).

❖ **Career Skills**

- To be able to apply for work in an Anglo-Saxon country.

**Prerequisites:**

❖ **Current Issues**

- Pre-Intermediate Level (A2 - B1 levels, as defined in the [European Reference Framework for Language Levels](#))
- This course is accessible to students who did not obtain 785 points in the TOEIC test.

❖ **Engineering English**

- Intermediate Level (B2 level)
- Students who obtained a score of 785 points at the TOEIC Listening and Reading test.

❖ **Career Skills**

- Advanced Level (B2 – C1 level)
- Students who obtained a score of 785 points at the TOEIC Listening and Reading test.

**Content:**

❖ **Engineering English**

- Study of engineering disasters (or of mere general science topics), relative to mechanical engineering and transportation/energy systems.
- Engineering writing (genre, corpus-based analysis), based on semester projects.

❖ **Career Skills**

Students will learn how to write a CV and an application letter targeted at a British or American recruiter, and how to answer job-interview questions over the phone. This involves being able to:

- Describe and market one's professional experience.
- Describe one's educational background to a foreigner, bearing in mind the specificities of the French education system.
- Understand the education systems of the Anglo-Saxon world, as they appear in English native candidates' CVs.
- Identify and market one's scientific skills, transferable skills and achievements
- Adapt one's discourse to the expectations of an Anglo-Saxon recruiter, and to the constraints of each of the 3 genres (CV, cover letter and job interview)
- Master telephoning skills

Students are assessed through continuous assessment (written assignment: CV and/or a cover letter, oral assignment: simulation of a job interview over the phone).

**Recommended reading:**

❖ **Engineering English**

H. Petrovski, *To Engineer is Human*, Vintage Books, 1992

M. Défourneaux, *Do you Speak Science*, Dunod, 1991

M. Défourneaux, *Do you Speak Chemistry*, Dunod, 1991

R.H. Barnard, D.R. Philpott, *Aircraft Flight*, 3rd edition, Prentice Hall, 2009

R. Weissberg, S. Buker, *Writing up Research*, Prentice Hall, 1990

P. Shawcross, *English for Aircraft*, Belin, 1992



❖ **Career Skills**

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

A. Ashley, *Oxford Handbook of Commercial Correspondence*, Handbook, Oxford, 2004

A. Ashley, *Correspondence Workbook*, Oxford, 2003

Alan Bond, *300+ Successful Business Letters for All Occasions*, Barron's Educational Series, 2Rev Ed edition, 2005

Robin Ryan, *Winning resumes*, John Wiley & Sons Inc, 2Rev Ed edition, 2002

Robin Ryan, *Winning Cover Letters*, John Wiley & Sons Inc, 2Rev Ed edition, 2002

Katherine Hansen, Randall S. Hansen, *Dynamic Cover Letters: How to Write the Letter That Gets You the Job*, Ten Speed Press, U.S. 2Rev Ed edition, 2001

Richard Nelson Bolles, *What Color Is Your Parachute? 2007: A Practical Manual for Job-Hunters and Career-Changers*, Ten Speed Press; Rev Ed edition, 2006

Mary Anne Thompson, *The Global Resume and CV Guide*, John Wiley & Sons, 2000

## ENSEIGNEMENTS DE DEUXIEME ANNEE

## Second year academic activities

## SEMESTRE 3 - Semester 3

| UE    | Intitulé des cours                                                               | Courses title                                                   | Codes | Heures<br>Hours | Crédits ECTS<br>ECTS Credits | Page |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|-------|-----------------|------------------------------|------|
| UE3-1 | Langages et Sciences de Base – <i>Languages and Fundamental Sciences LSB3</i>    |                                                                 |       |                 |                              |      |
|       | Calcul scientifique (a)                                                          | <i>Scientific Computing (a)</i>                                 | CSA3  | 85h30           | 4                            | 44   |
|       | Calcul scientifique (b)                                                          | <i>Scientific Computing (b)</i>                                 | CSB3  |                 | 3,5                          | 46   |
| UE3-2 | Outils de l'Ingénieur – <i>Engineering tools OI3</i>                             |                                                                 |       |                 |                              |      |
|       | Automatique                                                                      | <i>Automatic control</i>                                        | AUT3  | 40h45           | 3.5                          | 47   |
|       | Conception de systèmes industriels- CATIA pour l'aéronautique                    | <i>Conception of industrial systems – CATIA for Aeronautics</i> | CS13  | 32h30           | 2                            | 48   |
| UE3-3 | Sciences des Métiers – <i>Engineering Sciences SM3</i>                           |                                                                 |       |                 |                              |      |
|       | Mécanique des fluides                                                            | <i>Fluid mechanics</i>                                          | MFL3  | 39h00           | 3.5                          | 49   |
|       | Mécanique des structures                                                         | <i>Structural mechanics</i>                                     | MDS3  | 40h45           | 4                            | 51   |
|       | Science des matériaux                                                            | <i>Materials Science</i>                                        | SDM3  | 42h30           | 3.5                          | 53   |
|       | Rayonnement                                                                      | <i>Radiation</i>                                                | RAY3  | 27h45           | 2                            | 55   |
| UE3-4 | Formation Humaine et Langues – <i>Social Sciences and Foreign Languages FHL3</i> |                                                                 |       |                 |                              |      |
|       | Education physique et sportive                                                   | <i>Sport</i>                                                    | EPS3  | 30h00           | 1.5                          | 18   |
|       | Communication professionnelle                                                    | <i>Professional communication</i>                               | COM3  | 16h15           | 1                            | 56   |
|       | Sciences humaines économiques et sociales                                        | <i>Human economic and social science</i>                        | SHE3  | 12h30           | 1                            | 81   |
|       | Anglais                                                                          | <i>English</i>                                                  | ANG3  | 25h00           | 2                            | 57   |
|       | Langue vivante II                                                                | <i>Second foreign language</i>                                  | LVD3  | 16h30           | 1.5                          | 21   |
|       | Stage ouvrier*                                                                   | <i>Blue-collar internship*</i>                                  | STA3  | 1 à 2 mois      | 3.5                          | 60   |

\*Etudiants en échange: ce stage est effectué par des étudiants de 1ère année seulement et il est évalué durant le 3ème semestre.

Exchange students: this internship is performed by 1st year students only and it is assessed during semester 3.

## SEMESTRE 4 - Semester 4

| UE    | Intitulé des cours                                                               | Courses title                                         | Codes | Heures<br>Hours | Crédits ECTS<br>ECTS Credits | Page |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|-------|-----------------|------------------------------|------|
| UE4-1 | Outils de l'Ingénieur – <i>Engineering tools OI4</i>                             |                                                       |       |                 |                              |      |
|       | CATIA avancé                                                                     | <i>Advanced CATIA</i>                                 | CAA4  | 09h00           | 0.5                          | 61   |
|       | Probabilités                                                                     | <i>Probabilities</i>                                  | PRB4  | 25h00           | 2.5                          | 62   |
|       | Systèmes embarqués                                                               | <i>Embedded systems</i>                               | SEM4  | 34h30           | 3                            | 64   |
|       | Projet conception / avionique                                                    | <i>Project in Design / Avionics</i>                   | PCA4  | 18h00           | 1                            | 66   |
| UE4-2 | Sciences des Métiers – <i>Engineering Sciences SM4a</i>                          |                                                       |       |                 |                              |      |
|       | Dynamique des gaz                                                                | <i>Gas dynamics</i>                                   | DGA4  | 40h45           | 4                            | 68   |
|       | Projet aérodynamique / Structures-Matériaux                                      | <i>Project in aerodynamics / Structures-Materials</i> | PAS4  | 18h00           | 1                            | 70   |
|       | Vibrations – Méthode des Eléments Finis                                          | <i>Vibrations – Finite element method</i>             | MEF4  | 46h15           | 4                            | 72   |
|       | Cours électifs systèmes 1                                                        | <i>Elective course Systems</i>                        | CS14  | 12h30           | 1                            | 93   |
| UE4-3 | Sciences des Métiers – <i>Engineering Sciences SM4b</i>                          |                                                       |       |                 |                              |      |
|       | Mécanique des fluides industriels                                                | <i>Applied fluid mechanics</i>                        | MIN4  | 17h30           | 1.5                          | 73   |
|       | Moteurs et propulseurs                                                           | <i>Engines and propulsion systems</i>                 | MPR4  | 35h15           | 3                            | 74   |
|       | Projet thermique/énergétique                                                     | <i>Project in Heat transfers/Energetics</i>           | PTE4  | 18h00           | 1                            | 75   |
|       | Convection                                                                       | <i>Convection</i>                                     | COV4  | 29h00           | 2.5                          | 76   |
| UE4-4 | Cours électifs systèmes 2                                                        | <i>Elective course Systems</i>                        | CS24  | 12h30           | 1                            | 93   |
|       | Formation Humaine et Langues – <i>Social Sciences and Foreign Languages FHL4</i> |                                                       |       |                 |                              |      |
|       | Conduite de projet                                                               | <i>Project management</i>                             | COP4  | 10h00           | 1                            | 77   |
|       | Education physique et sportive                                                   | <i>Sport</i>                                          | EPS4  | 32h30           | 1.5                          | 18   |
|       | Sciences humaines économiques et sociales                                        | <i>Human economic and social science</i>              | SHE4  | 12h30           | 1                            | 93   |
|       | Anglais                                                                          | <i>English</i>                                        | ANG4  | 25h00           | 2                            | 78   |
|       | Langue vivante II                                                                | <i>Second foreign language</i>                        | LVD4  | 18h00           | 1.5                          | 21   |



| Calcul scientifique (a)<br>Scientific Computing (a) |                                                    |                              |         |
|-----------------------------------------------------|----------------------------------------------------|------------------------------|---------|
| Code cours Course code: CSA3                        |                                                    | Crédits ECTS ECTS Credits: 4 |         |
| Département Department                              | : IA                                               | Cours Lectures               | :32h30  |
| Coordonnateurs Lecturers                            | : A. Nait-ali                                      | T.D. Tutorials               | : 35h00 |
| Période Year of study                               | : 2 <sup>e</sup> année 2 <sup>nd</sup> year        | T.P. Laboratory sessions     | :       |
| Semestre Semester                                   | : 3 <sup>e</sup> semestre 3 <sup>rd</sup> semester | Horaire global Total hours   | : 67h30 |
| Evaluation Assessment method(s)                     | : 2 examens écrits<br>2 written exams,             |                              |         |
| Langue d'instruction Language of instruction        | : Français French                                  |                              |         |
| Type de cours Type of course                        | : Obligatoire Compulsory                           |                              |         |
| Niveau Level of course                              | : Graduate                                         |                              |         |

**Compétences attendues:** Acquérir les bases d'analyse mathématique des méthodes numériques classiques utilisées pour la résolution des problèmes physiques de l'ingénieur. Cela afin d'étudier et appréhender au mieux les principes fondamentaux de discrétisation des méthodes aux différences finies, aux volumes finis et aux éléments finis. Fournir la capacité de choisir une stratégie de résolution numérique en adéquation au problème posé.

**Pré-requis:** Calcul différentiel, algèbre linéaire, calcul matriciel.

**Contenu :** Ce cours est divisé en trois parties et comporte un projet de méthodes numériques

#### Partie 1: Analyse mathématique

- Généralités sur les EDP et problèmes aux limites.
- Équations et système hyperboliques à deux variables.
- Système hyperboliques et discontinuités.
- Formulation faible et Théorie des distributions.
- Espace de Sobolev.
- Brève introduction de la méthode des éléments finis.
- Algorithmes de gradient.
- Optimisation non-linéaire sous contrainte.
- Méthodes de Lagrangien.

#### Partie 2: Optimisation

- Calcul des variations.
- Méthode de descente.

#### Projet de méthodes numériques

#### Bibliographie :

1. R. Petit *L'outil mathématique pour la physique* Dunod, 1998.
2. H. Attouch, G. Buttazzo, G. Michaille. *Variational analysis in Sobolev and BV space: application to PDEs and Optimization*. MPS-SIAM Book Series on Optimization 6, December 2005.

#### Expected competencies:

To acquire the basics of mathematical analysis of classical numerical methods used to solve the physical problems encountered by the engineer. To study and to know the fundamentals of discretization of methods applied to finite differences, finite volumes and finite elements. To provide the ability to choose a numerical resolution strategy adapted to the problem.

**Prerequisites:** Differential calculus, linear algebra, matrix calculus.

**Content:** This course is divided into three parts and includes a numerical methods project

#### Part 1: Mathematical analysis

- General information on PDE and boundary problems.
- Two-variable hyperbolic equations and systems.
- Hyperbolic system and discontinuities.
- Weak formulation and Theory of distributions.

- Sobolev Space
- Brief introduction to the finite element method.

## **Part 2: Optimisation**

- Variation calculation
- Proof by descent.
- Gradient descent.
- Non-linear optimization under constraint.
- Lagrangian methods.

## **Numerical Methods Project**

### **Recommended reading:**

1. R. Petit *L'outil mathématique pour la physique* Dunod, 1998.
2. H. Attouch, G. Buttazzo, G. Michaille. *Variational analysis in Sobolev and BV space: application to PDEs and Optimization*. MPS-SIAM Book Series on Optimization 6, December 2005.

| <b>Calcul scientifique (b)</b><br><b>Scientific Computing (b)</b> |                                                         |                                                  |
|-------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| <b>Code cours</b> <i>Course code: CSB</i>                         |                                                         | <b>ECTS</b> <i>ECTS Credits: 3.5</i>             |
| <b>Département</b> <i>Department</i>                              | : MFA                                                   | <b>Cours</b> <i>Lectures</i> : 8h45              |
| <b>Coordonnateurs</b> <i>Lecturers</i>                            | : E. Goncalves., G. Lehnash, M. Beringhier              | <b>T.D.</b> <i>Tutorials</i> : 10h00             |
| <b>Période</b> <i>Year of study</i>                               | : 2 <sup>e</sup> année 2 <sup>nd</sup> year             | <b>T.P.</b> <i>Laboratory sessions</i> :         |
| <b>Semestre</b> <i>Semester</i>                                   | : 3 <sup>e</sup> semestre 3 <sup>rd</sup> semester      | <b>Projet</b> <i>Project</i> : 18h00             |
| <b>Evaluation</b> <i>Assessment method(s)</i>                     | : 1 examen écrit, 1 projet<br>1 written exam, 1 project | <b>Non encadré</b> <i>Homework</i> : 06h00       |
| <b>Langue d'instruction</b> <i>Language of instruction</i>        | : Français <i>French</i>                                | <b>Horaire global</b> <i>Total hours</i> : 36h45 |
| <b>Type de cours</b> <i>Type of course</i>                        | : Obligatoire <i>Compulsory</i>                         |                                                  |
| <b>Niveau</b> <i>Level of course</i>                              | : Graduate                                              |                                                  |

**Compétences attendues:** Etudier et connaître les principes fondamentaux de discrétisation des méthodes aux différences finies, aux volumes finis et aux éléments finis. Fournir la capacité de choisir une stratégie de résolution numérique en adéquation au problème posé.

**Pré-requis:** Calcul différentiel, développement de Taylor, algèbre linéaire, calcul matriciel.

**Contenu :** Ce cours comporte un projet de calcul scientifique

#### Discrétisation des EDP

- Méthode des différences finies.
- Méthode des volumes finis.
- Méthode des éléments finis.
- Propriétés des méthodes et résolution de problèmes modèles

#### Projet de calcul scientifique

#### Bibliographie :

1. R. Petit *L'outil mathématique pour la physique* Dunod, 1998.
2. C. Hirsch, *Numerical computation of internal and external flows. Vol. 1: Fundamentals of numerical discretization*, Wiley, 1999
3. Numerical Recipes: The art of scientific computing. <http://www.nr.com/>
4. JP Nougier, *Méthodes de calcul numérique*, Masson

#### Expected competencies:

To study and to know the fundamentals of discretization of methods applied to finite differences, finite volumes and finite elements. To provide the ability to choose a numerical resolution strategy adapted to the problem.

**Prerequisites:** Differential calculus, Taylor development, linear algebra, matrix calculus.

**Content:** This course includes a numerical methods project

#### Discretization of PDE

- Finite differences method.
- Finite volumes method.
- Finite elements method.
- Properties of methods and solving model problems.

#### Numerical Methods Project

#### Recommended reading:

1. R. Petit *L'outil mathématique pour la physique* Dunod, 1998.
2. C. Hirsch, *Numerical computation of internal and external flows. Vol. 1: Fundamentals of numerical discretization*, Wiley, 1999
3. Numerical Recipes: The art of scientific computing. <http://www.nr.com/>
4. JP Nougier, *Méthodes de calcul numérique*, Masson



| Automatique<br>Automatic control             |                                                                          |                                |         |
|----------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|---------|
| Code cours Course code: AUT3                 |                                                                          | Crédits ECTS ECTS Credits: 3.5 |         |
| Département Department                       | : IA                                                                     | Cours Lectures                 | : 15h00 |
| Coordonnateurs Lecturers                     | : B. El Hadj Amor                                                        | T.D. Tutorials                 | : 13h45 |
| Période Year of study                        | : 2 <sup>e</sup> année 2 <sup>nd</sup> year                              | T.P. Laboratory sessions       | : 12h00 |
| Semestre Semester                            | : 3 <sup>e</sup> semestre 3 <sup>rd</sup> semester                       | Projet Project                 | :       |
| Evaluation Assessment method(s)              | : 1 examen écrit, 1 contrôle TP<br>1 written exam, 1 practical work test | Non encadré Homework           | :       |
| Langue d'instruction Language of instruction | : Français French                                                        | Horaire global Total hours     | : 40h45 |
| Type de cours Type of course                 | : Obligatoire Compulsory                                                 |                                |         |
| Niveau Level of course                       | : Graduate                                                               |                                |         |

**Compétences attendues :** Comprendre et aborder la commande automatique des systèmes et la régulation industrielle.

Il présente les notions et les méthodes de base utilisées en représentation, analyse et commande des systèmes. Seuls les systèmes linéaires continus sont étudiés en détail dans une approche opérationnelle. Un aperçu est donné en fin de cours sur la représentation interne des systèmes ainsi que sur leur commande numérique.

**Pré-requis :** aucun

**Contenu :**

- Le calcul opérationnel et la notion de fonction de transfert,
- Asservissement,
- Systèmes de base : le premier ordre, le second ordre et le système à retard,
- Essais des systèmes et plans de représentation,
- Etude fréquentielle des systèmes. Stabilité, précision,
- Correction et régulation de systèmes,
- Les méthodes d'identification,
- Tracé du lieu des pôles d'un système,
- Analyse et amélioration des performances d'un système à partir de son lieu des pôles,
- Représentation et réglage d'état d'un système monovariable,
- Quelques notions sur la commande numérique.

Une série de 6 travaux pratiques (TP) accompagne ce cours afin d'en permettre la compréhension et la mise en application. Les TP sont réalisés en simulation avec le langage de programmation *matlab* associé à *simulink* de *the mathworks*. Trois bancs de manipulation (commande d'un moteur à courant continu, régulation d'une enceinte thermique et régulation du débit et du niveau d'un liquide) permettent d'aborder les notions pratiques de commande.

**Bibliographie :** aucune

**Expected competencies:** Understand and study the automatic control of systems and industrial regulation.

It gives basic backgrounds and methods used in the representation, analysis and control of systems. Only the continuous linear systems are studied in details in an operational approach. A brief course is given on internal representation of systems as well as their digital control.

**Prerequisites:** None

**Content:**

- Operational calculation and notion of transfer function,
- Closed-loop system,
- Basic systems: first-order, second-order and delay system,
- Systems tests and planes,
- Frequency study of systems. Stability, precision,
- Correction and regulation of systems,
- Methods for identification,
- Root locus of systems,
- Performances analysis and improvement of root locus of linear dynamic system,
- Representation and regulation of a monovariable system,
- Some notions of digital control.

A series of 6 lab sessions aims to have students apply and understand it. The lab sessions are carried out with simulations using the *Matlab* programming language, associated with *Simulink* from the *Mathworks*. 3 test-benches (control of a commutator motor, regulation of a thermal chamber and regulation of a liquid flow rate and level) enable the study of the practical notions of control.

**Recommended reading:** None





| <b>Conception de systèmes industriels- CATIA pour l'aéronautique</b><br><b>Conception of industrial systems – CATIA for aeronautics</b> |                                                          |                                            |         |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|--------------------------------------------|---------|
| <b>Code cours</b> <i>Course code: CSI3</i>                                                                                              |                                                          | <b>Crédits ECTS</b> <i>ECTS Credits: 2</i> |         |
| <b>Département</b> <i>Department</i>                                                                                                    | : MSISI                                                  | <b>Cours</b> <i>Lectures</i>               | : 2h30  |
| <b>Coordonnateurs</b> <i>Lecturers</i>                                                                                                  | : O. Ser, J.M Roncin, E. de Bonnaventure (Dassault)      | <b>T.D.</b> <i>Tutorials</i>               | :       |
| <b>Période</b> <i>Year of study</i>                                                                                                     | : 2 <sup>e</sup> année <i>2<sup>nd</sup> year</i>        | <b>T.P.</b> <i>Laboratory sessions</i>     | : 06h00 |
| <b>Semestre</b> <i>Semester</i>                                                                                                         | : 3 <sup>e</sup> semestre <i>3<sup>rd</sup> semester</i> | <b>Projet</b> <i>Project</i>               | : 24h00 |
| <b>Evaluation</b> <i>Assessment method(s)</i>                                                                                           | : Contrôle continu <i>Continuous assessment</i>          | <b>Non encadré</b> <i>Homework</i>         | :       |
| <b>Langue d'instruction</b> <i>Language of instruction</i>                                                                              | : Français <i>French</i>                                 | <b>Horaire global</b> <i>Total</i>         | : 32h30 |
| <b>Type de cours</b> <i>Type of course</i>                                                                                              | : Obligatoire <i>Compulsory</i>                          | <i>hours</i>                               |         |
| <b>Niveau</b> <i>Level of course</i>                                                                                                    | : Graduate                                               |                                            |         |

**Compétences attendues:** Savoir mener à terme sur CATIA un avant-projet didactique guidé de type industriel. Pour mener à bien ces projets, un complément de formation CATIA plus typé aéronautique (surfactive, paramétrique...) est également proposé en début de semestre ainsi qu'un apport des notions nécessaires pour traiter les problèmes au fur et à mesure des besoins.

**Pré-requis:** semestres précédents.

#### Contenu:

Durant le 3<sup>e</sup> semestre, les avant-projets mis en place ont porté ces dernières années sur :

- un train d'atterrissage entrant sur un planeur,
- un vibreur,
- un mécanisme redresseur du flux d'air d'entrée de réacteur.

**Bibliographie :** Aucune



**Expected competencies:** Develop an industry-oriented project using the CATIA Software. To carry out these projects, additional training on CATIA more aircraft oriented (surface, parametric ...) is also proposed at the beginning of the semester as well as necessary notions in order to deal with problems as and when required.

**Prerequisites:** previous semesters.

#### Content:

During the 3<sup>rd</sup> semester, design projects have recently involved:

- A glider's retractable landing gear,
- A vibrator,
- An airflow rectifier device for a jet engine intake.

**Recommended reading:** None

| <b>Mécanique des fluides</b><br><b>Fluid mechanics</b>     |                                                                     |                                              |                  |
|------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|------------------|
| <b>Code cours</b> <i>Course code: MFL3</i>                 |                                                                     | <b>Crédits ECTS</b> <i>ECTS Credits: 3.5</i> |                  |
| <b>Département</b> <i>Department</i>                       | : MFA                                                               | <b>Cours</b> <i>Lectures</i>                 | : 15h00          |
| <b>Coordonnateurs</b> <i>Lecturers</i>                     | : J. Borée, C. Sicot, A. Spohn                                      | <b>T.D.</b> <i>Tutorials</i>                 | : 15h00          |
| <b>Période</b> <i>Year of study</i>                        | : 2 <sup>e</sup> année 2 <sup>nd</sup> year                         | <b>T.P.</b> <i>Laboratory sessions</i>       | : 09h00          |
| <b>Semestre</b> <i>Semester</i>                            | : 3 <sup>e</sup> semestre 3 <sup>rd</sup> semester                  | <b>Projet</b> <i>Project</i>                 | :                |
| <b>Evaluation</b> <i>Assessment method(s)</i>              | : 2 écrits, 1 contrôle TP<br>2 written exams, 1 practical work test | <b>Non encadré</b> <i>Homework</i>           | :                |
| <b>Langue d'instruction</b> <i>Language of instruction</i> | : Français <i>French</i>                                            | <b>Horaire global</b> <i>Total</i>           | : 39h00<br>hours |
| <b>Type de cours</b> <i>Type of course</i>                 | : Obligatoire <i>Compulsory</i>                                     |                                              |                  |
| <b>Niveau</b> <i>Level of course</i>                       | : Graduate                                                          |                                              |                  |

**Compétences attendues :** Acquérir des notions avancées en mécanique des fluides. Savoir aborder des problèmes complexes.

**Pré-requis :** Bases de mécanique des fluides

**Contenu :**

#### **Mécanismes physiques et modèles d'écoulement**

- Description du milieu fluide,
- Rappels. Equations de bilan,
- Rappel des différents constituants du modèle complet,
- Modèles de mouvements de fluides.

#### **Ecoulements incompressibles d'un fluide visqueux**

- Propriétés physiques importantes,
- Echelles caractéristiques. Modèles d'écoulements incompressibles,
- Quelques exemples de solutions exactes,
- Notions « élémentaires » de stabilité des écoulements.

#### **La couche-limite laminaire**

- Ecoulement à grand nombre de Reynolds,
- Localisation des effets visqueux
- Paramètres caractéristiques de couche limite,
- Equations locales. Modèle de Prandtl,
- Equation intégrale de Von Karman,
- Couche limite sur une plaque plane,
- Effet d'un gradient de pression,
- Décollement de la couche limite,
- Conséquences.

#### **Régimes d'écoulements turbulents, une introduction**

- Les équations du mouvement moyen,
- Conséquences physiques de l'agitation turbulente,
- Modèles de diffusivité turbulente,
- Ecoulements turbulents pariétaux.

#### **Bibliographie :**

P. Chassaing, *Mécanique des fluides. Eléments d'un premier parcours*, Editions Cepadues, 1997

E. Guyon, J.P. Hulin, L. Petit, L., *Hydrodynamique physique*, Editions CNRS, 1991

**Expected competencies:** To acquire advanced fluid mechanics concepts. To know how to approach complex problems.

**Prerequisites:** Basic fluid dynamics

**Content:**

#### **Physical mechanisms and flow models**

- Description of a fluid;
- Balance equations;
- Models of flow motion.

#### **Incompressible viscous flows**



- Important physical properties;
- Characteristic scales;
- Examples of exact solutions;
- Elementary notions of flow stability analysis.

#### **Laminar boundary-layer**

- Localisation of viscous effects in High Reynolds number flows;
- Boundary layer characteristic parameters;
- Prandtl equations;
- Integral balance: Von Karman equation;
- Boundary layer on a flat plate;
- Effect to a pressure gradient;
- Flow separation and its consequences.

#### **Turbulent flows, an introduction**

- Mean flow equations;
- Physical consequences of turbulent agitation;
- Concept of turbulent diffusivity; near wall flows.

#### **Compressible flow of a perfect fluid**

- Introduction;
- Description of compressible and inviscid flows;
- Stagnation quantities;
- Steady unidirectional compressible flows

#### **Recommended reading:**

H. Oertel, *Prandtl's essentials of fluid mechanics*, Springer, 2003

D.J. Tritton, *Physical fluid dynamics*, Oxford Science Publications, 1998

**Mécanique des structures**  
**Structural mechanics**

**Code cours** *Course code:* **MDS3**

**Crédits ECTS** *ECTS Credits:* **4**

|                                                            |                                                                     |                                          |         |
|------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|---------|
| <b>Département</b> <i>Department</i>                       | : MSISI                                                             | <b>Cours</b> <i>Lectures</i>             | : 15h00 |
| <b>Coordonnateurs</b> <i>Lecturers</i>                     | : L. Signor, C. Nadot-Martin, O. Smerdova,<br>A. Djato, Y. Nadot    | <b>T.D.</b> <i>Tutorials</i>             | : 13h45 |
| <b>Période</b> <i>Year of study</i>                        | : 2 <sup>e</sup> année 2 <sup>nd</sup> year                         | <b>T.P.</b> <i>Laboratory sessions</i>   | : 12h00 |
| <b>Semestre</b> <i>Semester</i>                            | : 3 <sup>e</sup> semestre 3 <sup>rd</sup> semester                  | <b>Projet</b> <i>Project</i>             | :       |
| <b>Evaluation</b> <i>Assessment method(s)</i>              | : 2 écrits, 1 contrôle TP<br>2 written exams, 1 practical work test | <b>Non encadré</b> <i>Homework</i>       | :       |
| <b>Langue d'instruction</b> <i>Language of instruction</i> | : Français <i>French</i>                                            | <b>Horaire global</b> <i>Total hours</i> | : 40h45 |
| <b>Type de cours</b> <i>Type of course</i>                 | : Obligatoire <i>Compulsory</i>                                     |                                          |         |
| <b>Niveau</b> <i>Level of course</i>                       | : Graduate                                                          |                                          |         |

**Compétences attendues** : Etre capable de faire les calculs courants de dimensionnement de structures composées de poutres

**Pré-requis** : Mécanique des solides déformables / Elasticité (MSO1), Résistance des matériaux (RDM2)

**Contenu** :

**Théorie des poutres**

- But,
- Généralités - Rappels,
- Traction -Compression,
- Torsion - Poutre à section droite circulaire,
- Flexion.

**Principe de la statique - Equations d'équilibre**

- Principe de la statique,
- Equations d'équilibre,
- Les liaisons,
- Analyse d'un système matériel,
- Systèmes articulés - Statique graphique.

**Théorie de l'énergie**

- Introduction, Rappels,
- Théorème de réciprocité, coefficients d'influence,
- Théorème de Castigliano et de la force fictive,
- Théorème de Ménabréa,
- Application : Flèche due à l'effort tranchant

**Systèmes hyperstatiques**

- Définitions,
- Liaisons, Degré d'hyperstaticité,
- Méthodes de résolution,

**Bibliographie** : Aucune

- Intérêt et applications.

**Flambement**

- Introduction & définitions,
- Théorie d'Euler,
- Méthode de Rankine,
- Méthodes énergétiques,
- Déversement.

**Etude des profils minces**

- Introduction & définitions,
- Contraintes de cisaillement dans les profils minces en flexion,
- Contraintes de cisaillement dans les profils minces en torsion.

**Introduction à l'élasto-plasticité**

- Comportements des matériaux, essai de traction,
- Critère de limite élastique (Von Mises, Tresca),
- Poutres élasto-plastiques en flexion,
- Charges limites, rotule plastique.

**Théorie des plaques**

- Equations d'équilibre,
- Théorie de Kirchhoff

**Expected competencies**: To be able to perform the dimensioning of a structure made with beams

**Prerequisites**: Solid Mechanics / Elasticity (MSO1), Strength of Materials (RDM2)

**Content**:

**1. Theory of the beams**

- Purpose,
- Generalities,
- Traction and compression,
- Torsion - Beam with circular cross-section,
- Bending.

**2. Principle of static - Equilibrium equations**

- Principle of static,
- Equilibrium equations,

- Links,
- Analysis of a material system,
- Articulated Systems - Static graph.

**3. Theorems of energy**

- Introduction, Reminder,
- Theorem of reciprocity, coefficients of influence,
- Theorem of Castigliano and of fictitious force,
- Theorem of Ménabréa,
- Example: deflection due to bending loading.

**4. Hyperstatic systems**

- Definitions,
- Links, degree of hyperstaticity,
- Methods of resolution,
- Interest and applications.

**5. Buckling**

- Introduction & definitions,
- Theory of Euler,
- Method of Rankine,
- Energy methods,
- Lateral buckling.

**6. Study of thin wall sections**

- Introduction & definitions,
- Shear stress in bending,
- Shear stress in torsion.

**7. Introduction to elasto-plasticity**

- Mechanical behaviour of materials, tensile test,
- Yield criteria (Von Mises, Tresca),
- Bending of elastic-plastic beams,
- Limit load, Plastic hinge.

**8. Plate theory**

- Equilibrium equations,
- Theory of Kirchhoff.

**Recommended reading:** None

| Science des matériaux<br>Materials Science   |                                                                     |                                |                  |
|----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|--------------------------------|------------------|
| Code cours Course code: SDM3                 |                                                                     | Crédits ECTS ECTS Credits: 3.5 |                  |
| Département Department                       | : MSISI                                                             | Cours Lectures                 | : 13h45          |
| Coordonnateurs Lecturers                     | : G. Henaff, L. Chocinski, S. Hemery                                | T.D. Tutorials                 | : 13h45          |
| Période Year of study                        | : 2 <sup>e</sup> année 2 <sup>nd</sup> year                         | T.P. Laboratory sessions       | : 15h00          |
| Semestre Semester                            | : 3 <sup>e</sup> semestre 3 <sup>rd</sup> semester                  | Projet Project                 | :                |
| Evaluation Assessment method(s)              | : 2 écrits, 1 contrôle TP<br>2 written exams, 1 practical work test | Non encadré Homework           | :                |
| Langue d'instruction Language of instruction | : Français French                                                   | Horaire global Total           | : 42h30<br>hours |
| Type de cours Type of course                 | : Obligatoire Compulsory                                            |                                |                  |
| Niveau Level of course                       | : Graduate                                                          |                                |                  |

**Compétences attendues :** Comprendre les relations microstructure/propriétés. Savoir définir un traitement thermique. Sélectionner un matériau pour une application structurale.

**Pré-requis :** Cours de matériaux de 1<sup>re</sup> année (MTX2)

**Contenu :**

#### Polymères

- Présentation générale,
- Les différentes classes (thermoplastiques, thermodurs, élastomères),
- Structure et différents états (vitreux, caoutchoutique...),
- Propriétés mécaniques (viscoplasticité, déformation plastique).

#### Composites

- Généralités,
- Les grandes familles (composites à matrice organique, métallique ou céramique).

#### Alliages ferreux

- Traitement thermique (trempe et revenu, transformations isothermes)

#### Alliages non-ferreux

- Alliages d'aluminium et alliages légers,
- Alliages cuivreux,
- Alliages de titane - Superalliages

#### Caractérisation des propriétés mécaniques

- Essais mécaniques (dureté - traction - résilience - fluage),
- Comportement élasto-plastique,
- Rupture
- Comportement et endommagement en Fluage.

#### Choix de matériaux en conception mécanique

**Bibliographie :** Aucune

**Expected competencies:** To understand the relation between structure and mechanical properties. To be able to define a heat treatment. To be able to select a material in structural design.

**Prerequisites:** First year lecture of materials (MTX2)

**Content:**

#### Polymers

- General presentation,
- Classification (thermoplastics, thermosets, elastomers),
- Structure and various states (glassy, rubbery...),
- Mechanical properties (viscoelasticity, plastic deformation).

#### Composites

- General properties,
- Main types of composites (organic, metallic or ceramic matrix composite).

#### Ferrous alloys



- Heat treatments (quenching and tempering, isothermal transformations)

**Non ferrous metals**

- Aluminium alloys,
- Copper alloys,
- Titanium alloys - Superalloys.

**Mechanical properties**

- Mechanical Testing (Hardness - Tensile test – Impact test- Creep test),
- Stress-strain behaviour,
- Failure,
- Creep behaviour and damage.

**Materials selection in mechanical engineering**

**Recommended reading:** None

| Rayonnement<br>Radiation                            |                                                                   |                                   |         |
|-----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|---------|
| Code cours Course code: RAY3                        |                                                                   | Crédits ECTS ECTS Credits: 2      |         |
| <b>Département</b> Department                       | : ET                                                              | <b>Cours</b> Lectures             | : 10h00 |
| <b>Coordonnateurs</b> Lecturers                     | : V. Ayel, G. Lalizel, E. Videcoq,<br>Y. Bertin, D. Saury         | <b>T.D.</b> Tutorials             | : 08h45 |
|                                                     |                                                                   | <b>T.P.</b> Laboratory sessions   | : 09h00 |
| <b>Période</b> Year of study                        | : 2 <sup>e</sup> année 2 <sup>nd</sup> year                       | <b>Projet</b> Project             | :       |
| <b>Semestre</b> Semester                            | : 3 <sup>e</sup> semestre 3 <sup>rd</sup> semester                | <b>Non encadré</b> Homework       | :       |
| <b>Evaluation</b> Assessment method(s)              | : 1 écrit, 1 contrôle TP<br>1 written exam, 1 practical work test | <b>Horaire global</b> Total hours | : 27h45 |
| <b>Langue d'instruction</b> Language of instruction | : Français French                                                 |                                   |         |
| <b>Type de cours</b> Type of course                 | : Obligatoire Compulsory                                          |                                   |         |
| <b>Niveau</b> Level of course                       | : Graduate                                                        |                                   |         |

**Compétences attendues :** Maîtriser les phénomènes de rayonnement, des bilans de flux complets et les transferts combinés.

**Pré-requis :** Physique statistique, conduction, convection

**Contenu :**

- Généralités,
- Grandeurs fondamentales,
- Lois de rayonnement du corps noir,
- Conséquences de la loi de Planck,
- Les surfaces réelles et les facteurs d'émission,
- Facteurs de forme,
- Transfert radiatif avec multiréflexions,
- Equations de bilan et transferts combinés,
- Grandeurs visuelles,
- Pression de radiation.

**Bibliographie :** Aucune



**Expected competencies:** Understanding of radiative heat transfer, combined heat transfers and balance equations

**Prerequisites:** Statistical physics, conduction, convection

**Content:**

- Fundamentals basic definitions,
- The black body emission,
- Consequences of Planck's law,
- Emissivity of real surfaces,
- Radiative heat transfer with multireflections,
- Combined heat transfer and balance equations,
- The visible domain,
- Radiation pressure.

**Recommended reading:** None



**Communication professionnelle**  
**Professional communication**

**Code cours** *Course code:* **COM3**

**Crédits ECTS** *ECTS Credits:* **1**

|                                                            |                                                                                       |                            |         |
|------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|---------|
| <b>Coordonnateurs</b> <i>Lecturers</i>                     | : G. Baube (Novamediation), C. Renaud (RH/HR Itron) (extérieur <i>guest speaker</i> ) | Cours Lectures             | : 1h 15 |
| <b>Période</b> <i>Year of study</i>                        | : 2 <sup>e</sup> année <i>2<sup>nd</sup> year</i>                                     | T.D. Tutorials             | :       |
| <b>Semestre</b> <i>Semester</i>                            | : 3 <sup>e</sup> semestre <i>3<sup>rd</sup> semester</i>                              | T.P. Laboratory sessions   | : 16h15 |
| <b>Evaluation</b> <i>Assessment method(s)</i>              | : Contrôle continu <i>Continuous assessment</i>                                       | Projet Project             | :       |
| <b>Langue d'instruction</b> <i>Language of instruction</i> | : Français <i>French</i>                                                              | Non encadré Homework       | :       |
| <b>Type de cours</b> <i>Type of course</i>                 | : Obligatoire <i>Compulsory</i>                                                       | Horaire global Total hours | : 17h30 |
| <b>Niveau</b> <i>Level of course</i>                       | : Graduate                                                                            |                            |         |

**Compétences attendues** : Savoir communiquer, et améliorer ses capacités à trouver un emploi, une carrière qui vous correspond.

**Pré-requis** : Aucun

**Contenu** :

1. Bases du recrutement: CV et lettres de motivation
2. Se connaître pour s'orienter
3. Connaître le marché du travail
4. Communiquer vers l'emploi : prise de rendez-vous, expression orale et entretien d'embauche
5. Communiquer vers l'emploi : communication interpersonnelle et gestion du stress
6. Evaluation : pitch de 180 secondes

**Bibliographie** : Aucune

**Expected competencies**: Communication skills, improving capacity to find the right job and do the right career.

**Prerequisites**: None

**Content**:

1. Fundamentals of recruitment: the French résumé and the cover letter
2. Knowing oneself for relevant career pathing
3. How to know the state of the labor market and career opportunities
4. Communication at the recruitment phase : arranging an appointment, speaking skills, recruitment interview
5. Communication at the recruitment phase : interpersonal skills and handling stress
6. Assessment : 180 second oral pitch presentation



| Anglais<br>English                                  |                                                    |                                           |
|-----------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| Code cours Course code: ANG3                        |                                                    | Crédits ECTS ECTS Credits: 2              |
| <b>Département</b> Department                       | : FGH                                              | <b>Cours Lectures</b> :                   |
| <b>Coordonnateurs</b> Lecturers                     | : F. Boucaud, R. Marshall-Courtois, A. Glad        | <b>T.D. Tutorials</b> : 25h00             |
| <b>Période</b> Year of study                        | : 2 <sup>e</sup> année 2 <sup>nd</sup> year        | <b>T.P. Laboratory sessions</b> :         |
| <b>Semestre</b> Semester                            | : 3 <sup>e</sup> semestre 3 <sup>rd</sup> semester | <b>Projet Project</b> :                   |
| <b>Evaluation</b> Assessment method(s)              | : Contrôle continu Continuous assessment           | <b>Non encadré Homework</b> :             |
| <b>Langue d'instruction</b> Language of instruction | : Anglais English                                  | <b>Horaire global Total hours</b> : 25h00 |
| <b>Type de cours</b> Type of course                 | : Obligatoire Compulsory                           |                                           |
| <b>Niveau</b> Level of course                       | : Graduate                                         |                                           |

#### Compétences attendues:

- ❖ Niveau Pré-Intermédiaire

#### TOEIC Intensive

Comprendre la méthodologie et maîtriser le contenu du test TOEIC de compréhension de l'écrit et de l'oral pour obtenir une certification CECR. B2

- ❖ Niveau Intermédiaire

#### Career Skills

Savoir postuler à un emploi dans un pays de culture anglo-saxonne

- ❖ Niveau Avancé

#### Current Issues

- Etre capable de mobiliser les connaissances sur les différences culturelles des pays anglo-saxons pour mieux comprendre comment l'histoire et le peuple d'un pays peuvent affecter la manière dont un sujet de société est perçu dans le monde anglo-saxon.

- Donner aux élèves les outils linguistiques nécessaires pour comprendre ces sujets et communiquer leur point de vue.

#### Pré-requis:

- ❖ **TOEIC Intensive**

- Niveau A2 – B1 du [Cadre Européen Commun de Référence pour les Langues](#)
- Ce cours s'adresse uniquement aux élèves ingénieurs n'ayant pas obtenu un score de 785 points au TOEIC

- ❖ **Career Skills**

- Avoir un niveau B2 minimum.
- Avoir obtenu un score supérieur à 785 points au test TOEIC.

- ❖ **Current Issues**

- Avoir un niveau B2, minimum.
- Avoir obtenu un score supérieur à 785 points au test TOEIC

#### Contenu:

- ❖ **TOEIC Intensive** : Activités qui ciblent les compétences requises pour chaque partie du test TOEIC. Sélection de sujets couvrant l'ensemble des situations rencontrées dans un test TOEIC.

L'évaluation se fait sous la forme d'un contrôle continu (contrôle des points précis de compétences linguistiques nécessaires pour la réussite au Toeic, évaluation d'un ou deux tests Toeic complets).

- ❖ **Current Issues** : Deux sujets dans les actualités sont étudiés durant le semestre et le deuxième sujet est choisi par les élèves de la classe. Diverses ressources sont utilisées : journaux télévisés, articles de presse, films, émissions télévisées, et toutes les compétences linguistiques (compréhension et expression orales et écrites) sont pratiquées et évaluées durant le semestre.

- ❖ **Career Skills** : être capable de rédiger un CV et une lettre de motivation, à destination d'un recruteur de culture anglo-saxonne, et de participer à un entretien d'embauche par téléphone. Cela implique de savoir :

- Décrire et valoriser son expérience professionnelle
- Décrire sa formation universitaire, en sachant expliquer les spécificités du système éducatif français
- Comprendre les systèmes éducatifs du monde anglo-saxon, tels qu'ils apparaissent dans les CV de candidats anglo-saxons
- Identifier et valoriser ses compétences scientifiques et transversales et ses accomplissements
- Adapter son discours aux attentes d'un recruteur anglo-saxon, et aux contraintes des 3 genres (CV, lettre de motivation et entretien d'embauche)
- Communiquer par téléphone

Les étudiants sont évalués par des épreuves de contrôle continu (épreuve écrite: rédaction d'un CV et/ou d'une lettre de motivation et épreuve orale : simulation d'un entretien d'embauche téléphonique).

### **Bibliographie:**

#### ❖ **TOEIC Intensive**

Ouvrages de la série "Toeic Test ". T. Yasukochi et al, Jresearch, Tokyo, 2007

#### ❖ **Career Skills**

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

A. Ashley, *Oxford Handbook of Commercial Correspondence*, Handbook, Oxford, 2004

A. Ashley, *Correspondence Workbook*, Oxford, 2003

Alan Bond, *300+ Successful Business Letters for All Occasions*, Barron's Educational Series, 2Rev Ed edition, 2005

Robin Ryan, *Winning resumes*, John Wiley & Sons Inc, 2Rev Ed edition, 2002

Robin Ryan, *Winning Cover Letters*, John Wiley & Sons Inc, 2Rev Ed edition, 2002

Katherine Hansen, Randall S. Hansen, *Dynamic Cover Letters: How to Write the Letter That Gets You the Job*, Ten Speed Press, U.S. 2Rev Ed edition, 2001

Richard Nelson Bolles, *What Color Is Your Parachute? 2007: A Practical Manual for Job-Hunters and Career-Changers*, Ten Speed Press; Rev Ed edition, 2006

Mary Anne Thompson, *The Global Resume and CV Guide*, John Wiley & Sons, 2000

---

### **Expected competencies:**

#### ❖ **Pre-Intermediate Level**

##### **TOEIC Intensive**

Using methodological and notional grammar tools for answering TOEIC questions, in order to help them achieve a score of 785 at the TOEIC Listening and Reading test.

#### ❖ **Intermediate Level**

##### **Career Skills**

To be able to apply for work in an English-speaking country

#### ❖ **Advanced Level**

##### **Current Issues**

To understand cultural differences in English speaking countries and how a country's history and people can change the way current issue is perceived.

To be able to use the linguistic tools necessary to help them understand and communicate proficiently about these subjects.

### **Prerequisites:**

#### ❖ **TOEIC Intensive**

- Students should have an A2 to B1 level, as defined in the [European Reference Framework for Language Levels](#)
- This course is only accessible to students who have not achieved a score of 785 in the TOEIC Listening and Reading Test .

#### ❖ **Career Skills**

- Students should have at least B2 level.
- Students should have obtained a score of 785 points in the TOEIC Listening and Reading test.

#### ❖ **Current Issues**

- Students should have a B2 to C1 level.
- Students should have obtained a score of 785 points in the TOEIC Listening and Reading test.

### **Content:**

#### ❖ **TOEIC Intensive**

The course focuses on the skills required to score 785 points or more at the TOEIC test (listening and reading).

Activities cover the range of activities proposed in a TOEIC test and tackle all the subjects and situations found in a TOEIC test.

Students are assessed by continuous assessment (one or two graded full length practice Toeic tests as well as grammar checks, dictations, etc.).

#### ❖ **Current Issues**

Two topics in the news will be covered during the semester and the second topic is chosen by the students. A variety of sources are used including televised news reports, newspaper and magazine articles, films and television shows, and all of the competences of the English language (oral and written comprehension and expression) are practiced and evaluated during the course.

#### ❖ **Career Skills**

Students will learn how to write a CV and an application letter targeted at a British or American recruiter, and how to answer job-interview questions over the phone. This involves being able to:

- Describe and market one's professional experience.
- Describe one's educational background to a foreigner, bearing in mind the specificities of the French education system.
- Understand the education systems of the Anglo-Saxon world, as they appear in English native candidates' CVs.

- Identify and market one's scientific skills, transferable skills and achievements
- Adapt one's presentation to the expectations of an Anglo-Saxon recruiter, and to the constraints of each of the 3 genres (CV, cover letter and job interview)
- Master telephoning skills

Students are assessed through continuous assessment (written assignment: CV and/or cover letter, oral assignment: simulation of a job interview over the phone).

**Recommended reading:**

❖ **TOEIC Intensive**

Books from the "Toeic Test" collection, T. Yasukochi et al, Jresearch, Tokyo, 2007

❖ **Career Skills**

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

A. Ashley, *Oxford Handbook of Commercial Correspondence*, Handbook, Oxford, 2004

A. Ashley, *Correspondence Workbook*, Oxford, 2003

Alan Bond, *300+ Successful Business Letters for All Occasions*, Barron's Educational Series, 2Rev Ed edition, 2005

Robin Ryan, *Winning resumes*, John Wiley & Sons Inc, 2Rev Ed edition, 2002

Robin Ryan, *Winning Cover Letters*, John Wiley & Sons Inc, 2Rev Ed edition, 2002

Katherine Hansen, Randall S. Hansen, *Dynamic Cover Letters: How to Write the Letter That Gets You the Job*, Ten Speed Press, U.S. 2Rev Ed edition, 2001

Richard Nelson Bolles, *What Color Is Your Parachute? 2007: A Practical Manual for Job-Hunters and Career-Changers*, Ten Speed Press; Rev Ed edition, 2006

Mary Anne Thompson, *The Global Resume and CV Guide*, John Wiley & Sons, 2000

| <b>Stage ouvrier</b><br><b>Blue-collar internship</b>      |                                                                                              |                                            |
|------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| <b>Code cours</b> <i>Course code:</i> <b>STA3</b>          | <b>Crédits ECTS</b> <i>ECTS Credits:</i> <b>3.5</b>                                          |                                            |
| <b>Coordonnateurs</b> <i>Lecturers</i>                     | : N/A                                                                                        | <b>Cours</b> <i>Lectures</i> :             |
| <b>Période</b> <i>Year of study</i>                        | : 1 <sup>ère</sup> année <i>1st year</i>                                                     | <b>T.D.</b> <i>Tutorials</i> :             |
| <b>Semestre</b> <i>Semester</i>                            | : entre semestre 2 et semestre 3 <i>between 2<sup>nd</sup> &amp; 3<sup>rd</sup> semester</i> | <b>T.P.</b> <i>Laboratory sessions</i> :   |
| <b>Evaluation</b> <i>Assessment method(s)</i>              | : 1 rapport <i>1 report</i>                                                                  | <b>Projet</b> <i>Project</i> :             |
| <b>Langue d'instruction</b> <i>Language of instruction</i> | :                                                                                            | <b>Non encadré</b> <i>Homework</i> :       |
| <b>Type de cours</b> <i>Type of course</i>                 | : Obligatoire <i>Compulsory</i>                                                              | <b>Horaire global</b> <i>Total hours</i> : |
| <b>Niveau</b> <i>Level of course</i>                       | : Undergraduate                                                                              |                                            |

**Compétences attendues :** Savoir occuper un poste sans responsabilité autre que celle relative au travail confié et connaître les relations sociales au sein de l'établissement.

Le stage ouvrier a pour but de donner à l'élève ingénieur une vision la plus complète possible du fonctionnement d'une entreprise (nature et organisation du travail, hiérarchie, relations humaines...).

**Pré-requis :** Aucun

**Contenu :**

Au cours de ce premier stage, qui a lieu en fin de 1<sup>re</sup> année, l'étudiant découvre la fonction de production et peut apprécier l'importance des contacts humains et des relations sociales au sein de l'entreprise.

Il doit avoir lieu :

- dans une unité de production, de maintenance...
- dans un domaine d'activité industrielle quelconque (industries lourdes, transports, bâtiment, chimie...),
- dans une entreprise de plus de 50 employés.

Durée du stage : de 1 à 2 mois, de juillet à août

**Bibliographie :** Aucune



**Expected competencies:** To work at a single workstation as an operator, to know the state of the company's labor relations.

The manufacturing internship aims to give the student a full understanding of a company's operations (nature and organisation of work, chain of command, labor relations...):

**Prerequisites:** None

**Content:**

During this first internship, students work as operators and discover the world of production. They learn to value the importance of interpersonal and labor relations within a company.

They can work:

- within a production workshop, a maintenance unit...,
- in any industrial sector of activity (heavy industries, transportation, civil engineering, chemical engineering...),
- within a company of more than 50 employees (if in France).

Duration of the internship: 1 to 2 months, from July to August

**Recommended reading:** None

**IMPORTANT:**

**Etudiants Internationaux en échange:** ce stage est effectué par des étudiants de 1<sup>ère</sup> année seulement et il est évalué durant le 3<sup>ème</sup> semestre.

**International Exchange students:** this internship is performed by 1st year students only and is assessed at semester 3.

| CATIA avancé<br>Advanced CATIA |                                                               |                                |
|--------------------------------|---------------------------------------------------------------|--------------------------------|
| Code cours                     | Course code: CSC4                                             | Crédits ECTS ECTS Credits: 0.5 |
| Département                    | Department : MSISI                                            | Cours Lectures :               |
| Coordonnateurs                 | Lecturers : O. Ser                                            | T.D. Tutorials :               |
| Période                        | Year of study : 2 <sup>e</sup> année 2 <sup>nd</sup> year     | T.P. Laboratory sessions :     |
| Semestre                       | Semester : 4 <sup>e</sup> semestre 4 <sup>th</sup> semester   | Projet Project : 09h00         |
| Evaluation                     | Assessment method(s) : Contrôle continu Continuous assessment | Non encadré Homework :         |
| Langue d'instruction           | Language of instruction : Français French                     | Horaire global Total : 09h00   |
| Type de cours                  | Type of course : Obligatoire Compulsory                       | hours                          |
| Niveau                         | Level of course : Graduate                                    |                                |

**Compétences attendues:** Savoir mener à terme sur CATIA un avant-projet de type industriel plus conséquent qu'au semestre 3 par groupe de 2 à 3 élèves.

**Pré-requis:** semestres précédents.

**Contenu:** Les groupes travaillent souvent en collaboration, chacun traitant une partie du projet s'intégrant dans une démarche d'ingénierie coopérative. Pour chaque thème et selon les besoins, des apports de notions nécessaires pour traiter les problèmes sont également proposés tout au long de la démarche. Ces études peuvent aller jusqu'à la réalisation de prototypes. La plupart sont en partenariat avec une entreprise, un laboratoire ou un club de l'école.

Les avant-projets mis en place ont porté ces dernières années sur :

- un simulateur de houle,
- une quille relevable de voilier (Cap Vert),
- un frein pour éolienne (projet Ingécolo),
- une étude de l'accrochage de wagons de tramway (Alstom),
- un train d'atterrissage rentrant sur un planeur (Centrair),
- une machine de compression de joints de culasse pour le LET (contrat industriel, projet mécatronique),
- une machine de fatigue pour le LMPM,
- une formule un modèle réduit,
- un système d'ouverture pour trappes de train d'A350.

**Bibliographie :** Aucune



**Expected competencies:** Develop an industry-oriented project using the CATIA software (group of 2 or 3 students)..

**Prerequisites:** Previous semesters.

**Content:** The groups often work in collaboration, as each one is in charge of one aspect of the project, in line with a concurrent engineering approach. For each topic, and according to the needs, the students will be given the necessary material to solve the issues. These studies can go as far as the fabrication of prototypes. Most of the projects are in association with a company, a research laboratory or a club of the school.

Design projects recently concerned:

- a swell simulator,
- A retractable vessel for sail boat (Cap Vert),
- A wind turbine brake (Ingecolo project),
- A study of the connexions of tramway carriage (Alstom),
- A retractable landing gear on a glider,
- A compression machine for head gaskets for LET laboratory (industrial contract, mechatronics project),
- A study of a fatigue machine for the LMPM laboratory,
- A formula a scale-down model,
- An opening system for A350 gear doors.

**Recommended reading:** None

| Probabilités<br>Probabilities                |                                                    |                                |         |
|----------------------------------------------|----------------------------------------------------|--------------------------------|---------|
| Code cours Course code: PRB4                 |                                                    | Crédits ECTS ECTS Credits: 2.5 |         |
| Département Department                       | : IA                                               | Cours Lectures                 | : 11h15 |
| Coordonnateurs Lecturers                     | : F. Pons                                          | T.D. Tutorials                 | : 13h45 |
| Période Year of study                        | : 2 <sup>e</sup> année 2 <sup>nd</sup> year        | T.P. Laboratory sessions       | :       |
| Semestre Semester                            | : 4 <sup>e</sup> semestre 4 <sup>th</sup> semester | Projet Project                 | :       |
| Evaluation Assessment method(s)              | : 1 écrit 1 written exam                           | Non encadré Homework           | :       |
| Langue d'instruction Language of instruction | : Français French                                  | Horaire global Total hours     | : 25h00 |
| Type de cours Type of course                 | : Obligatoire Compulsory                           |                                |         |
| Niveau Level of course                       | : Graduate                                         |                                |         |

**Compétences attendues :** Maîtriser les concepts et des outils probabilistes et statistiques nécessaires au métier d'ingénieur.

**Pré-requis :** Calcul intégral, notion d'analyse combinatoire (dénombrement)

**Contenu :**

#### Probabilités et variables

- Expériences aléatoires, évènements, probabilités,
- Probabilité conditionnelle, évènements indépendants,
- Fonction de répartition et variables aléatoires réelles,
- Lois de probabilité usuelles.

#### Espérance, variance des variables aléatoires réelles

- Propriétés de l'espérance,
- Fonctions caractéristiques,
- Variance et écart type,
- Inégalités de Markov et Tchebychev.

#### Variables aléatoires simultanées

- Loi conjointe,
- Indépendance des variables aléatoires réelles,
- Coefficient de corrélation linéaire,
- Droites de régression,
- Espérance conditionnelle,
- Courbes de régression.

#### Statistique

- Loi des grands nombres,
- Théorème central limit,
- Echantillon et statistique,
- Estimation ponctuelle et estimation par intervalle de confiance,
- Tests statistiques.

#### Bibliographie :

P. Bremaud, *An introduction to probabilistic modelling*, Springer, 1988

J.L. Femenias, *Probabilités et statistique pour les sciences physiques*, Dunod, 2003

D. Foata et A. Fuchs, *Calcul des probabilités*, Dunod, 1993

D. Fourdrinier, *Statistique inférentielle*, Dunod, 2002

R. Veyseyre, *Statistique et probabilités pour l'ingénieur*, Dunod, 2<sup>e</sup> édition, 2007

**Expected competencies:** Master the concepts and the probabilistic and statistic tools necessary for the engineer career.

**Prerequisites:** integral calculus, notion of combinatories (enumeration)

**Content:**

#### Probability and random variables

- Random experiments, events - The axioms of probability,
- Conditional probability, independent events,
- Distribution functions and random variables,
- Examples of random variables.

**Expected value and variance**

- Properties of mean values,
- Characteristic functions - Variance and standard deviation,
- Markov and Tchebychev inequalities.

**Several random variables**

- Probability distributions,
- Independent variables,
- Linear correlation coefficient - Regression lines,
- Conditional expected value - Regression curves.

**Statistics**

- Law of large numbers - Central limit theorem,
- Sampling and sample statistics,
- Point estimates - Confidence interval estimates,
- Statistical tests.

**Recommended reading:**

P. Bremaud, *An introduction to probabilistic modelling*, Springer, 1988

J.L. Femenias, *Probabilités et statistique pour les sciences physiques*, Dunod, 2003

D. Foata et A. Fuchs, *Calcul des probabilités*, Dunod, 1993

D. Fourdrinier, *Statistique inférentielle*, Dunod, 2002

R. Veyseyre, *Statistique et probabilités pour l'ingénieur*, Dunod, 2<sup>e</sup> édition, 2007



| Systèmes embarqués<br>Embedded systems       |                                                                   |                              |         |
|----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|------------------------------|---------|
| Code cours Course code: SEM4                 |                                                                   | Crédits ECTS ECTS Credits: 3 |         |
| Département Department                       | : IA                                                              | Cours Lectures               | : 11h15 |
| Coordonnateurs Lecturers                     | : E. Grolleau, H. Bauer, Y. Ouhammou, M. Richard                  | T.D. Tutorials               | : 11h15 |
| Période Year of study                        | : 2 <sup>e</sup> année 2 <sup>nd</sup> year                       | T.P. Laboratory sessions     | : 12h00 |
| Semestre Semester                            | : 4 <sup>e</sup> semestre 4 <sup>th</sup> semester                | Projet Project               | :       |
| Evaluation Assessment method(s)              | : 1 écrit, 1 contrôle TP<br>1 written exam, 1 practical work test | Non encadré Homework         | :       |
| Langue d'instruction Language of instruction | : Français French                                                 | Horaire global Total hours   | : 34h30 |
| Type de cours Type of course                 | : Obligatoire Compulsory                                          |                              |         |
| Niveau Level of course                       | : Graduate                                                        |                              |         |

**Compétences attendues :** Suivre un processus de l'ingénierie Système de la spécification à la conception produit. Suivre un cycle de développement logiciel permettant le développement sûr de programmes embarqués temps réel pour des systèmes critiques. Introduire les spécificités des logiciels temps réel.

**Pré-requis :** Cours d'informatique, cours Introduction aux Systèmes Embarqués. Bases d'architecture et de système d'exploitation : algorithmique & programmation, notion de tâches et processus, problèmes de base du parallélisme (producteur/consommateur, exclusion mutuelle) et sémaphore, fonctionnement d'un calculateur.

#### Contenu :

##### 1. Introduction aux systèmes embarqués critiques

- Contraintes, exigences et certification,
- Redondance et tolérance aux pannes,
- Cycle de vie logiciel.

##### 2. Introduction des concepts et de la méthode à travers un exemple

- Programmation embarquée séquentielle (exemple de programmation Arduino)
- Entrées-sorties analogiques, numériques, PWM, horloges, bus, représentation numérique
- Capteurs-actionneurs type sur drones
- Programmation événementielle basée interruptions matérielles
- Programmation cyclique
- Programmation multitâche
- Introduction à FreeRTOS
- Spécification fonctionnelle (utilisation de Capella)
- Modélisation par statecharts (UML FSM)
- Conception logiciel-matériel utilisant le multitâche (utilisation d'AADL)
- Délais de bout-en-bout et performances

#### Bibliographie :

E. Grolleau, J. Hugues, Y. Ouhammou, H. Bauer, « Introduction aux systèmes embarqués temps réel », ed. Dunod, 2018  
 F. Cottet, E. Grolleau, S. Gérard, J. Hugues, Y. Ouhammou, « Spécification, conception, implémentation et validation temporelle », ed. Dunod, 2014  
 F. Cottet, E. Grolleau, « Systèmes temps réel de contrôle-commande », ed. Dunod, 2005  
 A. Tanenbaum, « Systèmes d'exploitation », ed. Pearson  
 P. Zarella, Y. Ligier, E. Lazard, « Architecture et technologie des ordinateurs »  
 P. Ward, S. Mellor, « Structured development for real-time systems », Yourdon press  
 H. Gomaa, "Software design methods for concurrent and real-time systems", Addison Wesley

**Expected competencies:** Follow a System Engineering design cycle. Use a software life-cycle to insure a safe, and fault-tolerant of critical real-time embedded systems. Introduce real-time specificities and constraints.

**Prerequisites:** Computer science programming, Introduction to Embedded Systems. Basics of computer architecture and operating systems: threads and processes, parallelism problems (producer/consumer, mutual exclusion) and semaphore, basic computer programming.

#### Content:

##### 1. Introduction to critical and embedded systems

- Constraints, requirements and certification,
- Redundancy and fault-tolerance,

- Software life-cycle.

### 3. Introduction des concepts et de la méthode à travers un exemple

- Sequential embedded programming (based on a simple Arduino example)
- Analog Input/Output, Digital I/O, PWM, clock circuits, buses, digital representation
- Typical drone sensors and actuators
- Event-based programming using interrupts
- Cyclic programming model
- Multithread programming
- Introduction to FreeRTOS
- Functional specification (using Capella)
- Statecharts modelling (UML FSM)
- Hardware-software co-design for multithreading (using AADL)
- Performance and end-to-end delays

#### Recommended reading:

E. Grolleau, J. Hugues, Y. Ouhammou, H. Bauer, « Introduction aux systèmes embarqués temps réel », ed. Dunod, 2018

F. Cottet, E. Grolleau, S. Gérard, J. Hugues, Y. Ouhammou, « Spécification, conception, implémentation et validation temporelle », ed. Dunod, 2014

F. Cottet, E. Grolleau, « Systèmes temps réel de contrôle-commande », ed. Dunod, 2005

A. Tanenbaum, « Systèmes d'exploitation », ed. Pearson

P. Zanella, Y. Ligier, E. Lazard, « Architecture et technologie des ordinateurs »

P. Ward, S. Mellor, « Structured development for real-time systems », Yourdon press

H. Gomaa, "Software design methods for concurrent and real-time systems", Addison Wesley



**Projet conception / avionique**  
**Project in Design / Avionics**

| <b>Code cours</b> <i>Course code: PCA4</i>                 |                                                                                                                 | <b>Crédits ECTS</b> <i>ECTS Credits: 1</i>       |
|------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| <b>Département</b> <i>Department</i>                       | : IA et MSISI                                                                                                   | <b>Cours</b> <i>Lectures</i> :                   |
| <b>Coordonnateurs</b> <i>Lecturers</i>                     | : <u>IA</u> : M. Richard, E. Grolleau, H. Bauer,<br>Y. Ouhammou, B. Chardin,<br><u>MSISI</u> : O. Ser, Y. Nadot | <b>T.D.</b> <i>Tutorials</i> :                   |
| <b>Période</b> <i>Year of study</i>                        | : 2 <sup>e</sup> année 2 <sup>nd</sup> year                                                                     | <b>T.P.</b> <i>Laboratory sessions</i> :         |
| <b>Semestre</b> <i>Semester</i>                            | : 4 <sup>e</sup> semestre 4 <sup>th</sup> semester                                                              | <b>Projet</b> <i>Project</i> : 18h00             |
| <b>Evaluation</b> <i>Assessment method(s)</i>              | : 1 projet<br>1 project                                                                                         | <b>Non encadré</b> <i>Homework</i> :             |
| <b>Langue d'instruction</b> <i>Language of instruction</i> | : Français <i>French</i>                                                                                        | <b>Horaire global</b> <i>Total hours</i> : 18h00 |
| <b>Type de cours</b> <i>Type of course</i>                 | : Obligatoire <i>Compulsory</i>                                                                                 |                                                  |
| <b>Niveau</b> <i>Level of course</i>                       | : Graduate                                                                                                      |                                                  |

Vous intégrerez l'un des deux projets selon votre groupe de TD / *You will join one of both projects according to your tutorial group.*

### 1 Projet Conception

#### **Compétences attendues :**

Conception, dimensionnement et travail en groupe sur un logiciel de conception (Catia)

**Pré-requis :** bases de conception sur Catia

#### **Contenu :**

- Méthode de travail sur Catia (squelette, assemblage)
- Mécanique analytique (avant-projet)
- Résistance des matériaux

**Bibliographie:** aucune

### 2 Projet Avionique

**Compétences attendues:** Concevoir, implémenter et intégrer une application informatique embarquée de taille importante.

**Pré-requis:** Les cours d'Introduction aux Systèmes Embarqués (A1) et le cours de Systèmes Embarqués (S4) seront un plus pour la réalisation de ce projet.

#### **Contenu:**

Ce projet a pour objectif la prise en main et l'utilisation d'un simulateur de drone (quadricoptère, avion, ...) SITL (Software In The Loop) du projet APM. L'application développée durant ce projet devra permettre d'envoyer des commandes (via un joystick) au simulateur et de récupérer un certain nombre d'informations en provenance de celui-ci afin de les afficher (en utilisant un horizon artificiel (glasscockpit) existant basé sur une reproduction d'un cockpit d'A340).

Au cours de ce projet, de nombreuses notions déjà manipulées dans des contextes plus simples (TD/TP) seront mises en oeuvre et de nouvelles seront abordées, le tout dans un environnement Linux:

- Programmation en langage C;
- Programmation multithread POSIX;
- Programmation réseau (Socket);
- Introduction à l'ingénierie des modèles;
- Conception d'architecture logicielle par composants (hétérogènes);
- Intégration de composants logiciels.

En résumé, ce projet permet aux élèves le réalisant de découvrir nombre de notions importantes dans le domaine de l'avionique et qui sont développées dans l'option Informatique & Avionique de troisième année.

**Bibliographie:** Aucune

### 1 Project in Conception



**Expected competencies:**

Design, Dimensioning and group work on a design software (Catia)

**Prerequisites:** none

**Content:**

- Working methods on Catia (assembly)
- Analytical mechanics
- Strength of materials

**Recommended reading:** none

**2 Project in Avionics**

**Expected competencies:** Design, implement and integrate a large embedded computer application.

**Prerequisites:** Courses Introduction to Embedded Systems (A1) and the course of Embedded Systems (S4) will be a plus for this project.

**Content:**

This project aims the handling and use of a drone simulator (quadricopter, plane ...) SITL (Software In The Loop) of the APM project. The application developed during this project will allow to send commands (via a joystick) to the simulator and retrieve some information from it for display (using an existing artificial horizon (glasscockpit) based on a reproduction of a cockpit of A340).

During this project, many concepts already manipulated in simpler contexts (TD / TP) will be implemented and new ones will be discussed, all in a Linux environment:

- Programming in C;
- Multithreaded Programming POSIX;
- Network programming (Socket);
- Introduction to model engineering;
- Software architecture design by components (heterogeneous);
- Integration of software components.

To sum up, this project allows students to discover many important concepts in the field of avionics, which are developed in the specialization Computer & Avionics of third year.

**Recommended reading:** None.

.

| Dynamique des gaz<br>Gas dynamics            |                                                                                                                       |                              |         |
|----------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|---------|
| Code cours Course code: DGA4                 |                                                                                                                       | Crédits ECTS ECTS Credits: 4 |         |
| Département Department                       | : MFA                                                                                                                 | Cours Lectures               | : 13h45 |
| Coordonneurs Lecturers                       | : E. Goncalves, G. Lehnasch                                                                                           | T.D. Tutorials               | : 15h00 |
| Période Year of study                        | : 2 <sup>e</sup> année 2 <sup>nd</sup> year                                                                           | T.P. Laboratory sessions     | : 12h00 |
| Semestre Semester                            | : 4 <sup>e</sup> semestre 4 <sup>th</sup> semester                                                                    | Projet Project               | :       |
| Evaluation Assessment method(s)              | : 1 écrit, 1 contrôle continu (QCM) et TP<br>1 written exam, 1 continuous assessment<br>and practical work test (MCQ) | Non encadré Homework         | :       |
| Langue d'instruction Language of instruction | : Français French                                                                                                     | Horaire global Total hours   | : 40h45 |
| Type de cours Type of course                 | : Obligatoire Compulsory                                                                                              |                              |         |
| Niveau Level of course                       | : Graduate                                                                                                            |                              |         |

**Compétences attendues :** Maîtriser les mécanismes de chocs et de détente dans les écoulements compressibles.

**Pré-requis :** Cours de mécanique des fluides de base, avec écoulements compressibles isentropiques. Connaissances de base des équations et systèmes hyperboliques (e.g. cours d'analyse numérique)

**Contenu :**

#### Ondes de choc

- Rappels du formalisme,
- Relations de saut,
- Chocs droits,
- Chocs obliques.

#### Écoulements monodimensionnels instationnaires

- Problème de Cauchy,
- Méthode des caractéristiques,
- Écoulement par ondes simples ;

#### Écoulements supersoniques stationnaires bidimensionnels

- Méthode des caractéristiques,
- Écoulement des ondes simples,
- Détente de Prandtl-Meyer.

#### Prises d'air

- Régimes critiques et supersoniques,
- Adaptation - Efficacité,
- Pertes en écoulement subsonique.

#### Tuyères

- Couche limite et effet de déplacement,
- Débit et poussée,
- Adaptation et décollement.

#### Bibliographie :

J.D. Anderson Jr., *Modern compressible flow: with historical perspective*, McGraw Hill, 2002

S. Candel., *Mécanique des fluides*, Dunod, 1995

I. Ryhming, *Dynamique des fluides*, Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, 2004 (3e édition)

**Expected competencies:** To master the physics of shock waves and expansion waves.

**Prerequisites:** Basic fluid mechanics, with isentropic compressible flows. Basic knowledge on hyperbolic PDE's and systems

**Content:**

#### 1. Shock waves

- Jump relations,
- Normal shock waves,
- Oblique shock waves.

#### 2. One-dimensional unsteady compressible flow

- Cauchy problem,
- Method of characteristics,



- Simple-wave flows,
  - Shock formation.
3. **Two-dimensional stationary supersonic flows**
- Method of characteristics,
  - Simple-wave flow,
  - Prandtl-Meyer expansion.
4. **Air intakes**
- Critical and supercritical regimes - Adaptation,
  - Head losses in subsonic flow.
5. **Supersonic nozzles**
- Boundary layer and displacement effect,
  - Flow rate and thrust,
  - Adaptation and separation.

**Recommended reading:**

J.D. Anderson Jr., *Modern compressible flow: with historical perspective*, McGraw Hill, 2002

S. Candel., *Mécanique des fluides*, Dunod, 1995

I. Ryhming, *Dynamique des fluides*, Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, 2004 (3e edition)

**Projet aérodynamique / Structures-Matériaux**  
**Project in aerodynamics / Structures-Materials**

**Code cours** *Course code:* **PAS4**

**Crédits ECTS** *ECTS Credits:* **1**

|                                                            |                                                                                                                                      |                                          |         |
|------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|---------|
| <b>Département</b> <i>Department</i>                       | : MFA/MSISI                                                                                                                          | <b>Cours</b> <i>Lectures</i>             | :       |
| <b>Coordonnateurs</b> <i>Lecturers</i>                     | : <u>MFA</u> : M Ba, L Pérault, C. Sicot<br><u>MSISI</u> : A. Spohn, S. Hemery, L. Signor,<br>O. Smernova, C. Nadot-Martin, A. Djato | <b>T.D.</b> <i>Tutorials</i>             | :       |
|                                                            |                                                                                                                                      | <b>T.P.</b> <i>Laboratory sessions</i>   | :       |
| <b>Période</b> <i>Year of study</i>                        | : 2 <sup>e</sup> année <i>2<sup>nd</sup> year</i>                                                                                    | <b>Projet</b> <i>Project</i>             | : 18h00 |
| <b>Semestre</b> <i>Semester</i>                            | : 4 <sup>e</sup> semestre <i>4<sup>th</sup> semester</i>                                                                             | <b>Non encadré</b> <i>Homework</i>       | :       |
| <b>Evaluation</b> <i>Assessment method(s)</i>              | : 1 projet – <i>1 project</i>                                                                                                        | <b>Horaire global</b> <i>Total hours</i> | : 18h00 |
| <b>Langue d’instruction</b> <i>Language of instruction</i> | : Français <i>French</i>                                                                                                             |                                          |         |
| <b>Type de cours</b> <i>Type of course</i>                 | : Obligatoire <i>Compulsory</i>                                                                                                      |                                          |         |
| <b>Niveau</b> <i>Level of course</i>                       | : Graduate                                                                                                                           |                                          |         |

Vous intégrerez l’un des deux projets selon votre groupe de TD.

### 1. Projet Aérodynamique

#### **Compétences attendues :**

Projet aérodynamique : Savoir mettre en oeuvre les compétences acquises en mécanique des fluides et en mécanique du vol sur des applications concrètes.

**Pré-requis :** Cours de mécanique des fluides de 1<sup>re</sup> (MFL2) et 2<sup>e</sup> année (MFL3)

#### **Contenu :**

Projet par petits groupes (12 étudiants) sur des sujets variés et évoluant chaque année, à caractère numérique (simulation d’écoulements) ou expérimental (essais en soufflerie), en mécanique des fluides incompressibles et compressibles.

**Bibliographie :** Aucune

### 2. Projet Structures Matériaux

#### **Compétences attendues :**

Savoir mettre en oeuvre les compétences acquises en mécanique des matériaux sur des applications concrètes.

#### **Pré-requis :**

Cours de 1<sup>ère</sup> et 2<sup>ème</sup> année de mécanique des solides, structures, et de sciences des matériaux.

#### **Contenu :**

Etude du fonctionnement d'une structure du domaine aéronautique, détermination des efforts, calcul de contraintes par RDM et EF, choix de matériaux.

**Bibliographie:** Aucune

*You will join one of both projects according to your tutorial group.*



### 1. Project in Aerodynamics

#### **Expected competencies:**

To implement the acquired knowledge on fluid mechanics and aerodynamics on practical topics.

**Prerequisites:** 1<sup>st</sup> year (MFL2) and 2<sup>nd</sup> year (MFL3) courses of fluid mechanics

#### **Content:**

Small groups project (12 students) on various topics subject to change every year, dealing with numerical (flows simulation) or experimental (wind tunnel tests) issues, in incompressible and compressible fluid mechanics

**Recommended reading:** None

## **2.Project in Structures-Materials**

**Expected competencies:** To implement the acquired knowledge in mechanics of materials on practical topics

**Prerequisites:** 1st and 2nd year courses in mechanics of materials

**Content:** Study of the operation of a structure in the aeronautical domain, load determination, calculation of stresses (strength of materials, finite element modelling), choice of materials.

**Recommended reading:** None



**Vibrations – Méthode des Eléments Finis**  
**Vibrations – Finite element method**

**Code cours** *Course code:* **MEF4**

**Crédits ECTS** *ECTS Credits:* **4**

|                                                            |                                                                      |                                          |         |
|------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|---------|
| <b>Département</b> <i>Department</i>                       | : MSISI                                                              | <b>Cours</b> <i>Lectures</i>             | : 15h00 |
| <b>Coordonnateurs</b> <i>Lecturers</i>                     | : M. Beringhier, D. Halm, M. Arzaghi, O. Benchekroun, A. Djato       | <b>T.D.</b> <i>Tutorials</i>             | : 16h15 |
| <b>Période</b> <i>Year of study</i>                        | : 2 <sup>e</sup> année 2nd year                                      | <b>T.P.</b> <i>Laboratory sessions</i>   | : 15h00 |
| <b>Semestre</b> <i>Semester</i>                            | : 4 <sup>e</sup> semestre 4th semester                               | <b>Projet</b> <i>Project</i>             | :       |
| <b>Evaluation</b> <i>Assessment method(s)</i>              | : 2 écrits, 3 contrôles TP<br>2 written exams, 3 practical work test | <b>Non encadré</b> <i>Homework</i>       | :       |
| <b>Langue d’instruction</b> <i>Language of instruction</i> | : Français French                                                    | <b>Horaire global</b> <i>Total hours</i> | : 46h15 |
| <b>Type de cours</b> <i>Type of course</i>                 | : Obligatoire Compulsory                                             |                                          |         |
| <b>Niveau</b> <i>Level of course</i>                       | : Graduate                                                           |                                          |         |

**Compétences attendues :** Savoir interpréter les résultats fournis en éléments finis et en particulier pour le calcul des treillis et des portiques.

**Pré-requis :** Cours de mécanique des structures de deuxième année (MDS3)

**Contenu :**

**Eléments finis**

- Calcul des structures discrètes: treillis et portiques
- La M.E.F. appliquée à la résolution d’un problème plan 2-D

**Vibrations**

- Vibrations des systèmes à un degré de liberté
- Vibrations des systèmes à n degrés de liberté
- Vibrations des poutres rectilignes

**Bibliographie :**

J.F. Imbert, *Analyse des structures par éléments finis*, Cépaduès, 1991  
J.N. Reddy, *An introduction to the finite element method*, Mac GrawHill, 1993  
B. Drouin, J.M. Senicourt, F. Lavaste, G. Fezans, *De la mécanique vibratoire classique à la méthode des éléments finis*, Volumes 1 et 2, AFNOR, 1993  
A.A. Shabana, *Theory of Vibration, an introduction*, Springer-Verlag, 1996  
M. Del Pedro, Pierre Pahud, *Mécanique vibratoire*, Presses Polytechniques et Universitaires Romanes, 1989  
M. Gérardin, D. Rixen, *Théorie des vibrations – Application à la dynamique des structures*, Masson, 1993  
Zienkiewicz O.C., *The Finite Element Method*, 4th edition, 2 volumes, Mc Grow Hill, 1989  
Batoz J.L., Dhett G., *Modélisation des structures par éléments finis*, 3 volumes, Hermès, 1990

**Expected competencies:** Analyse the results given by F.E.M. for trusses and beams structures.

**Prerequisites:** 2<sup>nd</sup> year course of structure mechanics (MDS3)

**Content:**

**Finite element**

- Structural framework
- F.E.M. applied to a 2D problem solving

**Vibrations**

- Vibrations of single degree of freedom systems
- Vibrations of multiple degree of freedom systems
- Vibrations of rectilinear beams

**Recommended reading:**

J.F. Imbert, *Analyse des structures par éléments finis*, Cépaduès, 1991  
J.N. Reddy, *An introduction to the finite element method*, Mac GrawHill, 1993  
B. Drouin, J.M. Senicourt, F. Lavaste, G. Fezans, *De la mécanique vibratoire classique à la méthode des éléments finis*, Volumes 1 et 2, AFNOR, 1993  
A.A. Shabana, *Theory of Vibration, an introduction*, Springer-Verlag, 1996  
M. Del Pedro, Pierre Pahud, *Mécanique vibratoire*, Presses Polytechniques et Universitaires Romanes, 1989  
M. Gérardin, D. Rixen, *Théorie des vibrations – Application à la dynamique des structures*, Masson, 1993  
Zienkiewicz O.C., *The Finite Element Method*, 4th edition, 2 volumes, Mc Grow Hill, 1989  
Batoz J.L., Dhett G., *Modélisation des structures par éléments finis*, 3 volumes, Hermès, 1990

**Mécanique des fluides industriels**  
**Applied fluid mechanics**

| <b>Code cours</b> <i>Course code: MIN4</i>                 |                                                          | <b>Crédits ECTS</b> <i>ECTS Credits: 1.5</i>     |
|------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| <b>Département</b> <i>Department</i>                       | : MFA                                                    | <b>Cours</b> <i>Lectures</i> : 08h45             |
| <b>Coordonnateurs</b> <i>Lecturers</i>                     | : A. Chinnaya, A. Spohn                                  | <b>T.D.</b> <i>Tutorials</i> : 08h45             |
| <b>Période</b> <i>Year of study</i>                        | : 2 <sup>e</sup> année <i>2<sup>nd</sup> year</i>        | <b>T.P.</b> <i>Laboratory sessions</i> :         |
| <b>Semestre</b> <i>Semester</i>                            | : 4 <sup>e</sup> semestre <i>4<sup>th</sup> semester</i> | <b>Projet</b> <i>Project</i> :                   |
| <b>Evaluation</b> <i>Assessment method(s)</i>              | : 1 écrit <i>1 written exam</i>                          | <b>Non encadré</b> <i>Homework</i> :             |
| <b>Langue d’instruction</b> <i>Language of instruction</i> | : Français <i>French</i>                                 | <b>Horaire global</b> <i>Total hours</i> : 17h30 |
| <b>Type de cours</b> <i>Type of course</i>                 | : Obligatoire <i>Compulsory</i>                          |                                                  |
| <b>Niveau</b> <i>Level of course</i>                       | : Graduate                                               |                                                  |

**Compétences attendues :** Comprendre les mécanismes d'apport de travail ou de chaleur dans les écoulements compressibles.

**Pré-requis :** Base de mécanique des fluides et de thermodynamique des systèmes ouverts

**Contenu :**

**Ecoulements 1D stationnaires d'un fluide compressible**

- Introduction,
- Ecoulement adiabatique dans une conduite à section constante avec frottement,
- Ecoulement dans une conduite à section constante avec apport de chaleur,
- Ecoulement isotherme dans une conduite à section constante avec frottement.

**Introduction aux turbomachines**

- Généralités,
- Quelques rappels,
- Diagramme des vitesses des turbomachines axiales,
- Action et réaction,
- Similitude des turbomachines,
- Exemple du compresseur axial - Régime variable.

**Bibliographie :** A.H. Shapiro “The dynamics and Thermodynamics of compressible fluid flow” Wiley ed. 1953



**Expected competencies:** To understand the mechanisms of labor input or heat in compressible flows.

**Prerequisites:** Basic fluid mechanics and thermodynamics of open systems

**Content:**

**1D stationary flows of a compressible fluid**

- Introduction,
- Adiabatic flow in a duct in constant section with friction,
- Flow in a duct in constant section with heat gain,
- Isothermal flow in a duct in constant section with friction.

**Introduction to turbomachines**

- General information,
- Simplified budgets in a cascade,
- Velocity diagrams of the axial turbomachines,
- Action and reaction,
- Similarity of the turbomachines,
- Example of the axial compressor - Variable mode

**Recommended reading:** A.H. Shapiro “The dynamics and Thermodynamics of compressible fluid flow” Wiley ed. 1953

**Moteurs et propulseurs**  
**Engines and propulsion systems**

| <b>Code cours</b> <i>Course code: MPR4</i>                 |                                                                              | <b>Crédits ECTS</b> <i>ECTS Credits: 3</i> |         |
|------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|---------|
| <b>Département</b> <i>Department</i>                       | : ET                                                                         | <b>Cours</b> <i>Lectures</i>               | : 13h45 |
| <b>Coordonnateurs</b> <i>Lecturers</i>                     | : J. Sotton, F. Virot                                                        | <b>T.D.</b> <i>Tutorials</i>               | : 12h30 |
| <b>Période</b> <i>Year of study</i>                        | : 2 <sup>e</sup> année <i>2<sup>nd</sup> year</i>                            | <b>T.P.</b> <i>Laboratory sessions</i>     | : 9h00  |
| <b>Semestre</b> <i>Semester</i>                            | : 4 <sup>e</sup> semestre <i>4<sup>th</sup> semester</i>                     | <b>Projet</b> <i>Project</i>               | :       |
| <b>Evaluation</b> <i>Assessment method(s)</i>              | : 2 écrits – 1 contrôle TP<br><i>2 written exams – 1 practical work test</i> | <b>Non encadré</b> <i>Homework</i>         | :       |
| <b>Langue d’instruction</b> <i>Language of instruction</i> | : Français <i>French</i>                                                     | <b>Horaire global</b> <i>Total hours</i>   | : 35h15 |
| <b>Type de cours</b> <i>Type of course</i>                 | : Obligatoire <i>Compulsory</i>                                              |                                            |         |
| <b>Niveau</b> <i>Level of course</i>                       | : Graduate                                                                   |                                            |         |

**Compétences attendues :** Comprendre les éléments fondamentaux de la propulsion.

**Pré-requis :** Base de thermodynamique des systèmes ouverts et fermés.

**Contenu :**

**1. Moteurs alternatifs**

- Principe de fonctionnement,
- Paramètres et grandeurs caractéristiques,
- Calcul de performances,
- Cycles théoriques de Beau de Rochas, Diesel et de Sabathé.

**2. Turbines à gaz**

- Cycles thermodynamiques et composants,
- Performances globales,
- Cogénération d’énergies.

**3. Systèmes propulsifs aérospatiaux**

- Performances globales (poussées, consommation spécifique, impulsion spécifique),
- Moteurs fusées,
- Statoréacteurs,
- Turboréacteurs.

**Bibliographie :** P. Bauer, *Aerothermochimie - Propulseurs Aéronautiques et Spatiaux*, Ed. Ellipses, France

**Expected competencies:** To understand the basic knowledge of propulsion.

**Prerequisites:** Basic thermodynamics of open and closed systems.

**Content:**

**Piston engines**

- Operating principle,
- Characteristic parameters and quantities,
- Performance calculation,
- Theoretical cycles of Beau de Rochas, Diesel and Sabathé.

**Gas turbine engines**

- Engine cycles and components,
- Overall performance,
- Cogeneration systems.

**Aerospace propulsion systems**

- Overall performance (thrusts, specific consumption, specific impulsion),
- Rocket engines,
- Ramjet engines,
- Turbojet engines.

**Recommended reading:** P. Bauer, *Aerothermochimie - Propulseurs Aéronautiques et Spatiaux*, Ed. Ellipses, France



**Projet thermique/énergétique**  
**Project in Heat transfers/Energetics**

| <b>Code cours</b> <i>Course code: PTE4</i>                 |                                                                                                                                          | <b>Crédits ECTS</b> <i>ECTS Credits: 1</i>       |
|------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| <b>Département</b> <i>Department</i>                       | : ET                                                                                                                                     | <b>Cours</b> <i>Lectures</i> :                   |
| <b>Coordonnateurs</b> <i>Lecturers</i>                     | : J.Sotton, V. Ayel, Y.Bertin,<br>A.Benselama, G.Lalzel, D.Saury,<br>E.Videoq, A.Chinnayya, Z.Bouali, V.<br>Rodriguez, F.Virot, D.Karmed | <b>T.D.</b> <i>Tutorials</i> :                   |
|                                                            |                                                                                                                                          | <b>T.P.</b> <i>Laboratory sessions</i> :         |
| <b>Période</b> <i>Year of study</i>                        | : 2 <sup>e</sup> année <i>2<sup>nd</sup> year</i>                                                                                        | <b>Projet</b> <i>Project</i> : 18h00             |
| <b>Semestre</b> <i>Semester</i>                            | : 4 <sup>e</sup> semestre <i>4<sup>th</sup> semester</i>                                                                                 | <b>Non encadré</b> <i>Homework</i> :             |
| <b>Evaluation</b> <i>Assessment method(s)</i>              | : 1 projet – 1 <i>project</i>                                                                                                            | <b>Horaire global</b> <i>Total hours</i> : 18h00 |
| <b>Langue d’instruction</b> <i>Language of instruction</i> | : Français <i>French</i>                                                                                                                 |                                                  |
| <b>Type de cours</b> <i>Type of course</i>                 | : Obligatoire <i>Compulsory</i>                                                                                                          |                                                  |
| <b>Niveau</b> <i>Level of course</i>                       | : Graduate                                                                                                                               |                                                  |

**Compétences attendues :** Savoir appliquer les connaissances acquises en transfert de chaleur et en thermodynamique appliquée aux moteurs et propulseurs.

**Pré-requis :** Bases des modes de transfert de chaleur et thermodynamique appliquée aux moteurs et propulseurs

**Contenu :**

Projet par groupe de 12 étudiants sur des sujets variés à caractère numérique ou expérimental, mettant à contribution la connaissance des élèves en transfert de chaleur et moteurs et propulseurs. On peut citer comme exemple les sujets suivants :

- calcul des performances de centrales de cogénération,
- thermique de l’habitat,
- optimisation des turboréacteurs double flux,
- détermination des caractéristiques du premier étage d’un propulseur spatial aérobie,
- prédimensionnement d’un moteur à combustion interne,
- étude des moteurs de fusée : la propulsion d’Ariane V,
- combustion et refroidissement dans un turbojet,
- bilan thermique et énergétique d’une tour solaire.

**Bibliographie :** P. Bauer, Aerothermochimie - Propulseurs Aéronautiques et Spatiaux, Ed. Ellipses, France



**Expected competencies:** To know how to apply the acquired knowledge in heat transfer and thermodynamics applied to engines and propulsion systems.

**Prerequisites:** Fundamentals of heat transfer methods and thermodynamics applied to engines and propulsion systems

**Content:**

Groups project (12 students) on various topics dealing with numerical or experimental issues, having the students using their knowledge in heat transfer and engines and propulsion systems.

Some examples:

- performance calculation of cogeneration power plants,
- heat transfer applied to houses,
- optimisation of ducted fan engines,
- characteristics determination of airbreathing space propulsion system first floor,
- initial scaling of an internal combustion engine,
- study of rocket engines: Ariane V propulsion,
- combustion and cooling in a Turbojet,
- thermal and energetic balance of a solar tower.

**Recommended reading:** P. Bauer, Aerothermochimie - Propulseurs Aéronautiques et Spatiaux, Ed. Ellipses, France

| Convection<br>Convection                            |                                                                   |                                              |
|-----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|
| Code cours Course code: COV4                        |                                                                   | Crédits ECTS ECTS Credits: 2.5               |
| <b>Département</b> Department                       | : ET                                                              | <b>Cours</b> Lectures : 10h00                |
| <b>Coordonnateurs</b> Lecturers                     | : M. Fénot, D. Saury, E. Videcoq                                  | <b>T.D.</b> Tutorials : 10h00                |
| <b>Période</b> Year of study                        | : 2 <sup>e</sup> année 2 <sup>nd</sup> year                       | <b>T.P.</b> Laboratory sessions : 09h00      |
| <b>Semestre</b> Semester                            | : 4 <sup>e</sup> semestre 4 <sup>th</sup> semester                | <b>Projet</b> Project :                      |
| <b>Evaluation</b> Assessment method(s)              | : 1 écrit, 1 contrôle TP<br>1 written exam, 1 practical work test | <b>Non encadré</b> Homework :                |
| <b>Langue d'instruction</b> Language of instruction | : Français French                                                 | <b>Horaire global</b> Total : 29h00<br>hours |
| <b>Type de cours</b> Type of course                 | : Obligatoire Compulsory                                          |                                              |
| <b>Niveau</b> Level of course                       | : Graduate                                                        |                                              |

**Compétences attendues :** Maîtriser les phénomènes de convection. Connaître les corrélations usuelles et bilan de flux échangés.

**Pré-requis :** Mécanique des fluides et conduction

**Contenu :**

- Exemples de transferts de chaleur par convection dans divers problèmes industriels,
- Transfert de chaleur, transfert de masse : analogies,
- Equations générales de la convection,
- Convection forcée en écoulement externe,
- Convection forcée en écoulement interne,
- Convection naturelle,
- Introduction aux échangeurs de chaleur,

**Bibliographie :** Aucune



**Expected competencies:** To understand the convection heat transfer. To know usual correlation and heat flow balance.

**Prerequisites:** Fluid mechanics and convection heat transfer

**Content:**

- Some industrial examples involving heat transfer by convection,
- Different types of convection: heat, mass and analogies,
- General equations of convection,
- Forced convection for external flows,
- Internal forced convection,
- Natural convection,
- Introduction to heat exchangers

**Recommended reading:** None

| Conduite de projet<br>Project management            |                                                    |                                           |
|-----------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| Code cours                                          | Course code: COP4                                  | Crédits ECTS ECTS Credits: 1              |
| <b>Coordonnateurs</b> Lecturers                     | : S. Rémy, Saft Batteries                          | <b>Cours</b> Lectures :                   |
| <b>Période</b> Year of study                        | : 2 <sup>e</sup> année 2 <sup>nd</sup> year        | <b>T.D.</b> Tutorials :                   |
| <b>Semestre</b> Semester                            | : 4 <sup>e</sup> semestre 4 <sup>th</sup> semester | <b>T.P.</b> Laboratory sessions :         |
| <b>Evaluation</b> Assessment method(s)              | : 1 examen écrit 1 written exam                    | <b>Projet</b> Project : 10h00             |
| <b>Langue d’instruction</b> Language of instruction | : Français French                                  | <b>Non encadré</b> Homework :             |
| <b>Type de cours</b> Type of course                 | : Obligatoire Compulsory                           | <b>Horaire global</b> Total hours : 10h00 |
| <b>Niveau</b> Level of course                       | : Graduate                                         |                                           |

**Compétences attendues :** Compréhension des organisations projets et de leur environnement dans les entreprises.  
Acquérir les bases, les pratiques et outils clés.  
Capacité à s’intégrer dans une équipe projet et à diriger une équipe projet.

**Pré-requis :** Connaissances de base du fonctionnement d’une entreprise (stage en entreprise, cours de connaissance de l’entreprise).

#### Contenu :

Histoire des organisations projets.  
Présentation des différentes organisations, avantages, inconvénients.  
Contraintes, enjeux, intérêts, leviers, limites des organisations projets.  
Fondamentaux des meilleures pratiques, vocables et outils associés.  
Management des équipes, des coûts, des plannings ainsi que des risques projets.

#### Bibliographie :

PMI Body of Knowledge, Edition 5, Global standard, USA  
Space Projects Management, European Space standardisation ECSS, ECSS-M-30B



**Expected competencies:** Understanding of project organizations and their environment in companies.  
Understanding key project management practices and tools.  
Being able to be part of a project team and to lead both a project and a project team.

**Prerequisites:** Basic knowledge of the operation of a business (eg through a manufacturing internship or an introduction to corporate organizations).

#### Content:

History of project organization.  
Presentation of different organizations, advantages, disadvantages.  
Constraints, issues, interests, levers, projects organization limitations.  
Best practices (fundamentals), project management terms and associated tools.  
Team, costs, schedule and project risk management.

#### Recommended reading:

PMI Body of Knowledge, Edition 5, Global standard, USA  
Space Projects Management, European Space standardization ECSS ECSS-M-30B

| Anglais<br>English                           |                                                    |                                       |
|----------------------------------------------|----------------------------------------------------|---------------------------------------|
| Code cours Course code: ANG4                 |                                                    | Crédits ECTS ECTS Credits: 2          |
| Département Department                       | : FGH                                              | Cours Lectures :                      |
| Coordonnateurs Lecturers                     | : A. Glad, F. Boucaud, R. Mashall-Courtois         | T.D. Tutorials : 25h00                |
| Période Year of study                        | : 2 <sup>e</sup> année 2 <sup>nd</sup> year        | T.P. Laboratory sessions :            |
| Semestre Semester                            | : 4 <sup>e</sup> semestre 4 <sup>th</sup> semester | Projet Project :                      |
| Evaluation Assessment method(s)              | : Contrôle continu Continuous assessment           | Non encadré Homework :                |
| Langue d'instruction Language of instruction | : Anglais English                                  | Horaire global Total : 25h00<br>hours |
| Type de cours Type of course                 | : Obligatoire Compulsory                           |                                       |
| Niveau Level of course                       | : Graduate                                         |                                       |

#### Compétences attendues :

- ❖ **Engineering English** (anglais de spécialité).
  - Comprendre et s'exprimer sur des sujets relatifs aux domaines de spécialités scientifiques et techniques de l'ingénieur Ensm.
  - Amener l'élève vers une autonomie dans la rédaction et la compréhension de documents de spécialité en toute connaissance des us et coutumes du genre en langue anglaise.
- ❖ **Current Issues**
  - Etre capable de mobiliser les connaissances sur les différences culturelles des pays Anglo-saxons pour mieux comprendre comment l'histoire et le peuple d'un pays peuvent affecter la manière dont un sujet de société est perçu dans le monde anglo-saxon.
  - Donner aux élèves les outils linguistiques nécessaires pour comprendre ces sujets et communiquer leur point de vue.
- ❖ Intitulé du cours : **Career Skills**
  - Savoir postuler à un emploi dans un pays de culture anglo-saxonne

#### Pré-requis :

- ❖ **Career Skills**
  - Niveau Pré-Intermédiaire (Niveau A2 – B1 du [Cadre Européen de Référence pour les Langues](#))
  - Ce cours s'adresse aux élèves ingénieurs ayant suivi le cours TOEIC Intensive au semestre 3 et à ceux dont les compétences en début de semestre n'atteignent pas le niveau B2.
- ❖ **Current Issues**
  - Avoir un niveau B2, minimum
  - Avoir obtenu un score supérieur à 785 points au test TOEIC.
  - Ce cours s'adresse normalement aux élèves ingénieurs ayant suivi le cours Career Skills au semestre 3.
- ❖ **Engineering English**
  - Niveau avancé (niveau B2 – C1)
  - Avoir obtenu un score supérieur à 785 points au test TOEIC.
  - Ce cours s'adresse normalement aux élèves ingénieurs ayant suivi le module Current Issues au semestre 3.



#### Contenu :

- ❖ **Engineering English** : On aborde les sciences de l'ingénieur Ensm par le biais d'une sélection de catastrophes spectaculaires survenues lors de la mise en œuvre d'importants projets industriels. Parallèlement aux aspects purement techniques, on cherche à mettre en évidence toutes les responsabilités de l'ingénieur et les sources de ses erreurs.

Les fonctions de langues typiques du discours de l'ingénieur sont utilisées.

Pour la rédaction scientifique, en entraînement, il est demandé aux élèves ingénieurs de transformer des documents qui rendent compte de réalisations scientifiques et techniques, produits par des non scientifiques pour un public non spécialisé en des rapports scientifiques d'ingénieurs/chercheurs pour des ingénieurs/chercheurs suivant un ensemble de conseils stylistiques.

L'évaluation des compétences à l'écrit consiste en la rédaction en temps limité d'un rapport basé sur une étude expérimentale et/ou théorique faite par chaque élève dans un des modules scientifiques de la 2<sup>ème</sup> année d'études à l'ENSMA.

L'entraînement à l'oral consiste en la présentation d'analyses structurelles et fonctionnelles de systèmes industriels de pointe, à partir de documents professionnels récents.

- ❖ **Current Issues** : Deux sujets dans les actualités sont étudiés durant le semestre. Le deuxième sujet est choisi par les élèves de la classe. Diverses ressources sont utilisées : journaux télévisés, articles de presse, films, émissions télévisées, et toutes les compétences linguistiques (compréhension et expression orales et écrites) sont pratiquées et évaluées durant le semestre.



❖ **Career Skills** : être capable de rédiger un CV et une lettre de motivation, à destination d'un recruteur de culture anglo-saxonne, et de participer à un entretien d'embauche par téléphone. Cela implique de savoir :

- Décrire et valoriser son expérience professionnelle
- Décrire sa formation universitaire, en sachant expliquer les spécificités du système éducatif français
- Comprendre les systèmes éducatifs du monde anglo-saxon, tels qu'ils apparaissent dans les CV de candidats anglo-saxons
- Identifier et valoriser ses compétences scientifiques et transversales et ses accomplissements
- Adapter son discours aux attentes d'un recruteur anglo-saxon, et aux contraintes des 3 genres (CV, lettre de motivation et entretien d'embauche)
- Communiquer par téléphone

Les étudiants sont évalués par des épreuves de contrôle continu (épreuve écrite: rédaction d'un CV et/ou d'une lettre de motivation et épreuve orale : simulation d'un entretien d'embauche téléphonique)

#### **Bibliographie :**

##### ❖ **Engineering English**

H. Petrovski, *To Engineer is Human*, Vintage Books, 1992  
M. Défourneaux, *Do you Speak Science*, Dunod, 1991  
M. Défourneaux, *Do you Speak Chemistry*, Dunod, 1991  
R.H. Barnard, D.R. Philpott, *Aircraft Flight*, 3rd edition, Prentice Hall, 2009  
R. Weissberg, S. Buker, *Writing up Research*, Prentice Hall, 1990  
P. Shawcross, *English for Aircraft*, Belin, 1992

##### ❖ **Career Skills**

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

A. Ashley, *Oxford Handbook of Commercial Correspondence*, Handbook, Oxford, 2004  
A. Ashley, *Correspondence Workbook*, Oxford, 2003  
Alan Bond, *300+ Successful Business Letters for All Occasions*, Barron's Educational Series, 2Rev Ed edition, 2005  
Robin Ryan, *Winning resumes*, John Wiley & Sons Inc, 2Rev Ed edition, 2002  
Robin Ryan, *Winning Cover Letters*, John Wiley & Sons Inc, 2Rev Ed edition, 2002  
Katherine Hansen, Randall S. Hansen, *Dynamic Cover Letters: How to Write the Letter That Gets You the Job*, Ten Speed Press, U.S. 2Rev Ed edition, 2001  
Richard Nelson Bolles, *What Color Is Your Parachute? 2007: A Practical Manual for Job-Hunters and Career-Changers*, Ten Speed Press; Rev Ed edition, 2006  
Mary Anne Thompson, *The Global Resume and CV Guide*, John Wiley & Sons, 2000

---

#### **Expected competencies:**

##### ❖ **Engineering English**

- To be able to express oneself on and understand subjects relative to the technical and scientific specialties and concerns of an Ensm engineer.
- To be able to write technical reports to become independent self-sufficient junior engineers, as concerns engineering English.

##### ❖ **Current Issues**

- To understand cultural differences in English speaking countries and how country's history and people can change the way a current issue is perceived.
- To be able to use the linguistic tools necessary to understand and communicate proficiently about these subjects.

##### ❖ **Course name: Career Skills**

- To be able to apply for work in an Anglo-Saxon country.

#### **Prerequisites:**

##### ❖ **Career Skills**

- Pre-Intermediate Level (A2 - B1 levels, as defined in the [European Reference Framework for Language Levels](#))
- This course is normally accessible to students who have followed the TOEIC Intensive class during semester 3 and to students whose competencies in English are below the requirements of a B2 level.

##### ❖ **Current Issues**

- Intermediate Level (B2 level)
- Students should have obtained a score of 785 points at the TOEIC Listening and Reading test.
- This course is normally accessible to students who have followed the Career Skills class during semester 3.

##### ❖ **Engineering English**

- Advanced Level (B2 – C1 level)
- Students should have obtained a score of 785 points at the TOEIC Listening and Reading test before the beginning of the semester.
- This course is normally accessible to students who have followed the Career Skills class at semester 3.





## **Content:**

### ❖ **Engineering English**

The pedagogical approach is to confront the students with a series of dramatic engineering disasters in the various engineering fields that the Ensma engineer specializes in. They train on the expression of language functions that are typical of an engineer's discourse.

Students express themselves on the technical causes of the catastrophes as well as on the other origins of the failures (economy, psychology, management, corporate or national cultures...).

As concerns report writing, students adapt documentaries and written documents intended for the general public to the requirements of communication among experts.

Assessment consists of a written report pertaining to experimental research conducted in a lab session, in any of the subjects taken by the students in the current semester or at semester 3.

### ❖ **Current Issues**

Two topics in the news will be covered during the semester and the students choose the second topic. A variety of sources are used including televised news reports, newspaper and magazine articles, films and television shows, and all of the competences of the English language (oral and written comprehension and expression) are practiced and evaluated during the course.

### ❖ **Career Skills**

Students will learn how to write a CV and an application letter targeted at a British or American recruiter, and how to answer job-interview questions over the phone. This involves being able to:

- Describe and market one's professional experience.
- Describe one's educational background to a foreigner, bearing in mind the specificities of the French education system.
- Understand the education systems of the Anglo-Saxon world, as they appear in English native candidates' CVs.
- Identify and market one's scientific skills, transferable skills and achievements
- Adapt one's discourse to the expectations of an Anglo-Saxon recruiter, and to the constraints of each of the 3 genres (CV, cover letter and job interview)
- Master telephoning skills

Students are assessed through continuous assessment (written assignment: CV and/or a cover letter, oral assignment: simulation of a job interview over the phone).

## **Recommended reading:**

### ❖ **Engineering English**

H. Petrovski, *To Engineer is Human*, Vintage Books, 1992

M. Défourneaux, *Do you Speak Science*, Dunod, 1991

M. Défourneaux, *Do you Speak Chemistry*, Dunod, 1991

R.H. Barnard, D.R. Philpott, *Aircraft Flight*, 3rd edition, Prentice Hall, 2009

R. Weissberg, S. Buker, *Writing up Research*, Prentice Hall, 1990

P. Shawcross, *English for Aircraft*, Belin, 1992

### ❖ **Career Skills**

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

A. Ashley, *Oxford Handbook of Commercial Correspondence*, Handbook, Oxford, 2004

A. Ashley, *Correspondence Workbook*, Oxford, 2003

Alan Bond, *300+ Successful Business Letters for All Occasions*, Barron's Educational Series, 2Rev Ed edition, 2005

Robin Ryan, *Winning resumes*, John Wiley & Sons Inc, 2Rev Ed edition, 2002

Robin Ryan, *Winning Cover Letters*, John Wiley & Sons Inc, 2Rev Ed edition, 2002

Katherine Hansen, Randall S. Hansen, *Dynamic Cover Letters: How to Write the Letter That Gets You the Job*, Ten Speed Press, U.S. 2Rev Ed edition, 2001

Richard Nelson Bolles, *What Color Is Your Parachute? 2007: A Practical Manual for Job-Hunters and Career-Changers*, Ten Speed Press; Rev Ed edition, 2006

Mary Anne Thompson, *The Global Resume and CV Guide*, John Wiley & Sons, 2000



**Sciences humaines économiques et sociales**  
*Human economic and social science*

**EN COURS DE MISE A JOUR / TO BE UPDATED**

**COURS ELECTIFS - SEMESTRES 1 ET 3**  
*Elective courses – Semesters 1 and 3*

| Intitulé des cours              | Courses title                       | Codes | Heures<br>Hours | Crédits ECTS<br>ECTS Credits | Page |
|---------------------------------|-------------------------------------|-------|-----------------|------------------------------|------|
| Design Thinking                 | <i>Design Thinking</i>              | DTH5  | 12h30           | 1                            | 82   |
| Développement durable           | <i>Sustainable development</i>      | DEV   | 12h30           | 1                            | 84   |
| Gestion de conflits             | <i>Conflict management</i>          | GCF   | 12h30           | 1                            | 85   |
| Histoire des sciences           | <i>History of Science</i>           | HDS   | 12h30           | 1                            | 87   |
| Initiation à la vie associative | <i>Initiation to community life</i> | IVA   | 12h30           | 1                            | 89   |
| La recherche dans l'industrie   | <i>Research in Industry</i>         | LRI   | 12h30           | 1                            | 90   |
| Marketing et Etudes de Marchés  | <i>Marketing and Market studies</i> | MAR   | 12h30           | 1                            | 91   |
| Gestion de production           | <i>Production management</i>        | GDP   | 12h30           | 1                            | 92   |

**Etudiants internationaux en programme d'échange :**

Les cours électifs sont donnés en 4 sessions distinctes (2 jours par session sur des dates différentes). Ainsi, certains cours ont lieu au même moment. L'inscription aux cours électifs s'effectue uniquement au mois de décembre. Au moment de la candidature en ligne (pièce à télécharger), il est recommandé d'inscrire uniquement la mention suivante sur le learning agreement:

- Cours électif 1
- Cours électif 2
- Cours électif 3
- Cours électif 4

Pour le transfert des crédits ECTS, la mise à jour du contrat d'études (code et intitulé du cours) s'effectue après l'inscription à ces cours électifs.

**International exchange students :**

*Elective courses are given in 4 distinct sessions (2 days per session on different dates). Thus, some courses take place at the same time. Registration for elective courses is only possible in December. When applying online, it is recommended to write only the following statement on the learning agreement:*

- Elective course 1
- Elective course 2
- Elective course 3
- Elective course 4

*For the transfer of ECTS credits, the update of the learning agreement (code and course title) is done after registration in these elective courses.*

| Design Thinking<br>Design Thinking                  |                                                      |                                   |         |
|-----------------------------------------------------|------------------------------------------------------|-----------------------------------|---------|
| Code cours Course code:                             |                                                      | Crédits ECTS ECTS Credits:        |         |
| <b>Coordonnateurs</b> Lecturers                     | :                                                    | <b>Cours Lectures</b>             | :       |
|                                                     | 1 <sup>ère</sup> année 1 <sup>st</sup> year          | <b>T.D. Tutorials</b>             | :       |
| <b>Période</b> Year of study                        | : 2 <sup>ème</sup> année 2 <sup>nd</sup> year        | <b>T.P. Laboratory sessions</b>   | :       |
| <b>Semestre</b> Semester                            | : 1er semestre 1 <sup>st</sup> semester              | <b>Projet Project</b>             | : 12h30 |
|                                                     | : 3 <sup>ème</sup> semestre 3 <sup>rd</sup> semester | <b>Non encadré Homework</b>       | :       |
| <b>Evaluation</b> Assessment method(s)              | : Projet + QCM en ligne / project + online quiz      | <b>Horaire global Total hours</b> | : 12h30 |
| <b>Langue d'instruction</b> Language of instruction | : Français/ French                                   |                                   |         |
|                                                     | :                                                    |                                   |         |
| <b>Type de cours</b> Type of course                 | Electif                                              |                                   |         |
| <b>Niveau</b> Level of course                       | : Graduate                                           |                                   |         |

#### Compétences attendues :

- Développer sa créativité et sa capacité à innover
- Savoir communiquer et travailler avec des designers
- Connaitre les instruments à utiliser en fonction des phases et des objectifs à atteindre
- Conduire et animer un projet sur la base de la méthode Design Thinking

#### Pré-requis :

Aucun

#### Contenu:

Apports de la formation :

- Faciliter le processus d'innovation
- Obtenir des outils à la conduite du changement / d'amélioration des processus
- Faire émerger des solutions créatives et rentables à travers l'analyse des besoins pour concevoir un produit/service adapté

Le Design Thinking, c'est s'inspirer du mode de pensée des designers pour innover dans tous les domaines. Il impose une synthèse permanente entre les compétences analytiques des ingénieurs et des professionnels du marketing, et les compétences intuitives des créatifs.

La démarche du Design Thinking peut être résumée en trois étapes-clés :

- Identifier une problématique et comprendre son environnement
- Trouver le concept, l'idée qui permettra de la résoudre
- Concevoir la forme qui incarnera ce concept

Concrètement, le travail en mode Design Thinking s'organise autour de trois logiques :

- Une logique de co-création : une entreprise qui met le Design Thinking au cœur de son activité ne fait pas travailler ses départements de manière isolée, et instaure au contraire une logique « cross-département » favorisant l'intelligence collective.
- Une gymnastique intellectuelle alternant des phases d'intuition et d'analyse, dans une logique d'ouverture/fermeture.
- Une importance majeure accordée à l'étude de terrain qui offre une compréhension pleine et entière des expériences, contrairement aux classiques études quantitatives et qualitatives.

En adoptant et en intégrant le Design Thinking à la panoplie des ressources de management existantes, les entrepreneurs et managers augmentent la pertinence de leurs analyses par la prise en compte d'informations complémentaires générées par une approche propre au Design Thinking qui stimule à la fois la créativité et la rigueur dans la vérification des solutions retenues. Plus qu'un simple apport visuel, le design doit être compris comme une véritable source d'innovation : tout, de l'objet ou service lui-même au business model, peut être « designé ». A partir des années 2000, le Design Thinking est intégré à la culture et aux modèles de management des entreprises qui innoveront avec succès, indépendamment du secteur et du type d'offre.

#### Bibliographie :

101 repères pour innover, Véronique Hillen, 2014  
The Field Guide to Human-centered Design, IDEO, 2015  
Design thinking for educators, IDEO, 2012  
Designer's Workbook, IDEO, 2012  
Bootcamp bootleg, D. School of Stanford, 2010

#### Expected competencies:

- Developing creativity and a capacity to innovate
- Communicating and working with designers
- Using specific tools adapted to project phases and objectives
- Leading and managing a project using the Design Thinking approach

**Learning outcomes:**

- to facilitate the innovation process
- to master tools for change management / continuous process improvement
- to create profitable innovative solutions through needs analyses when devising an appropriate service/product.

The Design thinking approach can be summarized in 3 key steps:

- Defining the problem and understand its environment
- Finding the concept, the idea that will solve the problem
- Conceiving the form that materializes the concept

Design thinking is based on 3 notions:

- Collective intelligence: employees who work in a company that applies Design Thinking are encouraged to work together according to cross-functional collaboration.
- A mental gymnastics switching between intuitive and analysis phases.
- The importance of field study that offers a clear, comprehensive understanding of experiences, as opposed to conventional quantitative & qualitative studies.

Businesspersons and managers who adopt design thinking in their management increase the relevance of their analysis as the Design Thinking approach stimulates creativity and rigor when vetting selected solutions. Design thinking must be viewed as a provider of creativity and innovation, not only as visual input. Products or services as well as business models can be "Designed".

Design thinking was integrated into corporate business models in the early 2000's, and it allows enterprises to innovate with success.

**Prerequisites:** None

**Content:**

**Recommended reading:**

101 repères pour innover, Véronique Hillen, 2014  
 The Field Guide to Human-centered Design, IDEO, 2015  
 Design thinking for educators, IDEO, 2012  
 Designer's Workbook, IDEO, 2012  
 Bootcamp bootleg, Stanford D. School, 2010

| Développement durable<br>Sustainable development    |                                                                                                             |                                   |         |
|-----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|---------|
| Code cours Course code: DEV                         |                                                                                                             | Crédits ECTS ECTS Credits: 1      |         |
| <b>Coordonnateurs</b> Lecturers                     | : J-O Budin (extérieur <i>guest speaker</i> )                                                               | <b>Cours</b> Lectures             | : 12h30 |
| <b>Période</b> Year of study                        | : 1 <sup>ère</sup> année 1 <sup>st</sup> year<br>: 2 <sup>ème</sup> année 2 <sup>nd</sup> year              | <b>T.D.</b> Tutorials             | :       |
| <b>Semestre</b> Semester                            | : 1 <sup>er</sup> semestre 1 <sup>st</sup> semester<br>: 3 <sup>ème</sup> semestre 3 <sup>rd</sup> semester | <b>T.P.</b> Laboratory sessions   | :       |
| <b>Evaluation</b> Assessment method(s)              | : 1 examen 1 exam                                                                                           | <b>Projet</b> Project             | :       |
| <b>Langue d'instruction</b> Language of instruction | : Français French                                                                                           | <b>Non encadré</b> Homework       | :       |
| <b>Type de cours</b> Type of course                 | : Optionnel Elective                                                                                        | <b>Horaire global</b> Total hours | : 12h30 |
| <b>Niveau</b> Level of course                       | : n/a                                                                                                       |                                   |         |

**Compétences attendues :** Comprendre ce qu'est le développement durable, l'éco-innovation, le bilan de gaz à effet de serre.

**Pré-requis :** Aucun

**Contenu :**

Energie, effet de serre, mais aussi questions sociales et sociétales et de tout ce que nous mettons sous le vocable du Développement Durable, concernent la vie de l'entreprise du XXI<sup>ème</sup> siècle. L'entreprise n'est pas isolée ; elle est en interaction avec la société ; elle se doit de toujours savoir évoluer.

C'est d'environnement que nous parlerons mais c'est l'entreprise que nous observerons : aléa des cours des matières premières et des énergies, obligations réglementaires, pressions sociales, ou encore opportunités de nouveaux marchés et d'innovations, sont autant de sujets que l'ingénieur de l'entreprise du XXI<sup>ème</sup> siècle ne peut ignorer, quel que soit son champ d'activité.

A la fin de l'année 2015 a eu lieu la COP21, ou conférence sur le changement climatique, durant laquelle un accord international a été adopté à l'unanimité. Cet accord vise à limiter le réchauffement climatique à +2°C d'ici la fin de ce XXI<sup>ème</sup> siècle. C'est toute la société mondiale qui est concernée par cette démarche, dans toutes ses composantes : la société civile, politique et la sphère économique dont l'entreprise fait partie.

L'environnement et l'entreprise sont liés, intimement aujourd'hui, et encore plus demain pour une pérennité et une durabilité de l'activité économique. C'est ce regard que je vous propose au travers de ce cours électif. Un regard ouvert pour comprendre ce qu'est pour une entreprise le développement durable, l'éco-innovation, le bilan de gaz à effet de serre et comment les questions environnementales et sociétales sont vécues et prises en compte dans la vie de l'entreprise.

**Bibliographie :** Aucune



**Expected competencies:** Understand what sustainable development, eco-innovation or greenhouse gas balance is.

**Prerequisites:** None

**Content:**

Energy, greenhouse effect, but also social and societal issues and everything that we put under the term Sustainable Development, concern the life of the company of the 21st century. The company is not an isolated entity; it is interacting with society and must always know how to evolve and change.

The environmental question will be debated but it is the company that will be observed:

Hazards due to raw materials and energy consumption, regulatory requirements, social pressures, or new market opportunities and innovations are all the subjects that the engineer of the company of the 21st century cannot ignore, regardless of his/her tasks and responsibilities.

COP21, the conference on climate change, was held in Paris at the end of 2015, after which an international agreement was adopted unanimously. This agreement aims to limit global warming to + 2 ° C by the end of the 21st century. Society at the scale of the whole world is concerned by this approach, in all its components: the civil society, politics and the economic sphere of which the company is a part.

The environment and the company are closely intertwined today, and even more so tomorrow, for the sustainability of economic activities. It is this approach that is presented in this elective course, an open view to understand what a sustainable development, eco-innovation, greenhouse gas balance mean to an enterprise and how environmental and societal issues are viewed by a firm and tackled.

**Recommended reading:** None

| Gestion de conflits<br>Conflict management          |                                                                                                             |                                   |         |
|-----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|---------|
| Code cours Course code: GCF                         |                                                                                                             | Crédits ECTS ECTS Credits: 1      |         |
| <b>Coordonnateurs Lecturers</b>                     | Gilles Baube                                                                                                | <b>Cours Lectures</b>             | : 12h30 |
| <b>Période Year of study</b>                        | : 1 <sup>ère</sup> année 1 <sup>st</sup> year<br>: 2 <sup>ème</sup> année 2 <sup>nd</sup> year              | <b>T.D. Tutorials</b>             | :       |
| <b>Semestre Semester</b>                            | : 1 <sup>er</sup> semestre 1 <sup>st</sup> semester<br>: 3 <sup>ème</sup> semestre 3 <sup>rd</sup> semester | <b>T.P. Laboratory sessions</b>   | :       |
| <b>Evaluation Assessment method(s)</b>              | :                                                                                                           | <b>Projet Project</b>             | :       |
| <b>Langue d'instruction Language of instruction</b> | : Français French                                                                                           | <b>Non encadré Homework</b>       | :       |
| <b>Type de cours Type of course</b>                 | : Optionnel Elective                                                                                        | <b>Horaire global Total hours</b> | : 12h30 |
| <b>Niveau Level of course</b>                       | : n/a                                                                                                       |                                   |         |

#### Compétences attendues :

- Connaître le conflit dans son mécanisme et ses conséquences
- découvrir les bases de la communication pour prévenir et/ou résoudre les conflits
- Découvrir les bases de la négociation raisonnée pour résoudre les conflits

#### Pré-requis :

#### Contenu :

Ce cours propose d'appréhender la notion de conflit et de comprendre comment le prévenir et le réguler. Les conflits sont inévitables ; ils sont la marque des relations humaines, faite de collaboration mais aussi de concurrence. Ils peuvent être fréquents ou durables dans la vie professionnelle d'un ingénieur, et de ce fait ont un impact fort tant sur les personnes que sur le fonctionnement même des entreprises.

Comment faire pour qu'un conflit ne dégénère pas, et qu'il devienne au contraire source de changement, d'évolution, d'opportunité ?

Comment prévenir les conflits et les dégâts qu'ils peuvent causer dans l'entreprise ?

- Connaître le conflit ; notions, définitions, enjeux (dans le monde du travail)
- découvrir les modes de résolution de conflits
- prévenir les conflits ; communiquer mieux, connaître l'autre et ses enjeux
- gérer les conflits ; techniques & pratiques de négociation
- envisager des situations professionnelles délicates
  - Interagir avec un manager à la personnalité difficile
  - Dialoguer avec une personne très à cheval sur les règles
  - Régler un différend de travail avec un collègue ou partenaire sur un projet
  - Appréhender un conflit avec un client

#### Bibliographie :

#### Expected competencies:

- To know the conflict in its mechanism and its consequences
- discover the basics of communication to prevent and/or resolve conflicts
- Discover the basics of interest-based negotiation to resolve conflicts

#### Prerequisites:

#### Content:

This course proposes to understand the notion of conflict and how to prevent and regulate it. Conflicts are inevitable; they are the hallmark of human relations, made of collaboration but also of competition. They can be frequent or long-lasting in the professional life of an engineer, and as a result have a strong impact both on people and on the organisation of companies.

How can we ensure that a conflict does not escalate, but instead becomes a source of change, evolution and opportunity?

How to prevent conflicts and the damage they can cause in the company?

- Knowing the conflict; concepts, definitions, issues (in the world of work)
- discover conflict resolution methods
- prevent conflicts; communicate better, get to know others and their issues
- conflict management; negotiation techniques & practices
- consider sensitive professional situations



- Interact with a manager with a difficult personality
- Interact with a person who is very strict about the rules
- Resolve a labour-related dispute with a colleague or partner on a project
- Apprehend a conflict with a client

**Recommended reading:** None

| <b>Histoire des sciences</b><br><b>History of Science</b>  |                                                                                                                         |                                                   |         |
|------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|---------|
| <b>Code cours</b> <i>Course code:</i> <b>HDS</b>           |                                                                                                                         | <b>Crédits ECTS</b> <i>ECTS Credits:</i> <b>1</b> |         |
| <b>Coordonnateurs</b> <i>Lecturers</i>                     | : P. Remaud (Intervenant Extérieur <i>guest speaker</i> )                                                               | <b>Cours</b> <i>Lectures</i>                      | : 12h30 |
| <b>Période</b> <i>Year of study</i>                        | : 1 <sup>ère</sup> année <i>1<sup>st</sup> year</i><br>: 2 <sup>ème</sup> année <i>2<sup>nd</sup> year</i>              | <b>T.D.</b> <i>Tutorials</i>                      | :       |
| <b>Semestre</b> <i>Semester</i>                            | : 1 <sup>er</sup> semestre <i>1<sup>st</sup> semester</i><br>: 3 <sup>ème</sup> semestre <i>3<sup>rd</sup> semester</i> | <b>T.P.</b> <i>Laboratory sessions</i>            | :       |
| <b>Evaluation</b> <i>Assessment method(s)</i>              | : 1 examen <i>1 exam</i>                                                                                                | <b>Projet</b> <i>Project</i>                      | :       |
| <b>Langue d'instruction</b> <i>Language of instruction</i> | : Français <i>French</i>                                                                                                | <b>Non encadré</b> <i>Homework</i>                | :       |
| <b>Type de cours</b> <i>Type of course</i>                 | : Optionnel <i>Elective</i>                                                                                             | <b>Horaire global</b> <i>Total hours</i>          | : 12h30 |
| <b>Niveau</b> <i>Level of course</i>                       | : n/a                                                                                                                   |                                                   |         |

**Compétences attendues :** acquérir une culture historique des sciences

**Pré-requis :** Aucun

**Contenu :**

#### **Séance 1 : Invitation à l'histoire, la philosophie et l'épistémologie des sciences**

- Présentation
- Qu'est-ce que l'histoire des sciences ?
- Qu'est-ce que la philosophie et l'épistémologie des sciences ?
- Les grands moments en histoire des sciences
- L'émergence des premières institutions scientifiques ... et des scientifiques

#### **Séance 2 : Histoire de la révolution scientifique du XVII<sup>e</sup> siècle**

- Présentation
- Les premières traces d'une conception d'un modèle de l'Univers
- Le miracle grec: Aristote, Ptolémée
- La révolution copernicienne : du géocentrisme à l'héliocentrisme
- Les trois lois de Kepler : la première étape vers une compréhension de la mécanique céleste
- La mécanique galiléenne
- La synthèse des lois de Kepler et de la mécanique galiléenne : la mécanique newtonienne ou classique

#### **Séance 3 : Aux origines de la thermodynamique : Sadi Carnot**

- Les grandes étapes du développement de la thermodynamique
- La chaleur, la température et les gaz
- L'existence du vide et de la pression atmosphérique
- L'évolution de la machine à feu... puis de la machine à vapeur
- Sadi Carnot invente la thermodynamique

#### **Séance 4 : Albert Einstein et les révolutions relativistes et quantiques**

- La vie d'un homme... exceptionnel : Albert Einstein (1879-1955)
- La crise de la physique à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle et au début du XX<sup>e</sup> siècle
- Les quatre articles d'Albert Einstein publiés en juin 1905
- L'effet photoélectrique et la quantification de la lumière
- La relativité restreinte
- La relativité générale (ou la théorie de la gravitation en 1915)
- Les confirmations de la théorie de la relativité générale en 1915 et en 1919
- Albert Einstein et la bombe atomique

#### **Séance 5 : Histoire du Big Bang**

- Présentation
- Des siècles d'observations et de théories... pour aboutir à la théorie du Big Bang
- Les différentes étapes du développement de l'univers
- Quels arguments scientifiques corroborent l'hypothèse scientifique de l'expansion de l'univers
- Quelques questions pour finir



## Bibliographie :

Pascal Acot, *L'histoire des sciences*, Paris, PUF, Collection 'Que sais-je ?' n° 3495, 1999  
Colin Ronan, *Histoire mondiale des sciences*, Editions du Seuil, Points Sciences, 1988 (1<sup>ère</sup> éd. 1983)  
Dominique Lecourt, *Dictionnaire d'histoire et de philosophie des sciences*, (dir.) PUF, 1999  
Michel Serres (dir.), *Eléments d'histoire des sciences*, Paris, Bordas, 1989 (réimp. : 1991, 1994)  
Joseph Needham, *La science chinoise et l'Occident*, trad. Franç., Paris, Editions du Seuil, 1977  
Roshdi Rached, *Histoire des sciences arabes*, Paris, Editions du Seuil, 1997



**Expected competencies:** acquire a scientific culture

**Prerequisites:** None

**Content:**

### Session 1: Introduction to history, philosophy and epistemology of science

- Introduction
- What is the history of science?
- What are the philosophy and epistemology of science?
- The important steps in the history of science
- The emergence of the first scientific institutions...and of scientists

### Session 2: History of the scientific revolution in the 17<sup>th</sup> century

- Introduction
- The first steps of a model conception of the Universe
- The Greek miracle: Aristotle, Ptolemy
- The Copernican revolution: from geocentrism to heliocentrism
- Kepler's three laws: the first step toward the understanding of celestial mechanics
- Galilean mechanics
- The synthesis of Kepler's law and Galilean mechanics: the Newtonian or classical mechanics

### Session 3: Origins of thermodynamics: Sadi Carnot

- The important steps in the development of thermodynamics
- Heat, temperature and gases
- The existence of emptiness and atmospheric pressure
- The evolution of fire machine... into steam machine
- Sadi Carnot creates thermodynamics

### Session 4: Albert Einstein and the relativistic and quantum revolutions

- The life of an exceptional man: Albert Einstein (1879-1955)
- The physics crisis at the end of the 19<sup>th</sup> century and at the beginning of the 20<sup>th</sup> century
- The four articles from Albert Einstein published in June 1905
- The photoelectric effect and the quantification of light
- The special relativity
- General relativity (or the gravitation theory in 1915)
- The confirmations of the general relativity theory in 1915 and 1919
- Albert Einstein and the atomic bomb

### Session 5: History of the Big Bang

- Introduction
- Centuries of observation and theories... to lead to the Big Bang theory
- The different steps of the development of the universe
- What kind of scientific arguments confirm the scientific hypothesis on the Universe's expansion?
- Some questions to conclude

### Recommended reading:

Pascal Acot, *L'histoire des sciences*, Paris, PUF, Collection 'Que sais-je ?' n° 3495, 1999  
Colin Ronan, *Histoire mondiale des sciences*, Editions du Seuil, Points Sciences, 1988 (1<sup>ère</sup> éd. 1983)  
Dominique Lecourt, *Dictionnaire d'histoire et de philosophie des sciences*, (dir.) PUF, 1999  
Michel Serres (dir.), *Eléments d'histoire des sciences*, Paris, Bordas, 1989 (réimp.: 1991, 1994)  
Joseph Needham, *La science chinoise et l'Occident*, trad. Franç., Paris, Editions du Seuil, 1977  
Roshdi Rached, *Histoire des sciences arabes*, Paris, Editions du Seuil, 1997

**Initiation à la vie associative**  
**Initiation to community life**

| <b>Code cours</b> <i>Course code: IVA</i>                  |                                                                                                                         | <b>Crédits ECTS</b> <i>ECTS Credits: 1</i> |         |
|------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|---------|
| <b>Coordonneurs</b> <i>Lecturers</i>                       | : S. Choisy (Pôle Entrepreneuriat Pépite LPC)<br>(extérieur <i>guest speaker</i> )                                      | <b>Cours</b> <i>Lectures</i>               | : 12h30 |
| <b>Période</b> <i>Year of study</i>                        | : 1 <sup>ère</sup> année <i>1<sup>st</sup> year</i><br>: 2 <sup>ème</sup> année <i>2<sup>nd</sup> year</i>              | <b>T.D.</b> <i>Tutorials</i>               | :       |
| <b>Semestre</b> <i>Semester</i>                            | : 1 <sup>er</sup> semestre <i>1<sup>st</sup> semester</i><br>: 3 <sup>ème</sup> semestre <i>3<sup>rd</sup> semester</i> | <b>T.P.</b> <i>Laboratory sessions</i>     | :       |
| <b>Evaluation</b> <i>Assessment method(s)</i>              | : 1 examen <i>1 exam</i>                                                                                                | <b>Projet</b> <i>Project</i>               | :       |
| <b>Langue d’instruction</b> <i>Language of instruction</i> | : Français <i>French</i>                                                                                                | <b>Non encadré</b> <i>Homework</i>         | :       |
| <b>Type de cours</b> <i>Type of course</i>                 | : Electif <i>Elective</i>                                                                                               | <b>Horaire global</b> <i>Total hours</i>   | : 12h30 |
| <b>Niveau</b> <i>Level of course</i>                       | : n/a                                                                                                                   |                                            |         |

**Compétences attendues :** Mieux appréhender les connaissances de base nécessaires à la création et à l’animation d’une association.

**Pré-requis :** Aucun

**Contenu :**

- L’environnement économique des associations, mieux connaître le phénomène associatif dans ses généralités
- Personnalité morale
- Les responsabilités des élus
- Les modes de gouvernances, les règles internes du fonctionnement
- La rédaction, la lecture des statuts
- Les formalités obligatoires à la création puis lors de l’exploitation de l’association
- La recherche de financement et les stratégies de levées de fonds

**Bibliographie :** Aucune

**Expected competencies:** Gaining a better understanding of the rules that govern the creation and animation of an association.

**Prerequisites:** None

**Content:**

- The economic environment of associations, getting familiar with the extent of volunteering
- Legal person
- The accountability of elected representatives
- The modes of governance, the internal rules that govern operations
- Statute writing and reading
- The required procedures for the creation and then during the association’s operation
- The search for funding and fundraising strategies

**Recommended reading:** None

**La recherche dans l'industrie**  
**Research in Industry**

| <b>Code cours</b> <i>Course code: LRI</i>                  |                                                                                                                                            | <b>Crédits ECTS</b> <i>ECTS Credits: 1</i>       |
|------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| <b>Coordonnateurs</b> <i>Lecturers</i>                     | : G. Laruelle (ancien président Pôle de Compétitivité / former head of technology cluster) (Intervenant Extérieur / <i>Guest speaker</i> ) | <b>Cours</b> <i>Lectures</i> : 12h30             |
| <b>Période</b> <i>Year of study</i>                        |                                                                                                                                            | <b>T.D.</b> <i>Tutorials</i> :                   |
|                                                            |                                                                                                                                            | <b>T.P.</b> <i>Laboratory sessions</i> :         |
| <b>Semestre</b> <i>Semester</i>                            | : 1 <sup>ère</sup> année <i>1<sup>st</sup> year</i><br>: 2 <sup>ème</sup> année <i>2<sup>nd</sup> year</i>                                 | <b>Projet</b> <i>Project</i> :                   |
|                                                            |                                                                                                                                            | <b>Non encadré</b> <i>Homework</i> :             |
| <b>Evaluation</b> <i>Assessment method(s)</i>              | : 1 <sup>er</sup> semestre <i>1<sup>st</sup> semester</i><br>: 3 <sup>ème</sup> semestre <i>3<sup>rd</sup> semester</i>                    | <b>Horaire global</b> <i>Total hours</i> : 12h30 |
| <b>Langue d'instruction</b> <i>Language of instruction</i> |                                                                                                                                            |                                                  |
|                                                            | : 1 examen <i>1 exam</i>                                                                                                                   |                                                  |
| <b>Type de cours</b> <i>Type of course</i>                 |                                                                                                                                            |                                                  |
|                                                            | : Français <i>French</i>                                                                                                                   |                                                  |
| <b>Niveau</b> <i>Level of course</i>                       |                                                                                                                                            |                                                  |
|                                                            | : Electif <i>Elective</i>                                                                                                                  |                                                  |
|                                                            | : n/a                                                                                                                                      |                                                  |

**Compétences attendues :** Synthétiser l'expérience acquise et acquérir l'expérience du Management de la Recherche au sein de l'entreprise.

**Pré-requis :** Aucun

**Contenu :** Montrer que les démarches employées constituent la vie quotidienne d'une grande majorité d'ingénieurs (notamment des jeunes).

- Les objectifs & définitions de la recherche
- La recherche au sein des entreprises industrielles
- Le programme de recherche
- Les outils informatiques
- Les acteurs de la recherche, au sein et à l'extérieur de l'entreprise
- L'environnement de la recherche
- Le travail de recherche / d'ingénieur
- Recherche et Ethique

**Bibliographie :** Aucune



**Expected competencies:** acquiring an understanding of the management of research, based on hand-on expert experience.

**Prerequisites:** None

**Content:**

- Goals & Definitions of Research
- Research in industrial firms
- The research program
- The software tools
- The actors of research, within and outside the company
- The research environment
- The research / engineering work
- Research and Ethics

**Recommended reading:** None

**Marketing et Etudes de Marchés**  
**Marketing and Market studies**

| <b>Code cours</b> <i>Course code: MAR</i>                  |                                                                         | <b>Crédits ECTS</b> <i>ECTS Credits: 1</i> |         |
|------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|---------|
| <b>Département</b> <i>Department</i>                       | : Pôle SHS                                                              | <b>Cours</b> <i>Lectures</i>               | : 12h30 |
| <b>Coordonnateurs</b> <i>Lecturers</i>                     | : Chantal Milhade ( IAE Poitiers)<br>(exterieur, <i>guest speaker</i> ) | <b>T.D.</b> <i>Tutorials</i>               | :       |
| <b>Période</b> <i>Year of study</i>                        | : 1e année <i>1st year</i>                                              | <b>T.P.</b> <i>Laboratory sessions</i>     | :       |
| <b>Semestre</b> <i>Semester</i>                            | : Semestres 1& 3 <i>Semesters 1 &amp; 3</i>                             | <b>Projet</b> <i>Project</i>               | :       |
| <b>Evaluation</b> <i>Assessment method(s)</i>              |                                                                         | <b>Non encadré</b> <i>Homework</i>         | :       |
| <b>Langue d’instruction</b> <i>Language of instruction</i> | : français <i>French</i>                                                | <b>Horaire global</b> <i>Total hours</i>   | :12h30  |
| <b>Type de cours</b> <i>Type of course</i>                 | : électif <i>elective</i>                                               |                                            |         |
| <b>Niveau</b> <i>Level of course</i>                       | : <i>undergraduate</i>                                                  |                                            |         |

**Compétences attendues :**

Connaître les spécificités du marketing b to b (marketing industriel) et son impact dans la vie de l’entreprise.

**Pré-requis :**

Aucun

**Contenu :**

Présentation des concepts fondamentaux du marketing et d’une méthodologie de mise en œuvre d’une stratégie marketing.

Le cours est illustré d’exemples concrets d’entreprises, tant PME que grandes entreprises. L’enseignement comprend des études de cas à mener en petits groupes.

**Bibliographie :**

Aucune




---

**Expected competencies:**

*Understanding the specificities of industrial marketing (B2B) and getting to know how it impacts an enterprise.*

**Prerequisites:**

*None*

**Content:**

*Introduction to the main concepts of marketing and to an approach for implementing a marketing strategy.*

*Real life examples are presented, concerning both SMEs and large corporations. Case studies are conducted by students, in small groups.*

**Recommended reading:**

*None*

| Gestion de production<br>Production management      |                                                                                                |                                   |         |
|-----------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|---------|
| Code cours Course code: GDP                         |                                                                                                | Crédits ECTS ECTS Credits: 1      |         |
| <b>Coordonnateurs</b> Lecturers                     | : X. Goux (Extérieur Guest speaker)                                                            | <b>Cours</b> Lectures             | : 12h30 |
| <b>Période</b> Year of study                        | : 1 <sup>ère</sup> année 1 <sup>st</sup> year<br>: 2 <sup>ème</sup> année 2 <sup>nd</sup> year | <b>T.D.</b> Tutorials             | :       |
| <b>Semestre</b> Semester                            | : 1er semestre 1st semester<br>: 3 <sup>ème</sup> semestre 3rd semester                        | <b>T.P.</b> Laboratory sessions   | :       |
| <b>Evaluation</b> Assessment method(s)              | : 1 examen 1 exam                                                                              | <b>Projet</b> Project             | :       |
| <b>Langue d’instruction</b> Language of instruction | : Français French                                                                              | <b>Non encadré</b> Homework       | :       |
| <b>Type de cours</b> Type of course                 | : Electif Elective                                                                             | <b>Horaire global</b> Total hours | : 12h30 |
| <b>Niveau</b> Level of course                       | : n/a                                                                                          |                                   |         |

**Compétences attendues :** Connaître les principales fonctions de l’entreprise et acquérir les bases de la Gestion de production.

**Pré-requis :** Aucun.

#### Contenu :

Les fonctions qu’un ingénieur peut remplir dans l’entreprise sont nombreuses et les missions confiées très diverses ; elles dépendent du type d’entreprise, de son organisation, de son contexte, des priorités du moment.

Ce cours mettra en évidence la diversité des fonctions de l’entreprise, les convergences et les contradictions entre celles-ci, et la nécessité de préciser l’organisation (le « qui fait quoi »), d’assurer la cohérence des actions et décisions, de partager l’information

Puis, il présentera les notions fondamentales de la Gestion de Production, l’importance des prévisions industrielles et commerciales, les différentes méthodes de pilotage des flux en usine.

**Bibliographie :** Aucune.



**Expected competencies:** Knowledge of the diverse functions within an enterprise and fundamentals of production management.

**Prerequisites:** None.

#### Content:

Multiple tasks and various assignments can be given to an engineer: this depends on the type of company, the organization, the context and priorities.

This course will emphasize the diversity of functions found within a company, their convergence and contradictions, the need for detailing how the organization operates (“who does what”), the monitoring of the coherence between actions and decisions and the sharing of information.

Basic concepts will be introduced: production management, industrial and sales forecasts, the different methods in regard to management of flows in a plant, the implementation of progress report tools.

**Recommended reading:** None.

**Sciences humaines économiques et sociales**  
*Human economic and social science*  
**EN COURS DE MISE A JOUR / TO BE UPDATED**  
**Cours électifs - semestres 2 et 4**  
*Elective courses – Semesters 2 and 4*

| Intitulé des cours                              | Courses title                                            | Codes | Heures<br>Hours | Crédits ECTS<br>ECTS Credits | Page |
|-------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|-------|-----------------|------------------------------|------|
| Création d'entreprises                          | <i>Business creation</i>                                 | CRE5  | 12h30           | 1                            | 94   |
| Développement durable et responsabilité sociale | <i>Sustainable development and social responsibility</i> | DRS   | 12h30           | 1                            | 96   |
| Financements et gestion de l'entreprise         | <i>Business Administration</i>                           | GDE   | 12h30           | 1                            | 97   |
| Histoire de l'Architecture                      | <i>History of Architecture</i>                           | ARC   | 12h30           | 1                            | 99   |
| Histoire de l'Espace                            | <i>History of Space</i>                                  | HES   | 12h30           | 1                            | 101  |
| Lean Manufacturing                              | <i>Lean Manufacturing</i>                                | LMA   | 12h30           | 1                            | 102  |

**Cours électifs systèmes – semestre 4**  
*Elective course Systems Design– Semester 4*

| Intitulé des cours                                                           | Courses title                                                                  | Codes | Heures<br>Hours | Crédits ECTS<br>ECTS Credits | Page |
|------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|-------|-----------------|------------------------------|------|
| Approche Système de l'Automobile                                             | <i>Automotive System Approach</i>                                              | ASA   | 12h30           | 1                            | 103  |
| Conception Avion                                                             | <i>Aircraft design</i>                                                         | CAV   | 12h30           | 1                            | 104  |
| Conception des drones                                                        | <i>Unmanned Aircraft Design</i>                                                | COD   | 12h30           | 1                            | 105  |
| Conception des Missiles                                                      | <i>Missile Design</i>                                                          | CMI   | 12h30           | 1                            | 106  |
| Conception des systèmes de transports spatiaux, lanceurs et fusées porteuses | <i>Design of space transportation systems, launchers and launching rockets</i> | STS   | 12h30           | 1                            | 107  |
| Hélicoptères                                                                 | <i>Helicopters</i>                                                             | HEL   | 12h30           | 1                            | 108  |
| Moteur Avion                                                                 | <i>Aircraft Engine</i>                                                         | STS   | 12h30           | 1                            | 110  |
| Conception des satellites                                                    | <i>Satellite Design</i>                                                        | CSA   | 12h30           | 1                            | 112  |
| Système d'Air en Aéronautique                                                | <i>Air system in Aeronautics</i>                                               | SAA5  | 12h30           | 1                            | 114  |
| Ingénierie des Systèmes                                                      | <i>Systems Engineering</i>                                                     | ISY   | 12h30           | 1                            | 115  |

**Etudiants internationaux en programme d'échange :**

Les cours électifs sont donnés en 4 sessions distinctes (2 jours par session sur des dates différentes). Ainsi, certains cours ont lieu au même moment. L'inscription aux cours électifs s'effectue uniquement au mois de décembre. Au moment de la candidature en ligne (pièce à télécharger), il est recommandé d'inscrire uniquement la mention suivante sur le learning agreement:

- Cours électif 1
- Cours électif 2
- Cours électif 3
- Cours électif 4

Pour le transfert des crédits ECTS, la mise à jour du contrat d'études (code et intitulé du cours) s'effectue après l'inscription à ces cours électifs.

**International exchange students :**

*Elective courses are given in 4 distinct sessions (2 days per session on different dates). Thus, some courses take place at the same time. Registration for elective courses is only possible in December. When applying online, it is recommended to write only the following statement on the learning agreement:*

- Elective course 1
- Elective course 2
- Elective course 3
- Elective course 4

*For the transfer of ECTS credits, the update of the learning agreement (code and course title) is done after registration in these elective courses.*

| Création d'entreprises<br>Business creation         |                                                      |                                   |         |
|-----------------------------------------------------|------------------------------------------------------|-----------------------------------|---------|
| Code cours Course code: CRE5                        |                                                      | Crédits ECTS ECTS Credits: 1      |         |
| <b>Coordonnateurs</b> Lecturers                     | : M. Petitgenet (extérieur guest speaker)            | <b>Cours</b> Lectures             | : 12h30 |
| <b>Période</b> Year of study                        | : 1 <sup>ère</sup> année 1 <sup>st</sup> year        | <b>T.D.</b> Tutorials             | :       |
|                                                     | : 2 <sup>ème</sup> année 2 <sup>nd</sup> year        | <b>T.P.</b> Laboratory sessions   | :       |
| <b>Semestre</b> Semester                            | : 2 <sup>ème</sup> semestre 2 <sup>nd</sup> semester | <b>Projet</b> Project             | :       |
|                                                     | : 4 <sup>ème</sup> semestre 4 <sup>th</sup> semester | <b>Non encadré</b> Homework       | :       |
| <b>Evaluation</b> Assessment method(s)              |                                                      | <b>Horaire global</b> Total hours | : 12h30 |
| <b>Langue d'instruction</b> Language of instruction | : 1 examen 1 exam                                    |                                   |         |
| <b>Type de cours</b> Type of course                 |                                                      |                                   |         |
|                                                     | : Français French                                    |                                   |         |
| <b>Niveau</b> Level of course                       |                                                      |                                   |         |
|                                                     | : Electif Elective                                   |                                   |         |
|                                                     | : Graduate                                           |                                   |         |

**Compétences attendues :** Connaître le parcours du créateur d'entreprise et avoir les outils pour partir du bon pied.

**Pré-requis :** aucun.

#### Contenu :

##### I) L'idée (1h)

- 1) Vérifier l'innovation
- 2) La protéger
- 3) Tester son idée

##### II) Le projet (1h)

- 1) L'équipe
- 2) Les conseils (juridique, expert comptable)

##### III) L'étude de marché (1h)

- 1) La faire seul ou se faire aider ?
- 2) Que chercher
- 3) Comment la réaliser

##### IV) Le Plan d'Affaire (3h15)

- 1) Par où commencer
- 2) Le rédactionnel
- 3) Le prévisionnel
- 4) BFR
- 5) Le compte de résultat
- 6) Plan de trésorerie
- 7) Plan de financement
- 8) Point mort

##### V) Le financement (3h15)

- 1) Le financement en fonds propres
- 2) Love Money
- 3) Business Angel
- 4) FIP
- 5) Capital Risque
- 6) Capital Développement/ Venture Capitalist
- 7) Les aides publiques et étatiques
  - a) Le CIR
  - b) Le statut de JEI / JEU
- 8) Oséo
- 9) Le partenaire bancaire

##### VI) Quel statut ? (1h)

##### VII) Formalités et coûts (0h30)

##### VIII) Organisation au quotidien (0h30)

## **IX) Management au quotidien (1h)**

**Bibliographie :** Aucune.

**Expected competencies:** Know the career of the creator and have the tools for a good start.

**Prerequisites:** None.

**Content:**

1. The idea
  - Checking the reality of innovation
  - Protecting it
  - Testing it
2. The project
  - The team
  - Advice (legal advisor, chartered accountants)
3. The market survey
  - Performing the market survey alone or by getting some help?
  - What to look for?
  - How to do it?
4. The Business Plan
  - Where should I begin?
  - Drafting it
  - Budget estimates
  - WCR (working capital requirement)
  - The income statement
  - Cash-flow forecast
  - Funding plan
  - Break-even point
5. The investment
  - Shareholder's equity investment
  - Love Money
  - Business Angel
  - FIP (local investment)
  - Venture Capital
  - Capital expansion/ Venture Capitalist
  - Public funds and government support (R&D tax credit, gazelle companies)
  - Oséo (support fund)
  - The banking partner
6. Which statute?
7. Procedures and costs
8. Daily organization
9. Daily management

**Recommended reading:** None.



**Développement durable et responsabilité sociale**  
**Sustainable development and social responsibility**

| <b>Code cours</b> <i>Course code: DRS</i>                  |                                                                                                                          | <b>Crédits ECTS</b> <i>ECTS Credits: 1</i> |         |
|------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|---------|
| <b>Coordonnateurs</b> <i>Lecturers</i>                     | : M. Marrone, consultant (extérieur <i>guest speaker</i> )                                                               | <b>Cours</b> <i>Lectures</i>               | : 12h30 |
| <b>Période</b> <i>Year of study</i>                        | : 1 <sup>ère</sup> année <i>1<sup>st</sup> year</i><br>: 2 <sup>ème</sup> année <i>2<sup>nd</sup> year</i>               | <b>T.D.</b> <i>Tutorials</i>               | :       |
| <b>Semestre</b> <i>Semester</i>                            | : 2 <sup>ème</sup> semestre <i>2<sup>nd</sup> semester</i><br>: 4 <sup>ème</sup> semestre <i>4<sup>th</sup> semester</i> | <b>T.P.</b> <i>Laboratory sessions</i>     | :       |
| <b>Evaluation</b> <i>Assessment method(s)</i>              | : 1 examen <i>1 exam</i>                                                                                                 | <b>Projet</b> <i>Project</i>               | :       |
| <b>Langue d'instruction</b> <i>Language of instruction</i> | : Français <i>French</i>                                                                                                 | <b>Non encadré</b> <i>Homework</i>         | :       |
| <b>Type de cours</b> <i>Type of course</i>                 | : Electif <i>Elective</i>                                                                                                | <b>Horaire global</b> <i>Total hours</i>   | : 12h30 |
| <b>Niveau</b> <i>Level of course</i>                       | : n/a                                                                                                                    |                                            |         |

**Compétences attendues :** Avoir une nouvelle approche du management, le management durable et responsable, afin de faciliter les futures missions d'encadrement, dans un contexte qui exige de concilier performance économique et engagement éthique dans le domaine social et environnemental.

**Pré-requis :** Aucun

**Contenu :**

1. Comprendre la spécificité de la démarche « Développement Durable et de Responsabilité Sociale des Entreprises » (RSE) pour un management innovant des organisations.
2. Acquérir les outils et les méthodes adaptés pour la mise en place effective de ce nouveau concept managérial dans les entreprises. Norme ISO 26000.
3. Réaliser une analyse critique à partir d'une étude de cas.

**Bibliographie :** Aucune.



**Expected competencies:** Mastering a new approach of management, sustainable and responsible management, to facilitate future supervisory duties, in a context that requires to combine economic performance and ethics in the social and environmental domains.

**Prerequisites:** none

**Content:**

1. Understanding the specificity of the "Sustainability and Corporate Social Responsibility" (CSR) approach for an innovative management of organizations.
2. Acquiring the tools and methods adapted to the actual implementation of this new concept of management in corporations. The ISO26000 quality standard.
3. Conducting a critical analysis based on a case study.

**Recommended reading:** None.

**Financements et gestion de l'entreprise**  
**Business Administration**

| <b>Code cours</b> <i>Course code:</i>                      |                                                  | <b>Crédits ECTS</b> <i>ECTS Credits:</i>  |
|------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| <b>Département</b> <i>Department</i>                       | : FGH (pôle SHS)                                 | <b>Cours Lectures</b> : 12h30             |
| <b>Coordonnateurs</b> <i>Lecturers</i>                     | : T. Cuenoud, extérieur ( <i>guest speaker</i> ) | <b>T.D. Tutorials</b> :                   |
|                                                            | : 1e année / <i>1st year</i>                     | <b>T.P. Laboratory sessions</b> :         |
| <b>Période</b> <i>Year of study</i>                        | 2e année / <i>2nd year</i>                       | <b>Projet Project</b> :                   |
|                                                            | : 2e semestre / <i>2nd semester</i>              | <b>Non encadré Homework</b> :             |
| <b>Semestre</b> <i>Semester</i>                            | 4e semestre / <i>4th semester</i>                | <b>Horaire global Total hours</b> : 12h30 |
|                                                            | : 1 examen écrit / <i>1 written examination</i>  |                                           |
| <b>Evaluation</b> <i>Assessment method(s)</i>              | : français / <i>French</i>                       |                                           |
| <b>Langue d'instruction</b> <i>Language of instruction</i> | : Electif / <i>elective</i>                      |                                           |
| <b>Type de cours</b> <i>Type of course</i>                 | : n/a                                            |                                           |
| <b>Niveau</b> <i>Level of course</i>                       |                                                  |                                           |

**Compétences attendues :**

- Mettre en œuvre l'analyse comptable en Emplois/ressources sur des opérations simples ;
- Connaître la structure générale et les principales rubriques des documents de synthèse (bilan et compte de résultat) ;
- Elaborer un diagnostic simple de la situation financière d'une entreprise à partir de ses documents comptables (analyse de l'activité, de sa capacité à générer du profit, mise en évidence de l'équilibre ou du déséquilibre de la structure financière) ;
- Calculer un coût complet dans des cas simples et mettre en évidence le seuil de rentabilité d'une activité.

**Pré-requis : Aucun**

**Contenu : Initiation sur les thématiques suivantes :**

- Les fondements du système d'information comptable
- L'enregistrement des opérations
- Les documents intervenant dans le processus
- Présentation et contenu du compte de résultat et du bilan
- Diagnostic de l'activité à travers le compte de résultat
- Diagnostic de la structure financière à travers le bilan
- La notion de coût
- Les différentes catégories de charges
- Le compte de résultat différentiel et le seuil de rentabilité
- Le calcul des coûts complets

**Bibliographie :**

- Comptabilité générale (2011) Béatrice Grandguillot, Francis Grandguillot, Editions : Gualino, Collection : Les Zoom's
- Mini Manuel de Comptabilité de gestion (juillet 2013) de Bernard Augé, Gérald Naro et Alexandre Vernhet DUNOD
- L'analyse financière de l'entreprise (novembre 2008) Bernard COLASSE – La Découverte Collection Repères

**Expected competencies:**

- To perform an accounting analysis in terms of jobs vs resources available, for simple cases.
- To understand the overall framework and the main headers of major financial statements (balance sheets and income statements);
- To perform an elementary diagnosis of the financial position of an enterprise, based on its accounting records (analyzing the activity, the capacity to generate profit, evidencing the stability or imbalance of the financial structure).;
- To calculate full costs in simple cases and discuss the break-even point for a given activity.

**Prerequisites:** none

**Content:** fundamentals on the following subjects:

- The underlying principles of the financial reporting system
- The recording of operations
- The documents used in the process

- The presentation and contents of the balance sheet and income statement
- Diagnosing the activity through an income statement
- Diagnosing the financial structure based on a balance sheet
- The cost concept
- The various classes of financial expenses
- The incremental income statement and the break-even point
- The calculation of full costs

**Recommended reading:**

- Comptabilité générale (2011) Béatrice Grandguillot, Francis Grandguillot, Editions : Gualino, Collection : Les Zoom's
- Mini Manuel de Comptabilité de gestion (juillet 2013) de Bernard Augé, Gérald Naro et Alexandre Vernhet DUNOD
- L'analyse financière de l'entreprise (novembre 2008) Bernard COLASSE – La Découverte Collection Repères

## Histoire de l'Architecture History of Architecture

| Code cours Course code: ARC                         |                                                                                                              | Crédits ECTS ECTS Credits: 1      |         |
|-----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|---------|
| <b>Coordonnateurs</b> Lecturers                     | : G. Ragot, U. Bordeaux/Montaigne<br>(extérieurs guest speakers)                                             | <b>Cours</b> Lectures             | : 12h30 |
| <b>Période</b> Year of study                        | : 1 <sup>ère</sup> année 1 <sup>st</sup> year<br>: 2 <sup>ème</sup> année 2 <sup>nd</sup> year               | <b>T.D.</b> Tutorials             | :       |
| <b>Semestre</b> Semester                            | : 2 <sup>ème</sup> semestre 2 <sup>nd</sup> semester<br>: 4 <sup>ème</sup> semestre 4 <sup>th</sup> semester | <b>T.P.</b> Laboratory sessions   | :       |
| <b>Evaluation</b> Assessment method(s)              | : 1 examen 1 exam                                                                                            | <b>Projet</b> Project             | :       |
| <b>Langue d'instruction</b> Language of instruction | : Français French                                                                                            | <b>Non encadré</b> Homework       | :       |
| <b>Type de cours</b> Type of course                 | : Electif Elective                                                                                           | <b>Horaire global</b> Total hours | : 12h30 |
| <b>Niveau</b> Level of course                       | : n/a                                                                                                        |                                   |         |

**Compétences attendues :** Avoir les clefs de compréhension et d'analyse de l'évolution de l'architecture moderne du XX<sup>ème</sup> siècle en s'appuyant sur la présentation et l'analyse d'œuvres majeures de l'architecture du XX<sup>ème</sup> siècle, en France et à l'étranger, de 1895 à la fin des années 1970.

**Pré-requis :** Aucun

### Contenu :

Les prémices de l'architecture moderne se trouvent dans la révolution française. Elle fut pionnière avant la première guerre mondiale, d'avant-garde entre les deux guerres, avant de devenir dominante depuis la fin de la seconde guerre mondiale.

Ces trois cycles seront abordés avant d'évoquer en conclusion les conditions de la contestation de cette architecture dans les années soixante-dix. Une réaction post-moderne qui permet de comprendre les enjeux de l'architecture en ce début de XXI<sup>ème</sup> siècle.

Parmi les architectes acteurs de cette histoire, les œuvres de Franck Lloyd Wright, Adolf Loos, Le Corbusier, Mies Van der Rohe, Alvar Aalto, Walter Gropius.

Séquence 1 : Vers une architecture puriste (Vienne-Paris)

Séquence 2 : Rationalisme et fonctionnalisme (nouveaux processus de projet)

Séquences 3 & 4: Principes théoriques du mouvement moderne

Séquence 5 : La quatrième dimension de l'Espace (La notion d'Espace-Temps)

Séquence 6 : Matériaux artificiels versus matériaux naturels

Séquences 7 & 8: La condition post-moderne (vers un éclectisme contemporain)

### Bibliographie :

#### Ouvrages de références

- Curtis, William J. R, *L'architecture moderne depuis 1900*, Phaidon , 2004. (chapitres 1 à 21)
- Jean-Louis Cohen , *L'Architecture du futur depuis 1889*, Phaidon, 2012
- Simon Texier, *Une histoire de l'architecture des XX<sup>e</sup> et XXI<sup>e</sup> siècles*, Beaux-Arts éditions, Paris 2015.

#### Usuels

- Pérouse de Montclos, Jean-Marie, *Architecture : méthode et vocabulaire*, Imprimerie Nationale, Ed. du Patrimoine, 2000 .- 622 p.
- *Dictionnaire de l'architecture du XX<sup>e</sup> siècle*, sous la direction de Midant, Jean-Paul, Paris : Hazan, Institut français d'architecture , 1996 .- 987 p.

#### Filmographie

- *Collection Architectures*, Volumes 1, 2, 3 et 4, Arte vidéo, Réunion des musées nationaux, 2001-2005
- Barsac, Jacques, *Le Corbusier*. 1 , 2 et 3, Paris : La Sept vidéo , 1987.

**Expected competencies:** understanding and analyzing the evolution of modern architecture in the twentieth century, based on the presentation and analysis of major architectural works of the twentieth century, in France and abroad, from 1895 to the late 1970s.

Course 1 : Toward a “purist” architecture (Vienna-Paris)

Course 2 : Rationalism et fonctionnalisme (new project procedures)

Courses 3 & 4: Fundamental principles of the modernist movement

Course 5 : The 4th dimension of Space (Notion of time and space)

Course 6 : Artificial materials versus natural materials

Courses 7 & 8: the post-modern condition (toward contemporary eclecticism)

**Prerequisites:** None

### **Content:**

Modern architecture dates back to the French revolution. It then became pioneering art before WWI and was avant-garde between WWI and WWII, before becoming dominant from the mid 1940's.

These three cycles will be addressed before discussing, in conclusion, the conditions of the rejection of this architecture in the 1970s, a postmodern reaction which makes it possible to understand the challenges of architecture at the beginning of the 21<sup>st</sup> century.

Among the architects evoked in this overview are Frank Lloyd Wright, Adolf Loos, Le Corbusier, Mies Van der Rohe, Alvar Aalto, Walter Gropius.

### **Recommended reading:**

#### Reference material

- Curtis, William J. R, *L'architecture moderne depuis 1900*, Phaidon, 2004. (chapters 1 to 21)
- Jean-Louis Cohen, *L'Architecture du futur depuis 1889*, Phaidon, 2012
- Simon Texier, *Une histoire de l'architecture des XXe et XXIe siècles*, Beaux-Arts éditions, Paris 2015.

#### Works on open shelves

- Pérouse de Montclos, Jean-Marie, *Architecture : méthode et vocabulaire*, Imprimerie Nationale, Ed. du Patrimoine, 2000 .- 622 p.
- *Dictionnaire de l'architecture du XXe siècle*, sous la direction de Midant, Jean-Paul, Paris : Hazan, Institut français d'architecture, 1996 .- 987 p.

#### Filmography

- *Collection Architectures*, Volumes 1, 2, 3 et 4, Arte vidéo, Réunion des musées nationaux, 2001-2005
- Barsac, Jacques, *Le Corbusier*. 1, 2 et 3, Paris : La Sept vidéo, 1987.

| <b>Histoire de l'Espace</b><br><b>History of Space</b>     |                                                                                                              |                                                   |         |
|------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|---------|
| <b>Code cours</b> <i>Course code:</i> <b>HES</b>           |                                                                                                              | <b>Crédits ECTS</b> <i>ECTS Credits:</i> <b>1</b> |         |
| <b>Coordonnateurs</b> <i>Lecturers</i>                     | : Y. Gourinat (ISAE-Supaéro) (Extérieur<br><i>Guest speaker</i> )                                            | <b>Cours</b> <i>Lectures</i>                      | : 12h30 |
| <b>Période</b> <i>Year of study</i>                        | : 1 <sup>ère</sup> année 1 <sup>st</sup> year<br>: 2 <sup>ème</sup> année 2 <sup>nd</sup> year               | <b>T.D.</b> <i>Tutorials</i>                      | :       |
| <b>Semestre</b> <i>Semester</i>                            | : 2 <sup>ème</sup> semestre 2 <sup>nd</sup> semester<br>: 4 <sup>ème</sup> semestre 4 <sup>th</sup> semester | <b>T.P.</b> <i>Laboratory sessions</i>            | :       |
| <b>Evaluation</b> <i>Assessment method(s)</i>              | : 1 examen 1 exam                                                                                            | <b>Projet</b> <i>Project</i>                      | :       |
| <b>Langue d'instruction</b> <i>Language of instruction</i> | : Français French                                                                                            | <b>Non encadré</b> <i>Homework</i>                | :       |
| <b>Type de cours</b> <i>Type of course</i>                 | : Electif Elective                                                                                           | <b>Horaire global</b> <i>Total hours</i>          | : 12h30 |
| <b>Niveau</b> <i>Level of course</i>                       | : n/a                                                                                                        |                                                   |         |

**Compétences attendues :** Avoir des connaissances sur l'histoire de l'espace.

**Pré-requis :** Aucun.

**Contenu :**

1. Fuséologie : S'il-te-plaît, dessine-moi une fusée !
  - Newton et le vol spatial
  - Tsiolkowski et la propulsion par réaction
  - Jules Verne, Hergé, Von Braun et l'aventure spatiale
2. Comment on est allé dans l'espace : chronologie technologique de l'Astronautique
  - Les origines et les pionniers
  - Les premiers explorateurs
  - La course à la Lune
  - Navettes et stations
  - Le second âge planétaire
  - Expérience personnelle Soyuz
3. Quel avenir pour l'espace ?
  - L'enjeu des applications et du Spinoff direct
  - Spinoff inverse et Mission planète Terre
  - Les ouvertures propulsives et la récupérabilité
  - Vols habités au long cours – Applications médicales et humaines

**Bibliographie :** Aucune.

**Expected competencies:** Knowledge about history of space.

**Prerequisites:** None

**Content:**

1. Rocketry: please, draw me a rocket!
  - Newton and the space flight
  - Tsiolkowski and jet propulsion
  - Jules Verne, Hergé, Von Braun and the space adventure
2. How we went into space: technological chronology of Astronautics
  - Origins and pioneers
  - The first explorers
  - The race to the Moon
  - Space shuttles and space stations
  - The second planetary age
  - Personal experience: Soyuz
3. What future for space?
  - The stakes of applications and direct Spinoff
  - Reverse Spinoff and Mission to Planet Earth
  - The future propulsive systems and recoverability
  - Long-term manned space flights – Medical and human applications

**Recommended reading:** None.



| Lean Manufacturing<br>Lean Manufacturing            |                                                                                      |                                   |         |
|-----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|---------|
| Code cours Course code: LMA                         |                                                                                      | Crédits ECTS ECTS Credits: 1      |         |
| <b>Coordonnateurs</b> Lecturers                     | : T. Cadet, Safran St Benoît                                                         | <b>Cours</b> Lectures             | : 12h30 |
| <b>Période</b> Year of study                        | : 1ère année 1st year / 2è semestre 2 <sup>nd</sup> semester                         | <b>T.D.</b> Tutorials             | :       |
| <b>Semestre</b> Semester                            | : 2 <sup>e</sup> année 2 <sup>nd</sup> year / 4ème semestre 4 <sup>th</sup> semester | <b>T.P.</b> Laboratory sessions   | :       |
| <b>Evaluation</b> Assessment method(s)              | : Examen écrit /written exam                                                         | <b>Projet</b> Project             | :       |
| <b>Langue d’instruction</b> Language of instruction | : Français French                                                                    | <b>Non encadré</b> Homework       | :       |
| <b>Type de cours</b> Type of course                 | : Electif Elective                                                                   | <b>Horaire global</b> Total hours | : 12h30 |
| <b>Niveau</b> Level of course                       | : n/a                                                                                |                                   |         |

**Compétences attendues :** Etre capable de mettre en place et gérer une stratégie de production « lean ».

**Pré-requis :** Aucun

#### Contenu :

Contexte et enjeux de la méthodologie (histoire, démarche, structure et organisation associée...)

La méthodologie et les outils associés à chaque étape:

Définition du projet d’amélioration

Mesure de la situation initiale

Analyser la situation et les potentiels d’économie et de gains,

Améliorer et proposer une situation objective

Contrôler et standardiser pour que l’amélioration mesurée soit pérenne

La conduite du changement – levier pour améliorer de façon durable.

**Bibliographie :** Aucune



**Expected competencies:** To be capable of setting up a lean manufacturing strategy and managing operations based on that principle

**Prerequisites:** None

#### Content:

Context and stakes of the method (history, démarche, the structure and its associated organization ...)

Methodology and tools associated to each step:

Definition of the continuous improvement project

Analysis of the current situation

Analysis of the situation and potential for savings and cost reductions

Improvement and proposal of a target situation

Control and standardization for long-term improvements

Management methods: means to improve process sustainably

**Recommended reading:** None

**Approche Système de l'Automobile**  
**Automotive System Approach**

| <b>Code cours</b> <i>Course code: ASA</i>                  |                                                                         | <b>Crédits ECTS</b> <i>ECTS Credits: 1</i>       |
|------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| <b>Coordonneurs</b> <i>Lecturers</i>                       | P. Begou, O. Fauqueux, P. Pierre<br>(Extérieur / <i>guest speaker</i> ) | <b>Cours</b> <i>Lectures</i> : 12h30             |
| <b>Période</b> <i>Year of study</i>                        | : 2 <sup>ème</sup> année 2 <sup>nd</sup> year                           | <b>T.D.</b> <i>Tutorials</i> :                   |
| <b>Semestre</b> <i>Semester</i>                            | : 4 <sup>ème</sup> semestre 4 <sup>th</sup> semester                    | <b>T.P.</b> <i>Laboratory sessions</i> :         |
| <b>Evaluation</b> <i>Assessment method(s)</i>              | : 1 examen 1 exam                                                       | <b>Projet</b> <i>Project</i> :                   |
| <b>Langue d'instruction</b> <i>Language of instruction</i> | : Français <i>French</i>                                                | <b>Non encadré</b> <i>Homework</i> :             |
| <b>Type de cours</b> <i>Type of course</i>                 | : Electif <i>Elective</i>                                               | <b>Horaire global</b> <i>Total hours</i> : 12h30 |
| <b>Niveau</b> <i>Level of course</i>                       | : n/a                                                                   |                                                  |

**Compétences attendues :** Connaître les liens qui s'établissent entre les différents éléments d'un système dans le but de mieux appréhender les contraintes qu'un bureau d'étude doit intégrer avant de proposer une réponse technologique. Les sous-systèmes du véhicule, à savoir le groupe motopropulseur et les fonctions guidage-suspension-freinage ont été choisies pour illustrer la problématique.

**Pré-requis :** Aucun

**Contenu :** L'automobile offre une réponse au besoin de mobilité. Mais, son impact environnemental doit être traité ainsi que d'autres aspects, comme la sécurité d'utilisation, la recherche de performances spécifiques etc...

**1. Energie – Motorisation – Dépollution**

*Cours de Philippe PIERRE – IFP Energies nouvelles*

**2. Dynamique des véhicules routiers et optimisation**

*Cours de Thomas BOUCHE – Williams F1 Team (sous réserve ou cours RENAULT)*

➤ **Evaluation type « QCM »**

**Bibliographie :** Aucune



**Expected competencies:** Understand the links that exist between the various elements of a system in order to better understand the constraints of a design office should include before proposing a technological answer. Subsystems of the vehicle, namely the powertrain and suspension-guide-braking functions have been chosen to illustrate the problem.

**Prerequisites:** None

**Content:** A car offers a response to the need for mobility. But its environmental impact should be treated as well as other aspects such as security settings, searching for specific performance etc...

**1. Energy – Motorisation - Cleanup**

*Course of Philippe PIERRE - IFP New Energies*

**2. Road Vehicle Dynamics and Optimization**

*Course of Thomas MOUTH - Williams F1 Team (under condition or course of RENAULT)*

➤ **“Multiple Choice” Assessment**

**Recommended reading:** None



| Conception Avion<br>Aircraft design                 |                                                                       |                                   |         |
|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|---------|
| Code cours Course code: CAV                         |                                                                       | Crédits ECTS ECTS Credits: 1      |         |
| <b>Coordonneurs</b> Lecturers                       | : Y. Cartieaux, R. Bichard<br>(Intervenant extérieur / guest speaker) | <b>Cours</b> Lectures             | : 12h30 |
| <b>Période</b> Year of study                        | : 2 <sup>ème</sup> année 2 <sup>nd</sup> year                         | <b>T.D.</b> Tutorials             | :       |
| <b>Semestre</b> Semester                            | : 4 <sup>ème</sup> semestre 4 <sup>th</sup> semester                  | <b>T.P.</b> Laboratory sessions   | :       |
| <b>Evaluation</b> Assessment method(s)              | : 1 examen 1 exam                                                     | <b>Projet</b> Project             | :       |
| <b>Langue d'instruction</b> Language of instruction | : Français French                                                     | <b>Non encadré</b> Homework       | :       |
| <b>Type de cours</b> Type of course                 | : Electif Elective                                                    | <b>Horaire global</b> Total hours | : 12h30 |
| <b>Niveau</b> Level of course                       | : n/a                                                                 |                                   |         |

**Compétences attendues :** Donner une vision globale de l'avion en s'appuyant sur des exemples issus de l'aviation d'affaire et l'aviation de chasse. Faire découvrir le processus et les enjeux de la conception d'un avion en soulignant l'aspect multidisciplinaire. Donner une vue d'ensemble de chaque domaine abordé, notamment les grandeurs de synthèse manipulées.

**Pré-requis:** Aucun

#### Contenu :

Séance 1 : Présentation globale de l'avion, zoom sur les avions d'affaire et les avions de chasse. Cycle de vie d'un avion. Les acteurs de la conception.

Séance 2 : Description détaillée de l'avion, les différentes disciplines aéronautiques (Structure, aérodynamique, motorisation, performances ...etc.).

Séance 3 : La conception multidisciplinaire, les outils, la modélisation.

Séance 4 : Exemples de développement : le F7X et le Rafale. Analyse de cas remarquables de l'histoire de l'aéronautique.

**Bibliographie :** Aucune



**Expected Competencies:** Provide a global vision of the aircraft based on examples from business aviation and aviation fighter. Explain the process and issues of aircraft design by highlighting the multidisciplinary aspect. Provide an overview of each area covered, including summary quantities Handled.

**Prerequisites:** None

#### Content:

Session 1: Overview of the aircraft, zoom on business aircraft and fighter jets. Lifecycle of an airplane. The actors of the design. Session 2: Detailed description of the aircraft, the different aeronautical disciplines (structure, aerodynamics, engine, performance, etc.).

Session 3: Multidisciplinary design, tools, modeling.

Session 4: Examples of development: the F7X and the Rafale. Analysis of outstanding cases in the history of aeronautics.

**Recommended reading:** None

**Conception des drones**  
**Unmanned Aircraft Design**

| <b>Code cours Course code: COD</b>                  |                                                                | <b>Crédits ECTS ECTS Credits:</b>         |
|-----------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| <b>Coordonnateurs Lecturers</b>                     | : A. Jaafar, F. Canicio<br>(Extérieur / <i>guest speaker</i> ) | <b>Cours Lectures</b> : 12h30             |
| <b>Période Year of study</b>                        | : 2 <sup>e</sup> année 2 <sup>nd</sup> year                    | <b>T.D. Tutorials</b> :                   |
| <b>Semestre Semester</b>                            | : 4 <sup>e</sup> semestre 4 <sup>th</sup> Semester             | <b>T.P. Laboratory sessions</b> :         |
| <b>Evaluation Assessment method(s)</b>              | : 1 examen 1 exam                                              | <b>Projet Project</b> :                   |
| <b>Langue d'instruction Language of instruction</b> | : Français French                                              | <b>Non encadré Homework</b> :             |
| <b>Type de cours Type of course</b>                 | : Electif Elective                                             | <b>Horaire global Total hours</b> : 12h30 |
| <b>Niveau Level of course</b>                       | : n/a                                                          |                                           |

**Compétences attendues:** Comprendre les spécificités de la conception et de l'utilisation d'un système de drone aérien, notamment en ce qui concerne le vecteur aérien, les capteurs, et les moyens de communication.

**Pré-requis :** Aucun

**Contenu :** Ils ont l'envergure d'un avion de ligne, ou sont aussi légers qu'un insecte ; ils peuvent être guidés par satellite, ou par votre smartphone ; ils peuvent surveiller un champ de bataille, ou un champ de maïs... « Ils », ce sont les drones aériens. Parfois inexactement appelés « avions sans pilote », ce sont des « avions sans pilote embarqué ».

Le cours présentera les spécificités d'un système de drone aérien par rapport à un aéronef classique en termes de conception, d'optimisation pluridisciplinaire, et d'utilisation ; les principales problématiques abordées seront :

- Dimensionnement d'un drone, bilan aérodynamique-mécanique-énergétique
- Stabilisation en vol, performances et autonomie
- Moyens de communication (radio/satellite, bas/haut débit, ...)
- Missions et capteurs (optronique, radar, écoute électronique, ...)

Les intervenants ont participé à la conception et à la mise au point de drones tels que *Harfang* (EADS), *Sperwer* (SAGEM) et *SunCloud* (Altran) ; ils pourront donc illustrer leur propos avec des exemples issus de leurs travaux concrets, et également partager leur expérience du monde industriel.

Le cours sera présenté en deux temps :

**1. Le vecteur aérien : aérodynamique, stabilisation et énergie**

*Cours d'Ali JAAFAR – R&D Program Manager – ALTRAN*

**2. Capteurs et communications**

*Cours de Fabrice CANICIO – Consultant Expert – ALTRAN*

**Bibliographie :** Aucune.



**Expected competencies:** Understand the specifics of design and use of Unmanned Aircraft Systems (UAS), focusing on the aerial vehicle, sensors and communications.

**Prerequisites:** None.

**Content:** They can be as large as an airliner, or as light as an insect; they can be remotely operated through satellite, or through your smartphone; they can monitor a battlefield, or a corn field... “They” are the aerial drones. Sometimes inappropriately called “non-piloted aircrafts”, they are in fact “UAVs: Unmanned Aerial Vehicles”.

The course will go through the specifics of a UAV system, in terms of design and its necessary trade-offs, and in terms of operational use. The following subjects will be developed: aerodynamics and mechanics, power management, flight control and performance, communications subsystem, sensors, typical missions.

The lecturers have been part of the design and/or the testing of UAV systems such as *Harfang* (EADS), *Sperwer* (Sagem) and *SunCloud* (Altran); they will share their engineering knowledge on these systems, as well as their industrial experience.

The course will be divided into two sessions:

**1. The aerial vehicle : aerodynamics, stabilization and power management**

*Lectured by Ali JAAFAR – R&D Program Manager – ALTRAN*

**2. Sensors and communications**

*Lectured by Fabrice CANICIO – Expert Consultant – ALTRAN*

**Recommended reading:** None.

| Conception des Missiles<br><i>Missile design</i>           |                                                      |                                          |         |
|------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|------------------------------------------|---------|
| Code cours <i>Course code: CIM</i>                         |                                                      | Crédits ECTS <i>ECTS Credits: 1</i>      |         |
| <b>Coordonnateurs</b> <i>Lecturers</i>                     | : C. Quertelet, G. Fonvielle                         | <b>Cours</b> <i>Lectures</i>             | : 12h30 |
| <b>Période</b> <i>Year of study</i>                        | : 2 <sup>ème</sup> année 2 <sup>nd</sup> year        | <b>T.D.</b> <i>Tutorials</i>             | :       |
| <b>Semestre</b> <i>Semester</i>                            | : 4 <sup>ème</sup> semestre 4 <sup>th</sup> semester | <b>T.P.</b> <i>Laboratory sessions</i>   | :       |
| <b>Evaluation</b> <i>Assessment method(s)</i>              | : 1 examen 1 exam                                    | <b>Projet</b> <i>Project</i>             | :       |
| <b>Langue d'instruction</b> <i>Language of instruction</i> | : Français French                                    | <b>Non encadré</b> <i>Homework</i>       | :       |
| <b>Type de cours</b> <i>Type of course</i>                 | : Electif Elective                                   | <b>Horaire global</b> <i>Total hours</i> | : 12h30 |
| <b>Niveau</b> <i>Level of course</i>                       | : n/a                                                |                                          |         |

#### Compétences attendues :

#### Pré-requis :

#### Contenu :

Après un rapide parcours de l'Histoire des missiles, illustré de quelques exemples concrets, nous analyserons dans un premier temps le lien étroit entre le besoin du client, la spécification technique qui en découle et la définition du système d'arme y répondant.

Ensuite, nous détaillerons les différentes phases de conception, depuis le concept avant-projet jusqu'au développement en nous appuyant sur des connaissances métiers relatives à la conception des missiles.

Puis, nous rentrerons dans le cœur du métier d'ingénieur en réalisant la conception d'un missile étape par étape avec les étudiants. Nous aborderons de nombreux aspects du design notamment :

- Aérodynamique et Propulsion
- Charges Militaires
- Introduction au guidage/pilotage
- Conception mécanique, Architecture et Matériaux
- Intégration aux plateformes

Enfin, nous soulignerons également l'importance des interactions entre les différents métiers impliqués dans le développement d'un système de missile et la dualité entre performance et design..

#### Bibliographie : Aucune

#### Expected competencies:

#### Prerequisites:

#### Content:

After a brief history of the Missile History, illustrated by some concrete examples, we will first analyze the close link between the customer's needs, the technical specification needed and the definition of the weapon system required.

Then, we will outline the different phases of design, from the preliminary concept to the development phase, based on our knowledge of missile design.

Then, we will study the job of an engineer by designing a missile step by step with the students. We will discuss many aspects of design including:

- Aerodynamics & propulsion
- Military payloads
- Introduction to piloting
- Mechanical conception, architecture & materials
- Platform Integration

Finally, we will also highlight the importance of interactions between the different professions involved in developing a missile system and the duality between performance and design.

#### Recommended reading: none



| <b>Conception des systèmes de transports spatiaux, lanceurs et fusées porteuses</b><br><i>Design of space transportation systems, launchers and launching rockets</i> |                                                                       |                                            |         |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|---------|
| <b>Code cours</b> <i>Course code: STS</i>                                                                                                                             |                                                                       | <b>Crédits ECTS</b> <i>ECTS Credits: 1</i> |         |
| <b>Coordonnateurs</b> <i>Lecturers</i>                                                                                                                                | : A. Dufour, D.Gignac, L. Come<br>(Extérieurs <i>Guest speakers</i> ) | <b>Cours</b> <i>Lectures</i>               | : 12h30 |
| <b>Période</b> <i>Year of study</i>                                                                                                                                   | : 2 <sup>e</sup> année <i>2<sup>nd</sup> year</i>                     | <b>T.D.</b> <i>Tutorials</i>               | :       |
| <b>Semestre</b> <i>Semester</i>                                                                                                                                       | : 4 <sup>e</sup> semestre <i>4<sup>th</sup> semester</i>              | <b>T.P.</b> <i>Laboratory sessions</i>     | :       |
| <b>Evaluation</b> <i>Assessment method(s)</i>                                                                                                                         | : 1 examen <i>1 exam</i>                                              | <b>Projet</b> <i>Project</i>               | :       |
| <b>Langue d'instruction</b> <i>Language of instruction</i>                                                                                                            | : Français <i>French</i>                                              | <b>Non encadré</b> <i>Homework</i>         | :       |
| <b>Type de cours</b> <i>Type of course</i>                                                                                                                            | : Electif <i>Elective</i>                                             | <b>Horaire global</b> <i>Total hours</i>   | : 12h30 |
| <b>Niveau</b> <i>Level of course</i>                                                                                                                                  | : n/a                                                                 |                                            |         |

**Compétences attendues** Connaître les principes généraux de conception des systèmes de transports spatiaux, lanceurs ou fusées porteuses.

**Pré-requis** : Aucun.

#### **Contenu :**

Le cours passera en revue les différentes contraintes et éléments constitutifs d'un système de transport spatial, afin de soulever les problèmes qui se posent à chaque stade de la conception, de proposer les principales méthodes utilisées pour leur résolution et de chercher ainsi à dégager de tous ces éléments techniques une philosophie générale en matière d'architecture et de conception d'ensemble.

Des illustrations, par des exemples concrets, sont fournies tout au long des cours, de même que des Travaux Dirigés qui permettent d'appréhender de manière plus pratique certains principes.

De plus, les cours sont dispensés par des ingénieurs et responsables de l'industrie, travaillant ou ayant travaillé dans la production, les développements et les avant-projets de lanceurs et véhicules spatiaux, donc avec une vision concrète à tous les stades de l'évolution des programmes, vision qu'ils ont à cœur de faire partager aux élèves qui seront les ingénieurs de demain. Ceci facilite aussi les contacts permettant l'entrée dans la vie active, en France ou en Europe.

**Bibliographie** : Aucune.



**Expected competencies:** Know the main concepts of design systems of space transportation, launchers and launch vehicles.

**Prerequisites:** None

#### **Content:**

The course will look over the different constraints and constitutive elements of a space transportation system, in order to raise the problems that occur at each step of the design, to propose the main methods used to solve it and to try to find, from these technical criteria, a general philosophy in terms of architecture and global design.

Illustrations, from cases in point, are given during the course, as well as Tutorials allowing understanding some concepts more practically.

Moreover, the course is given by engineers and head people from industry, working or having worked in production, development and preliminary projects on launchers and space vehicles, having a real view for each steps of the programme's evolution, being very keen to share with the students who will be the engineers of tomorrow. It also makes contacts easier allowing the entry into working life, in France or Europe.

**Recommended reading:** None.

| Hélicoptères<br>Helicopters                         |                                                                  |                                   |         |
|-----------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|---------|
| Code cours Course code: HEL                         |                                                                  | Crédits ECTS ECTS Credits: 1      |         |
| <b>Coordonneurs</b> Lecturers                       | : D. Bertin, A. Thomas, E. Laillet (extérieurs / guest speakers) | <b>Cours</b> Lectures             | : 12h30 |
| <b>Période</b> Year of study                        | : 2 <sup>e</sup> année 2 <sup>nd</sup> year                      | <b>T.D.</b> Tutorials             | :       |
| <b>Semestre</b> Semester                            | : 4 <sup>e</sup> semestre 4 <sup>th</sup> semester               | <b>T.P.</b> Laboratory sessions   | :       |
| <b>Evaluation</b> Assessment method(s)              | : 1 examen 1 exam                                                | <b>Projet</b> Project             | :       |
| <b>Langue d'instruction</b> Language of instruction | : Français French                                                | <b>Non encadré</b> Homework       | :       |
| <b>Type de cours</b> Type of course                 | : Electif Elective                                               | <b>Horaire global</b> Total hours | : 12h30 |
| <b>Niveau</b> Level of course                       | : n/a                                                            |                                   |         |

**Compétences attendues :** Comprendre la mécanique du vol, spécifique à l'hélicoptère, ainsi que le fonctionnement du rotor, comprendre le phénomène de résonance sol lié à un couplage rotor/structure

**Pré-requis :** Aucun

**Contenu :**

### Partie 1 : Mécanique du rotor et du vol – Technologies rotors

- Mécanique du rotor et mécanique du vol hélicoptère
  - Equation de battement, équation de traînée, les articulations du rotor, contrôle du rotor (pilotage), équilibre longitudinal et latéral de l'appareil en stationnaire et en vol de palier.
- Résonance sol
  - Description du phénomène, couplage des modes pales avec les modes structures, description du rôle des adaptateurs de fréquence.
- Technologies rotors
  - Fournir une vue générale des concepts, technologies et matériaux employés pour les rotors principaux et arrières des hélicoptères, aussi bien d'Eurocopter que de la concurrence

### Partie 2 : Architecture générale, dimensionnement, survivabilité

- L'architecture générale du véhicule
  - La description des différentes architectures (les appareils civils, militaires), les principaux composants, leur localisation, les réseaux et principes de ségrégation
- La structure et ses « équipements » (fuel, train, aménagements internes, optionnels de missions, système de conditionnement d'air)
  - Les principes constructifs des structures, et les technologies, les équipements de la structure, quelles sont leurs fonctions, leur dimensionnement
- La survivabilité
  - Le concept de protection au crash, les dimensionnements
- Le dimensionnement général en phase avant-projet
  - Le dimensionnement des rotors, performances
- Les ensembles dynamiques des hélicoptères (boîtes, rotor), leur fonctionnement et dimensionnement
  - Les paramètres dimensionnant des rotors, les justifications de résistance en statique et fatigue

### Partie 3 : Performances du vol de l'hélicoptère

- Présentation du principe
- Puissance nécessaire
  - Théorie de Froude
  - Puissance nécessaire en stationnaire
  - Puissance nécessaire en vol d'avancement
  - Grandeurs réduites caractéristiques : masse réduite /puissance réduite
  - Répartition de la puissance nécessaire
- Puissance disponible
  - Puissance Moteur/Régimes Moteur
  - Pertes d'installation
  - Limitations boîte de transmission
- Limitations (enveloppe de vol, VNE, MGW, masse réduite,...)
- Analyse des spécificités performances hélicoptère grâce au modèle établi
- Présentations des aspects des performances au décollage liés à la prise en compte de la panne moteur
  - Notions du Diagramme Hauteur/Vitesse et Fly-away
  - Présentation des classes de performances (JAR-OPS 3)

- Procédures des décollages associés
- Analyses des paramètres déterminant ces performances
- 7. Présentation des aspects « calculs de mission »
  - Modélisation
  - Mise en évidence du processus d'itération à appliquer
  - Diagramme Payload/Range
  - Exemples

**Bibliographie :** Aucune



**Expected competencies:** Understanding of flight mechanics specific to helicopters, as well as how is working a rotor. Understanding the ground resonance phenomena related to a rotor/structure coupling

**Prerequisites:** None

**Content:**

#### **Part 1: Rotor and flight mechanics – Rotors' technologies**

1. Rotor mechanics and helicopter flight mechanics
  - Buffeting, drag equation, rotor hinges, rotor control (piloting), longitudinal and lateral balance of the aircraft in stationary mode and in horizontal flight position.
2. Ground resonance
  - Phenomena description, fluid/structures coupling, description of the role of the frequency adaptors.
3. Rotors' technologies
  - Give an overview of the concepts, the technologies and materials used for the main and tail helicopter rotors, for Eurocopter and other companies

#### **Part 2: General architecture, design, survivability**

1. Vehicle's general architecture
  - Description of the different architectures (civil, military aircrafts), the main components, tracking, the networks and segregation principles
2. The structure and the « equipment » (fuel, gear, internal lay out, missions' options, air conditioning systems)
  - The constructive principles of the structures, and the technologies, the structure's equipments, their role, the design
3. The survivability
  - The concept of crash protection, the design
4. The general design in preliminary projects
  - Rotors' design, performances
5. Dynamic units of helicopters (transmission, rotor), their role and design
  - Parameters for rotors design, causes of static and fatigue resistance

#### **Part 3 : Helicopter flight performances**

1. Presentation of the principle
2. Required power
  - Froude Theory
  - Required power for stationary flights
  - Required power in forward flight
  - Reduced characteristic quantities: reduced mass /reduced power
  - Required power distribution
3. Expendable power
  - Engine power/Engine speeds
  - Power loss upon installation
  - Gearbox restrictions
4. Restrictions (flight envelope, Never exceed speed, MGW, reduced mass...)
5. Analysis of the specificities of the helicopter performances thanks a determined model
6. Presentation of the aspects of the take-off performances related while taking into account the engine failure
  - Notions on height-velocity diagram and Fly-away
  - Presentation of the performance class (JAR-OPS 3)
  - Procedures of associated take-off
  - Analyses of the parameters that determine these performances
7. Presentation of the « mission's calculation » aspects
  - Modelling
  - Emphasis of the iteration process to be applied
  - Payload/Range chart
  - Examples

**Recommended reading:** None

| Moteur Avion<br>Aircraft Engine                     |                                                                                               |                                   |         |
|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|---------|
| Code cours Course code: STS                         |                                                                                               | Crédits ECTS ECTS Credits: 1      |         |
| <b>Coordonnateurs</b> Lecturers                     | : J. Renvier, C. Brisset, P. Mahieux,<br>T. Brichler, C. Morel<br>(Extérieurs Guest speakers) | <b>Cours</b> Lectures             | : 12h30 |
|                                                     |                                                                                               | <b>T.D.</b> Tutorials             | :       |
|                                                     |                                                                                               | <b>T.P.</b> Laboratory sessions   | :       |
| <b>Période</b> Year of study                        | : 2 <sup>e</sup> année 2 <sup>nd</sup> year                                                   | <b>Projet</b> Project             | :       |
| <b>Semestre</b> Semester                            | : 4 <sup>e</sup> semestre 4 <sup>th</sup> semester                                            | <b>Non encadré</b> Homework       | :       |
| <b>Evaluation</b> Assessment method(s)              | : 1 examen 1 exam                                                                             | <b>Horaire global</b> Total hours | : 12h30 |
| <b>Langue d'instruction</b> Language of instruction | : Français French                                                                             |                                   |         |
| <b>Type de cours</b> Type of course                 | : Electif Elective                                                                            |                                   |         |
| <b>Niveau</b> Level of course                       | : n/a                                                                                         |                                   |         |

**Compétences attendues** Avoir des connaissances sur les réacteurs d'avion, de conception et de développement.

**Pré-requis :** Aucun.

**Contenu :**

**1. La conception**

- Le principe de construction de l'architecture moteur (moteur doublé flux, optimisation de l'architecture des modules, approches systèmes et application au contrôle moteur, système carburant...)
- Les principes de fonctionnement du système propulsif : compresseurs, turbines, chambre de combustion, nacelle
  - Critères et contraintes de conception
  - L'intégration aérodynamique, thermique et mécanique
  - L'impact sur les performances (maîtriser les jeux en fonctionnement, refroidissement et ventilation...)
- L'opérabilité du moteur : maintenir le moteur dans son domaine de fonctionnement sain sans intervention pilote dans toutes les phases du vol, les systèmes variables : vannes de décharges, stators à calage variable, l'influence sur les lois de contrôle moteur
- Sécurité de fonctionnement (sécurité)
  - Principe
  - Classification des pièces en fonction du risque...

**2. La Certification et le plan de développement**

- Les objectifs et principe de fonctionnement de la Certification EASA, FAA... tout au long de la vie du moteur
- Le plan de développement : les objectifs, la structure, les essais moteurs sol et vol (vidéos)

**3. La maintenance des moteurs**

- Quelle maintenance, pourquoi faire?
- Impact sur la conception du moteur

**Bibliographie :** Aucune.



**Expected competencies:** Have knowledge about aircraft engines, design and development.

**Prerequisites:** None

**Content:**

### 1. Design

- The Principle construction engine architecture (motor flux doubled, optimization of the architecture of the modules, reduce crime systems and application to motor control, fuel system ...)
- The principles of operation of the propulsion system: compressors, turbines, combustion chamber nacelle
  - Criteria and design constraints
  - The aerodynamics integration, thermal and mechanical
  - The performance impact (master gaming operation, cooling and ventilation ...)
- The operability of the engine: keep the engine in its area of healthy functioning without pilot intervention in all phases of flight, variable systems discharge valves, VSVs, influence on motor control laws
- Dependability (security)
  - Principle
  - Classification of parts based on the risk ...

### 2. Certification and Development Plan

- The objectives and Principle operation of the EASA Certification, FAA ... throughout the engine life
- The development plan: objectives, structure, engine testing ground and flight engine testing (video)

### 3. The engine maintenance

- What maintenance, what for?
- Impact on engine design

**Recommended reading:** None.





| Conception des satellites<br>Satellite Design       |                                                    |                                   |         |
|-----------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-----------------------------------|---------|
| Code cours Course code: CSA                         |                                                    | Crédits ECTS ECTS Credits: 1      |         |
| <b>Coordonnateurs</b> Lecturers                     | : J.-M. Bretagne (Extérieur / guest speaker)       | <b>Cours</b> Lectures             | : 12h30 |
| <b>Période</b> Year of study                        | : 2 <sup>e</sup> année 2 <sup>nd</sup> year        | <b>T.D.</b> Tutorials             | :       |
| <b>Semestre</b> Semester                            | : 4 <sup>e</sup> semestre 4 <sup>th</sup> semester | <b>T.P.</b> Laboratory sessions   | :       |
| <b>Evaluation</b> Assessment method(s)              | : 1 examen 1 exam                                  | <b>Projet</b> Project             | :       |
| <b>Langue d'instruction</b> Language of instruction | : Français French                                  | <b>Non encadré</b> Homework       | :       |
| <b>Type de cours</b> Type of course                 | : Electif Elective                                 | <b>Horaire global</b> Total hours | : 12h30 |
| <b>Niveau</b> Level of course                       | : n/a                                              |                                   |         |

**Compétences attendues :** Mieux comprendre l'environnement de l'espace et les contraintes de l'industrie spatiale. Comprendre les principaux paramètres intervenant dans la définition et la conception d'un satellite de télécommunications. Avoir des données et des formules clés pour effectuer le dimensionnement brut d'un satellite de télécommunications. Comprendre l'organisation du programme standard spatial et du plan de développement.

**Pré-requis :** Aucun.

#### Contenu :

- 1) Introduction: Que savez-vous à propos de l'Espace?
- 2) Aperçu de l'environnement spatial: un environnement agressif et stressant
- 3) Voyage dans l'espace et principaux orbites
- 4) Nous allons construire ensemble un satellite de télécommunication :
  - 1.1 Vue d'ensemble de l'architecture d'un satellite
  - 1.2 Organisation du programme et du plan de développement
- 5) La charge utile: Notion de Mission Télécom
- 6) Les sous-systèmes de plate-forme
  - Puissance électrique
  - Attitude et contrôle d'orbite (AOCS)
  - Traitement des données, FDIR
  - TT&C
  - Contrôle thermique
  - Propulsion
  - Structure
  - Mécanismes
  - Ppérations
- 7) Conclusion
  - Dimensionnement rapide
  - Des questions?

**Bibliographie :** Aucune.



**Expected competencies:** Understand better the space environment and the space industry constraints. Understand the major parameters involved in the definition and conception of a telecom satellite. Have some key data and formulas to perform rough sizing of a telecom satellite. Understand space standard program organization and development plan.

**Prerequisites:** None.

#### Content:

- 1) Introduction: What do you know about Space?
- 2) Space Environment overview: an aggressive and stressfull environment
- 3) Travelling into space and principal orbits
- 4) Let's build a Telecom Satellite together:
  - 1.3 Overview of the satellite architecture
  - 1.4 Program organization and Development Plan
- 5) The Payload: Notion of Telecom misión
- 6) The platform Subsystems
  - Electrical Power

- Attitude and Orbit Control (AOCS)
- Data Handling, FDIR
- TT&C
- Thermal Control
- Propulsion
- Structure
- Mechanisms
- Operations

7) Conclusion

2. Quick sizing
3. Any questions?

**Recommended reading:** None.

**Système d’Air en Aéronautique**  
**Air system in Aeronautics**

| <b>Code cours</b> <i>Course code: SAA5</i>                 |                                                    | <b>Crédits ECTS</b> <i>ECTS Credits: 1</i> |         |
|------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|--------------------------------------------|---------|
| <b>Coordonnateurs</b> <i>Lecturers</i>                     | : D. Lavergne (Extérieur / <i>guest speaker</i> )  | <b>Cours</b> <i>Lectures</i>               | : 12h30 |
| <b>Période</b> <i>Year of study</i>                        | : 2 <sup>e</sup> année 2 <sup>nd</sup> year        | <b>T.D.</b> <i>Tutorials</i>               | :       |
| <b>Semestre</b> <i>Semester</i>                            | : 4 <sup>e</sup> semestre 4 <sup>th</sup> semester | <b>T.P.</b> <i>Laboratory sessions</i>     | :       |
| <b>Evaluation</b> <i>Assessment method(s)</i>              | : 1 examen 1 exam                                  | <b>Projet</b> <i>Project</i>               | :       |
| <b>Langue d’instruction</b> <i>Language of instruction</i> | : Français <i>French</i>                           | <b>Non encadré</b> <i>Homework</i>         | :       |
| <b>Type de cours</b> <i>Type of course</i>                 | : Electif <i>Elective</i>                          | <b>Horaire global</b> <i>Total hours</i>   | : 12h30 |
| <b>Niveau</b> <i>Level of course</i>                       | : n/a                                              |                                            |         |

**Compétences attendues :** Connaître et comprendre les grands principes de fonctionnement des systèmes d’air en Aéronautique (Prélèvement, Air Conditionné (cycle air et vapeur), Anti Givrage, Pressurisation, Détection de Surchauffe).

**Pré-requis :** Bases techniques en thermique et thermodynamique.

**Contenu :**

- Comprendre l’interaction des systèmes d’air avec le dimensionnement et le fonctionnement d’un aéroplane
- Comprendre le fonctionnement et les clés de dimensionnement des sous systèmes composant un système d’air sur les aspects
  - o Dimensionnement thermodynamique
  - o Contrôle et pilotage
  - o Intégration mécanique
  - o Aspects normatifs et réglementaires
- Dimensionner des systèmes de prélèvements d’air, de conditionnement d’air (cycle air et cycle vapeur), de pressurisation et de protection givrage
- Comprendre « pourquoi les systèmes d’air sur un avion »
- Connaître la réglementation
- Cibler les aspects et les enjeux sécurité
- Découvrir et appréhender le fonctionnement d’un système et de ses équipements

**Bibliographie :** Aucune.



**Expected competencies:** Know and understand the major air systems operating principles in Aeronautics (Sampling, Air conditioning (air and steam cycle), Anti Icing, Pressurization, Overheat Detection).

**Prerequisites:** Technical bases in Thermodynamics and Heat Transfer.

**Content:**

- Understand the interaction of air systems with sizing and operation of an aeroplane
- Understand the operation and the key of sizing of subsystems composing an air system on aspects
  - o thermodynamics Sizing
  - o Control and steering
  - o Mechanical integration
  - o normative and regulatory aspects
- Size of air sampling systems of communication, air conditioning (air cycle and steam cycle), pressurization and anti Icing
- Understand "why air systems on a plane"
- Know the regulation
- Targeting aspects and safety issues
- Discover and understand the functioning of a system and its equipments

**Recommended reading:** None.

| Ingénierie des Systèmes<br>Systems Engineering      |                                                                  |                                   |         |
|-----------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|---------|
| Code cours Course code: ISY                         |                                                                  | Crédits ECTS ECTS Credits: 1      |         |
| <b>Coordonnateurs</b> Lecturers                     | Charles Castelli, Christophe Eloi<br>(Extérieur / guest speaker) | <b>Cours</b> Lectures             | : 12h30 |
| <b>Période</b> Year of study                        | : 2 <sup>ème</sup> année 2 <sup>nd</sup> year                    | <b>T.D.</b> Tutorials             | :       |
| <b>Semestre</b> Semester                            | : 4 <sup>ème</sup> semestre 4 <sup>th</sup> semester             | <b>T.P.</b> Laboratory sessions   | :       |
| <b>Evaluation</b> Assessment method(s)              | : 1 examen 1 exam                                                | <b>Projet</b> Project             | :       |
| <b>Langue d'instruction</b> Language of instruction | : Français French                                                | <b>Non encadré</b> Homework       | : 12h30 |
| <b>Type de cours</b> Type of course                 | : Electif Elective                                               | <b>Horaire global</b> Total hours | :       |
| <b>Niveau</b> Level of course                       | : n/a                                                            |                                   |         |

#### Compétences attendues :

#### Pré-requis :

#### Contenu :

#### Présentation du contexte du cours :

L'analyse des échecs techniques (abandons de programmes) ou économiques (dépassements de coûts et délais quasi-systématiques dans certains domaines), constatés sur de nombreux grands programmes, dans le périmètre de l'aéronautique, du spatial et de la défense, met fréquemment en évidence des défauts dont l'origine concerne des manques dans la maîtrise de l'ingénierie des systèmes, bien souvent liés à la sous-estimation initiale de la complexité des programmes (exemples : oubli ou sous-estimation de parties prenantes, besoins insuffisamment exprimés, mauvaise maîtrise des interfaces, responsabilités et rôles des acteurs mal définis, ...).

Les systèmes développés par SAFRAN sont de plus en plus complexes, tant par leur niveau technologique, que par l'environnement d'utilisation et l'environnement réglementaire de plus en plus contraints, que par la pluridisciplinarité des compétences mises en oeuvre avec une compétition accrue impliquant une grande réactivité et une capacité à délivrer de façon fiable des solutions performantes, optimisées en coûts, avec des cycles de développement toujours plus courts. L'Ingénierie Système doit adresser cette complexité et ces contraintes pour permettre aux équipes projet de concevoir et développer de tels systèmes. Les deux leviers de performance suivants participent à ce principe :

#### • Analyse du Système

L'ingénierie système a précisément pour objectif d'adresser la complexité des systèmes et amener de la valeur aux systèmes, aux parties prenantes et aux sociétés. Pour ce faire elle s'appuie sur des méthodes d'analyse permettant de décomposer un problème complexe en un ensemble de problèmes appréhendables en collaboration avec des équipes pluridisciplinaires.

Ces méthodes sont dites itératives et récursives, au sens où l'ensemble des processus et méthodes proposées pour analyser et développer un système est utilisable pour analyser et développer les sous-systèmes (les données de sortie des processus au niveau système sont les données d'entrée du processus au niveau sous-système). Les méthodes d'analyse du système permettent également de représenter le système selon différents points de vue – en particulier les visions opérationnelle, fonctionnelle et organique.

#### • Model Driven Development

Pour supporter l'analyse du système, et pour implémenter l'approche par points de vue, les ingénieurs système s'appuient sur les techniques de Model Based System Engineering (MBSE), non pas en concurrence mais en complément des analyses à réaliser. Les standards aéronautiques sont fondamentalement orientés exigences (Requirement Based Engineering – RBE), mais cela ne doit pas signifier que toutes les exigences soient textuelles. L'un des objectifs est de permettre d'utiliser les formats de description les plus efficaces pour chaque élément décrit ou spécifié. L'exigence est avant tout un vecteur de communication : son format doit donc tenir compte de l'effort nécessaire à sa compréhension et du besoin de non ambiguïté, voire parfois de formalisme (au sens langage formel).

1/ L'ingénierie Système – Qu'est-ce que c'est ? (Généralité, définition, objectifs)

2/ Présentation des domaines de l'ingénierie système

3/ Zoom sur des processus de l'ingénierie système –et Mise en application d'une démarche IS sur un exemple simple

- Ingénierie des besoins et des exigences
- Architecture système + lien avec la Safety & Security

- V&V
- Gestion de configuration

4/ Support outillé possible à une démarche IS (langage, interopérabilité, traçabilité...)

5/ Synthèse et conclusion et conclusion

## Bibliographie :

### Expected competencies:

### Prerequisites:

### Content:

The analysis of technical (project abandonment) or economic failures (cost overruns and almost-systematic delays in certain areas), observed in many major projects, in the aeronautical, space and defense sectors, frequently highlights flaws due to shortcomings in the mastery of systems engineering, often to be linked to a faulty initial assessment of project complexity (examples: omission or underestimation of project participants, needs insufficiently expressed, poor control of interfaces, responsibilities and roles of the parties poorly defined,...).

The systems developed by SAFRAN are increasingly complex, because of their technological standards and their increasingly constrained operating and regulatory environments, but also because of the multidisciplinary nature of the skills used, alongside increasing competition requiring a high level of responsiveness and the ability to consistently deliver high-performance, cost-efficient solutions with ever shorter development cycles. Systems engineering must address this complexity and these constraints to enable project teams to design and develop such systems. The two following performance enhancing techniques contribute to this principle:

### Systems Analysis

Systems engineering aims precisely to address the complexity of systems and bring some added value to systems, project participants and companies. To this aim, it relies on analytical methods that make it possible to break down a complex problem into a set of subproblems that can be dealt with in collaboration with multidisciplinary teams.

These methods are called iterative and recursive, in the sense that all the processes and methods proposed to analyze and develop a system can be used to analyze and develop subsystems (process output data at the system's level are process input data at the subsystem level).

Systems analysis methods also allow the system to be represented from different point of views - in particular, the operational, functional and organic visions.

### Model Driven Development

To support the systems analysis, and to implement the point of view approach, systems engineers rely on Model Based System Engineering (MBSE) techniques, not as a substitute but in addition to the analyses to be performed.

Aeronautical standards are fundamentally Requirement-Based Engineering (RBE), which is not to say that all requirements are textual.

One of the objectives here is to allow the most efficient description formats to be used for each element described or specified. The requirement is above all a means of communication: its format must therefore take into account the effort required to understand it and the need for unambiguity, and sometimes even formalism (in the sense of formal language).

1/ Systems Engineering - What is it? (fundamentals, definition, objectives)

2/ Presentation of the various fields of systems engineering

3/ Focus on systems engineering processes – and implementation of an IS approach based on a simple example

- Needs and Requirements Engineering
- Systems architecture + link with Safety & Security
- V&V (verification and validation)
- Configuration management

4/ Available supports for an IS approach (language, interoperability, traceability...)

5/ Synthesis and conclusion

### Recommended reading:



**ENSEIGNEMENTS DE TROISIEME ANNEE**  
*Third year academic activities*

**SEMESTRE 5**  
**Option Aérodynamique (A)**

**Semester 5**  
**Specialisation Aerodynamics (A)**

| UE     | Intitulé des cours                                                               | Courses title                                               | Codes | Heures<br>Hours | Crédits<br>ECTS<br>Credits | Page |
|--------|----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-------|-----------------|----------------------------|------|
| UE5-1a | Sciences des Métiers – <i>Engineering Sciences SM5a1</i>                         |                                                             |       |                 |                            |      |
|        | Aérodynamique de l'aile                                                          | <i>Blade aerodynamics</i>                                   | AEA5  | 30h00           | 2.5                        | 118  |
|        | Combustion                                                                       | <i>Combustion</i>                                           | COB5  | 30h00           | 2.5                        | 119  |
|        | Modélisation thermique                                                           | <i>Thermal modelling</i>                                    | MOD5  | 30h00           | 2.5                        | 120  |
|        | Turbulence                                                                       | <i>Turbulence</i>                                           | TUR5  | 30h00           | 2.5                        | 122  |
|        | Cours électif # 1                                                                | <i>Elective course # 1</i>                                  | CE15  | 12h30           | 1                          | 182  |
|        | Cours électif # 2                                                                | <i>Elective course # 2</i>                                  | CE25  | 12h30           | 1                          |      |
| UE5-2a | Sciences des Métiers – <i>Engineering Sciences SM5a2</i>                         |                                                             |       |                 |                            |      |
|        | Aéroacoustique                                                                   | <i>Aeroacoutics</i>                                         | AAC5  | 25h00           | 2                          | 126  |
|        | Aérodynamique compressible                                                       | <i>Compressible aerodynamics</i>                            | ACO5  | 25h00           | 2                          | 128  |
|        | Méthodes numériques pour l'aérodynamique                                         | <i>Numerical methods for aerodynamics</i>                   | MNA5  | 25h00           | 2                          | 129  |
|        | Turbomachines                                                                    | <i>Turbomachinery</i>                                       | TBM5  | 25h00           | 2                          | 131  |
|        | Cours électif # 3                                                                | <i>Elective course # 3</i>                                  | CE35  | 12h30           | 1                          | 182  |
|        | Cours électif # 4                                                                | <i>Elective course # 4</i>                                  | CE45  | 12h30           | 1                          |      |
| UE5-3  | Sciences des Métiers – <i>Engineering Sciences SM53</i>                          |                                                             |       |                 |                            |      |
|        | Bureau d'études                                                                  | <i>Advanced Design Project</i>                              | BET5  | 120h00          | 5                          | 124  |
|        | Travaux pratiques                                                                | <i>Lab works</i>                                            | TPR5  | 35h00           | 2                          | 132  |
| UE5-4  | Formation Humaine et Langues – <i>Social Sciences and Foreign Languages FHL5</i> |                                                             |       |                 |                            |      |
|        | Education physique et sportive                                                   | <i>Sport</i>                                                | EPS5  | 45h00           | 2                          | 18   |
|        | Professional communication                                                       | <i>Professional communication</i>                           | PRC5  | 22h30           | 1                          | 134  |
|        | Langue vivante II                                                                | <i>Second foreign language</i>                              | LVD5  | 27h00           | 1,5                        | 21   |
|        | Validation des activités extra-scolaires (facultatif)*                           | <i>Validation of extra-curricular activities (optional)</i> | VAE5  | -               | 1                          | 135  |

**SEMESTRE 6 Semester 6**

|       | Intitulé des cours      | Courses title                   | Codes | Heures<br>Hours | Crédits ECTS<br>ECTS Credits | Page |
|-------|-------------------------|---------------------------------|-------|-----------------|------------------------------|------|
| UE6-1 | Stage ingénieur*        | <i>Junior Engineer Training</i> | STI6  | -               | 13                           | 224  |
| UE6-2 | Projet de fin d'études* | <i>Graduation Project</i>       | PFE6  | -               | 17                           | 225  |

**\*Non accessible aux étudiants internationaux en programme d'échange (sauf double diplôme)**  
**Not open to international exchange students (except Double Degree students)**

Stages accessibles aux étudiants internationaux en programme d'échange : voir rubrique [« Stage Court »](#) and [« Stage Long »](#)

Available internships for international exchange students : see section [Short term internship](#) and [Long-term Internship](#)



**Aérodynamique de l'aile**  
**Blade aerodynamics**

| <b>Code cours</b> <i>Course code: AEA5</i>                 |                                                    | <b>Crédits ECTS</b> <i>ECTS Credits: 2.5</i>     |
|------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| <b>Département</b> <i>Department</i>                       | : MFA                                              | <b>Cours</b> <i>Lectures</i> : 15h00             |
| <b>Coordonnateurs</b> <i>Lecturers</i>                     | : M. Ba, C. Sicot                                  | <b>T.D.</b> <i>Tutorials</i> : 15h00             |
| <b>Période</b> <i>Year of study</i>                        | : 3 <sup>e</sup> année 3 <sup>rd</sup> year        | <b>T.P.</b> <i>Laboratory sessions</i> :         |
| <b>Semestre</b> <i>Semester</i>                            | : 5 <sup>e</sup> semestre 5 <sup>th</sup> semester | <b>Projet</b> <i>Project</i> :                   |
| <b>Évaluation</b> <i>Assessment method(s)</i>              | : 1 examen 1 written exam                          | <b>Non encadré</b> <i>Homework</i> :             |
| <b>Langue d'instruction</b> <i>Language of instruction</i> | : Français French                                  | <b>Horaire global</b> <i>Total hours</i> : 30h00 |
| <b>Type de cours</b> <i>Type of course</i>                 | : Obligatoire Compulsory                           |                                                  |
| <b>Niveau</b> <i>Level of course</i>                       | : Graduate                                         |                                                  |

**Compétences attendues :** Maîtriser les théories de la ligne portante et des profils minces pour l'aérodynamique de l'aile.

**Pré-requis :** Mécanique des fluides

**Contenu :**

**Généralités**

- Similitude,
- Classification des écoulements,
- Equations d'Euler et couche limite,
- Equation du potentiel,
- Expression des vitesses en fonction des tourbillons.

**Profils minces**

**Ligne portante de Prandtl**

**Théorie du potentiel linéarisé pour les ailes en écoulement compressible**

**Méthode des singularités 3D**

**Bibliographie :** J.J. Bertin, M.L. Smith, *Aerodynamics for engineers*



**Expected competencies:** To acquire the lifting line theory.

**Prerequisites:** Fluid mechanics

**Content:**

**Fundamentals**

- Similarity,
- Flow classification,
- Euler's equation and boundary layer,
- Potential equation,
- Velocity and vorticity.

Thin airfoils

Prandtl's lifting line theory

Compressible flow around wings by means of the linearized potential method

3D boundary elements method

**Recommended reading:** J.J. Bertin, M.L. Smith, *Aerodynamics for engineers*

| Combustion<br>Combustion                     |                                                    |                                |         |
|----------------------------------------------|----------------------------------------------------|--------------------------------|---------|
| Code cours Course code: COB5                 |                                                    | Crédits ECTS ECTS Credits: 2.5 |         |
| Département Department                       | : ET                                               | Cours Lectures                 | : 15h00 |
| Coordonnateurs Lecturers                     | : M. Bellenoue, F. Viro, B. Boust                  | T.D. Tutorials                 | : 15h00 |
| Période Year of study                        | : 3 <sup>e</sup> année 3 <sup>rd</sup> year        | T.P. Laboratory sessions       | :       |
| Semestre Semester                            | : 5 <sup>e</sup> semestre 5 <sup>th</sup> semester | Projet Project                 | :       |
| Evaluation Assessment method(s)              | : 1 examen 1 written exam                          | Non encadré Homework           | :       |
| Langue d'instruction Language of instruction | : Français French                                  | Horaire global Total hours     | : 30h00 |
| Type de cours Type of course                 | : Obligatoire Compulsory                           |                                |         |
| Niveau Level of course                       | : Graduate                                         |                                |         |

**Compétences attendues :** Connaître les aspects fondamentaux de la combustion en régimes laminaires.

**Pré-requis :** Thermodynamique, mécanique des fluides

**Contenu :**

1. Introduction
2. Equations de bilan local des milieux gazeux réactifs
3. Relations phénoménologiques – Terme de production chimique
4. Flammes de diffusion
5. Flammes laminaires de pré mélange
6. Combustion dans les foyers de turboréacteurs
7. L'inflammation et l'extinction

**Bibliographie :** Aucune

**Expected competencies:** Knowledge of the fundamentals of laminar combustion.

**Prerequisites:** Thermodynamics, fluid mechanics

**Content:**

1. Introduction
2. Conservative equations for multicomponents reacting system
3. Phenomenological relations – Chemical kinetics
4. Diffusion flames
5. Premixed laminar flames
6. Turbojet engines' combustion in combustion chambers
7. Ignition and extinction

**Recommended reading:** None





| Modélisation thermique<br>Thermal modelling  |                                                    |                                |         |
|----------------------------------------------|----------------------------------------------------|--------------------------------|---------|
| Code cours Course code: MOD5                 |                                                    | Crédits ECTS ECTS Credits: 2.5 |         |
| Département Department                       | : ET                                               | Cours Lectures                 | : 15h00 |
| Coordonnateurs Lecturers                     | : Y. Bertin, E. Videcoq                            | T.D. Tutorials                 | : 15h00 |
| Période Year of study                        | : 3 <sup>e</sup> année 3 <sup>rd</sup> year        | T.P. Laboratory sessions       | :       |
| Semestre Semester                            | : 5 <sup>e</sup> semestre 5 <sup>th</sup> semester | Projet Project                 | :       |
| Evaluation Assessment method(s)              | : 1 examen 1 written exam                          | Non encadré Homework           | :       |
| Langue d'instruction Language of instruction | : Français French                                  | Horaire global Total hours     | : 30h00 |
| Type de cours Type of course                 | : Obligatoire Compulsory                           |                                |         |
| Niveau Level of course                       | : Graduate                                         |                                |         |

**Compétences attendues :** Appréhender une méthode de modélisation thermique de système

**Pré-requis :** Bases de transferts thermiques, mécanique des fluides

**Contenu :**

**Un modèle thermique : pourquoi, comment ? Exemples**

- Objectifs,
- Limites,
- Techniques de discrétisation,
- Relation avec l'expérience,
- Validation,
- Exemples industriels (satellite, cartes électroniques, machine électrotechnique...).

**Les bases phénoménologiques nécessaires et leur mise en forme**

- Conduction, convection, rayonnement, changement de phase,
- Expression des flux échangés.

**La méthode nodale**

- Principe,
- Notions de conductances, capacités, sources,
- Equations différentielles et réseau thermique,
- Traduction des conditions aux limites.

Exemples élémentaires (mur fini, barre, ailettes, fusible)

Transfert avec matériau à changement de phase

Contrôle thermique actif

Modèles couplés (thermique, hydraulique...)

Quelques notions sur les techniques inverses en thermique

Approches de modélisation thermique complémentaires

**Bibliographie :** Aucune

**Expected competencies:** To understand a thermal modelling method

**Prerequisites:** Basics of heat transfer, fluid mechanics

**Content:**

**Why and how to work out a thermal model: examples**

- Goals,
- Limits,
- Techniques of discretization,
- Experiment,
- Validation,
- Industrial examples (satellite, electronic boards, electrotechnic machines...).

**Basic phenomenology**

- Conduction, convection, radiation, change of phase,
- Expressions of the exchanged flows.



**Nodal method**

- Principle,
- Thermal conductance, capacities, sources,
- Differential equations and thermal network,
- Boundary conditions.

Elementary examples (wall, bar, fins, fuse)

Transfer with a phase changing material

Active thermal control

Coupled models (thermal, hydraulic...)

Some approaches on inverse methods in heat transfer

Additional approaches for thermal modelling

**Recommended reading:** None

| <b>Turbulence</b><br><b>Turbulence</b>                     |                                                    |                                                     |         |
|------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|---------|
| <b>Code cours</b> <i>Course code:</i> <b>TUR5</b>          |                                                    | <b>Crédits ECTS</b> <i>ECTS Credits:</i> <b>2.5</b> |         |
| <b>Département</b> <i>Department</i>                       | : MFA                                              | <b>Cours</b> <i>Lectures</i>                        | : 15h00 |
| <b>Coordonnateurs</b> <i>Lecturers</i>                     | : J. Borée, M. Meldi, L. Pérault                   | <b>T.D.</b> <i>Tutorials</i>                        | : 15h00 |
| <b>Période</b> <i>Year of study</i>                        | : 3 <sup>e</sup> année 3 <sup>rd</sup> year        | <b>T.P.</b> <i>Laboratory sessions</i>              | :       |
| <b>Semestre</b> <i>Semester</i>                            | : 5 <sup>e</sup> semestre 5 <sup>th</sup> semester | <b>Projet</b> <i>Project</i>                        | :       |
| <b>Evaluation</b> <i>Assessment method(s)</i>              | : 1 examen 1 written exam                          | <b>Non encadré</b> <i>Homework</i>                  | :       |
| <b>Langue d'instruction</b> <i>Language of instruction</i> | : Français French                                  | <b>Horaire global</b> <i>Total hours</i>            | : 30h00 |
| <b>Type de cours</b> <i>Type of course</i>                 | : Obligatoire Compulsory                           |                                                     |         |
| <b>Niveau</b> <i>Level of course</i>                       | : Graduate                                         |                                                     |         |

**Compétences attendues :** Avoir une bonne compréhension physique et phénoménologique en introduisant les « forces et faiblesses » des modélisations de la turbulence classiques et avancées.

**Pré-requis :** Mécanique des fluides avancée

**Contenu des cours :**

1. Introduction, quelques rappels
2. Description statistique des écoulements turbulents
3. Les équations du mouvement moyen (rappels de deuxième année)
4. Bilans énergétiques
5. Phénoménologie tourbillonnaire associée aux transferts énergétiques
6. Ecoulements turbulents cisailés libres
7. Turbulence de paroi. Base de données, lois physiques
8. Modélisation et simulation de la turbulence

Contenu des travaux dirigés:

Mélange turbulent : application au moteur à combustion interne

Notions statistiques fondamentales pour la mesure d'un écoulement turbulent

Cascade d'énergie et hypothèses de Kolmogorov

Equation d'évolution des tensions de Reynolds

5/6 La turbulence cinématiquement homogène, ses distorsions en liaison avec le développement de la modélisation.

7/8 Ecoulement de sillage plan turbulent

9/10 Turbulence de paroi. Analyse physique et modélisation

11/12 Ecriture d'un modèle à deux équations (exemple du modèle k-ε)

**Bibliographie :**

P. Chassaing, *Turbulence en mécanique des fluides*, Editions Cepadues, 2000

S.B. Pope, *Turbulent flows*, Cambridge University Press, 2000



**Expected competencies:** Have a good physical and phenomenological understanding by introducing the strength and limitations of standard and advanced turbulence models.

**Prerequisites:** Advanced fluid mechanics

Content of courses

Introduction.

Statistical description of the turbulent flows

Mean-flow equations

Mean and turbulent kinetic energy budgets

The scales of turbulent motion

Free shear flows

Wall flows

Modelling and simulation of turbulent flows

#### Content of the classes

1. Turbulent mixing: application to the internal combustion engine
2. Statistical convergence for the measurement of a turbulent flow
3. Energy cascade and Kolmogorov hypotheses
4. Budgets of the Reynolds stresses
- 5/6. Homogeneous turbulence. Its distortions in liaison with the development of models
- 7/8. Self-preserving turbulent plane wake
- 9/10. Wall flows. Physical analysis and modelling
- 11/12. Writing of a two-equations model (example of k-epsilon model)

#### **Recommended reading:**

S.B. Pope, *Turbulent flows*, Cambridge University Press, 2000

P. Chassaing, *Turbulence en mécanique des fluides*, Editions Cepadues, 2000

| Bureau d'études<br>Advanced Design Project          |                                                                                                                                                                                     |                                   |          |
|-----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|----------|
| Code cours Course code: BET5                        |                                                                                                                                                                                     | Crédits ECTS ECTS Credits: 5      |          |
| <b>Département</b> Department                       | : MFA et ET                                                                                                                                                                         | <b>Cours</b> Lectures             | :        |
| <b>Coordonnateurs</b> Lecturers                     | : J. Borée, F. Paillé, L. Pérault, M. Ba, M. Meldi, G. Lalizel, Y. Bertin, V. Ayel, M. Fénot, J.M. Petit, E. Videcoq, D. Karmed, F. Viot, T. de Resseguier, Z. Bouali, A. Chinnayya | <b>T.D.</b> Tutorials             | :        |
|                                                     |                                                                                                                                                                                     | <b>T.P.</b> Laboratory sessions   | : 120h00 |
| <b>Période</b> Year of study                        | : 3 <sup>e</sup> année 3 <sup>rd</sup> year                                                                                                                                         | <b>Non encadré</b> Homework       |          |
| <b>Semestre</b> Semester                            | : 5 <sup>e</sup> semestre 5 <sup>th</sup> semester                                                                                                                                  | <b>Horaire global</b> Total hours | : 120h00 |
| <b>Evaluation</b> Assessment method(s)              | : 1 rapport 1 report                                                                                                                                                                |                                   |          |
| <b>Langue d'instruction</b> Language of instruction | : Français French                                                                                                                                                                   |                                   |          |
| <b>Type de cours</b> Type of course                 | : Obligatoire Compulsory                                                                                                                                                            |                                   |          |
| <b>Niveau</b> Level of course                       | : Graduate                                                                                                                                                                          |                                   |          |

**Compétences attendues :** Résoudre un problème concret dans son ensemble.

**Pré-requis:** Aucun

**Contenu :** Il s'agit de travaux effectués par des groupes d'une dizaine d'élèves.

Les thèmes proposés sont, pour la plupart, établis en collaboration avec des entreprises et font appel aux connaissances théoriques acquises dans un des domaines relevant de l'option choisie pour la troisième année.

C'est l'occasion d'un apprentissage du travail de groupe où chacun doit contribuer à l'aboutissement de l'étude. Ainsi l'élève doit faire preuve d'autonomie tout en apprenant à communiquer et à travailler en équipe. L'encadrement des enseignants n'est pas trop contraignant de façon à permettre le développement des initiatives et de l'imagination des participants tout en maintenant la rigueur scientifique indispensable.

Le rapport de synthèse doit faire apparaître le déroulement du travail et décrire très soigneusement la démarche et l'étude scientifique réalisée.

Sujets:

- Aérodynamique et transport terrestre
- Contrôle d'écoulement sur voilure
- Aérodynamique des lanceurs
- Contrôle thermique des satellites
- Etude aérothermique d'un système électrique en contexte aéronautique
- Optimisation énergétique d'un groupe moto-propulseur d'automobile
- Fonctionnement des turboréacteurs et turbopropulseurs en régimes stationnaires et transitoires
- Étude d'un turboréacteur simple flux
- Amélioration du rendement par une combustion à volume constant
- Simulation des phénomènes de dynamique rapide avec le code RADIOSS

**Bibliographie :** Aucune



**Expected competencies:** Solve a practical problem.

**Prerequisites:** None

**Content:** Teams of 10 students.

Most subjects are jointly carried out with industrial partners and require mastery of one scientific domain that constitutes part of the students' 3rd year major.

Each individual will learn to contribute to a collaborative effort. Thus the student must demonstrate his technical expertise as well as his ability to communicate and work in a team. Professors supervise the work to ensure the indispensable scientific validity of the development but will not be directive will foster initiative and imagination among students.

The final report relates the development of the project, outlines the scientific options and carefully describes the whole work.

Topics:

- Automotive aerodynamics
- Micro-UAV design

- Launcher aerodynamics
- Satellite thermal control
- Thermal design of electronic control units (avionics)
- Automotive propulsion systems energetics: analysis, modelling and experimentation, synthesis
- Operation of turbojets and turboprops in stationary and transient regimes.
- Study of a single-flow turbojet
- Performance improvement by a constant volume combustion
- Numerical simulation of the propagation of shocks with the code RADIOSS

**Recommended reading:** None

| Aéroacoustique<br>Aeroacoustics              |                                                    |                              |       |
|----------------------------------------------|----------------------------------------------------|------------------------------|-------|
| Code cours Course code: AAC5                 |                                                    | Crédits ECTS ECTS Credits: 2 |       |
| Département Department                       | : MFA                                              | Cours Lectures               | : 25h |
| Coordonnateurs Lecturers                     | : V. Fortuné                                       | T.D. Tutorials               | :     |
| Période Year of study                        | : 3 <sup>e</sup> année 3 <sup>rd</sup> year        | T.P. Laboratory sessions     | :     |
| Semestre Semester                            | : 5 <sup>e</sup> semestre 5 <sup>th</sup> semester | Projet Project               | :     |
| Evaluation Assessment method(s)              | : 1 examen 1 exam                                  | Non encadré Homework         | :     |
| Langue d'instruction Language of instruction | : Français French                                  | Horaire global Total hours   | : 25h |
| Type de cours Type of course                 | : Obligatoire Compulsory                           |                              |       |
| Niveau Level of course                       | : Graduate                                         |                              |       |

**Compétences attendues :** Avoir les connaissances de base pour appréhender les difficultés spécifiques à la résolution des problèmes d'aéroacoustique, à savoir la génération et la propagation du son par et dans les écoulements turbulents, caractéristiques du rayonnement acoustique des jets de turboréacteur des avions par exemple.

Savoir interpréter physiquement les mécanismes sous jacents et introduire des modèles classiques de prévision des effets de convection et de réfraction associés à la propagation d'ondes acoustiques en écoulement anisothermes cisailés et de génération de bruit dû aux fluctuations turbulentes (analogies aéroacoustiques).

**Pré-requis:** Mécanique des fluides, turbulence, acoustique fondamentale

**Contenu:**

#### Introduction

- Présentation générale de quelques problèmes génériques d'aéroacoustique,
- Nature des sources et phénomènes physiques associés.

#### Chapitre 1 - Rappels généraux d'acoustique fondamentale

- Equations du fluide compressible en régime instationnaire,
- Equation des ondes, vitesse du son, solution générale, impédance,
- Energie, puissance et intensité acoustiques,
- Niveaux acoustiques.

#### Chapitre 2 - Propagation acoustique en écoulement

- Equations de propagation d'ondes acoustiques linéaires en écoulement,
- Convection des ondes, effet Doppler,
- Réfraction des ondes en écoulement.

#### Chapitre 3 - Génération de bruit par les écoulements turbulents libres

- Equation des ondes avec second membre, fonction de Green,
- Analogie de Lighthill,
- Loi en puissance et introduction à l'estimation statistique du bruit de jet.

#### Chapitre 4 - Bruit des obstacles en écoulement

- Analogie de Curle,
- Loi en puissance et estimation statistique du bruit d'un cylindre en écoulement.

#### Bibliographie :

M.E. Goldstein, *Aeroacoustics*, Mc Graw Hill International, 1976

D. Crighton, A. Dowling, J. Ffowcs Williams, M. Heckel and F. Leppington, *Modern methods in analytical acoustics*, Springer Verlag, 1994



**Expected competencies:** Basic knowledge to grasp the specific difficulties in solving problems in aeroacoustics; such as sound generation and propagation by and in turbulent flow, characteristics of the acoustic emission of aircraft turbojets for example. Physic interpretation of underlying mechanisms and an introduction to the standard estimation models of convection and refraction effects associated with the propagation of acoustic waves in shear and non isothermal flows, and of generation of sound due to turbulent fluctuations (aeroacoustics analogy).

**Prerequisites:** Fluid mechanics, turbulence, fundamentals of acoustics

**Content:**

#### Introduction

- General presentation of some basic aeroacoustics problems,

- Origin of the sources and associated physical phenomena

#### **Chapter 1 - General reminders of fundamental acoustics**

- Equations of compressible fluid in unsteady flow,
- Wave equations, sound velocity, general solution, impedance,
- Acoustic energy, power and intensity - Sound levels.

#### **Chapter 2 - Sound propagation in flow**

- Equations of linear acoustic wave's propagation in flow (Linearized Euler Equations, LEE),
- Wave convection, Doppler effect,
- Wave refraction in flow.

#### **Chapter 3 - Noise generation from free turbulent flows**

- Wave equations, Green's function,
- Lighthill's analogy,
- Power law and introduction to statistical estimation of jet noise.

#### **Chapter 4 - Noise from wall-bounded unsteady flows**

- Curle's analogy,
- Power law and statistical estimation of the sound of a cylinder in flow.

#### **Recommended reading:**

M.E. Goldstein, *Aeroacoustics*, Mc Graw Hill International, 1976

D. Crighton, A. Dowling, J. Ffowcs Williams, M. Heckel and F. Leppington, *Modern methods in analytical acoustics*, Springer Verlag, 1994



**Aérodynamique compressible**  
**Compressible aerodynamics**

| <b>Code cours</b> <i>Course code: ACO5</i>                 |                                                    | <b>Crédits ECTS</b> <i>ECTS Credits: 2</i> |         |
|------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|--------------------------------------------|---------|
| <b>Département</b> <i>Department</i>                       | : MFA                                              | <b>Cours</b> <i>Lectures</i>               | : 12h30 |
| <b>Coordonnateurs</b> <i>Lecturers</i>                     | : E. Goncalves                                     | <b>T.D.</b> <i>Tutorials</i>               | : 12h30 |
| <b>Période</b> <i>Year of study</i>                        | : 3 <sup>e</sup> année 3 <sup>rd</sup> year        | <b>T.P.</b> <i>Laboratory sessions</i>     | :       |
| <b>Semestre</b> <i>Semester</i>                            | : 5 <sup>e</sup> semestre 5 <sup>th</sup> semester | <b>Projet</b> <i>Project</i>               | :       |
| <b>Evaluation</b> <i>Assessment method(s)</i>              | : 1 examen 1 written exam                          | <b>Non encadré</b> <i>Homework</i>         | :       |
| <b>Langue d’instruction</b> <i>Language of instruction</i> | : Français French                                  | <b>Horaire global</b> <i>Total hours</i>   | : 25h00 |
| <b>Type de cours</b> <i>Type of course</i>                 | : Obligatoire Compulsory                           |                                            |         |
| <b>Niveau</b> <i>Level of course</i>                       | : Graduate                                         |                                            |         |

**Compétences attendues :** Connaître les méthodes traditionnelles de calcul d'ailes et de fuselage en écoulement supersonique et transsonique. Connaître les résultats de simulation numérique avancée en aérodynamique fondamentale

**Pré-requis :** Cours d'aérodynamique pour écoulements compressibles. Cours de turbulence

**Contenu :**

1. Calcul d'ailes en écoulement supersonique
2. Couche limite compressible
3. Performance aérodynamique
4. Mécanique des Fluides Numériques pour écoulements turbulents compressibles

**Bibliographie :**

A. Bonnet, J. Luneau, *Aérodynamique. Théories de la dynamique des fluides*, Cepadues, 1989  
M. Lesieur, O. Métais, P. Comte, P., *Large Eddy Simulation of Turbulence*, Cambridge University Press, 2005



**Expected competencies:** Knowledge of traditional methods for wing and fuselage design in supersonic and transonic regimes. Knowledge of results of advanced CFD in fundamental aerodynamics.

**Prerequisites:** Basic course in aerodynamics for compressible flows. Turbulence course

**Content:**

Finite wings in supersonic flows  
Compressible boundary layer  
Aerodynamic performance  
CFD for compressible flows

**Recommended reading:**

A. Bonnet, J. Luneau, *Aérodynamique. Théories de la dynamique des fluides*, Cepadues, 1989  
M. Lesieur, O. Métais, P. Comte, P., *Large Eddy Simulation of Turbulence*, Cambridge University Press, 2005

**Méthodes numériques pour l'aérodynamique**  
**Numerical methods for aerodynamics**

| <b>Code cours</b> <i>Course code: MNA5</i>                 |                                                          | <b>Crédits ECTS</b> <i>ECTS Credits: 2</i> |         |
|------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|--------------------------------------------|---------|
| <b>Département</b> <i>Department</i>                       | : MFA                                                    | <b>Cours</b> <i>Lectures</i>               | : 12h30 |
| <b>Coordonnateurs</b> <i>Lecturers</i>                     | : G. Lehnasch                                            | <b>T.D.</b> <i>Tutorials</i>               | : 12h30 |
| <b>Période</b> <i>Year of study</i>                        | : 3 <sup>e</sup> année <i>3<sup>rd</sup> year</i>        | <b>T.P.</b> <i>Laboratory sessions</i>     | :       |
| <b>Semestre</b> <i>Semester</i>                            | : 5 <sup>e</sup> semestre <i>5<sup>th</sup> semester</i> | <b>Projet</b> <i>Project</i>               | :       |
| <b>Evaluation</b> <i>Assessment method(s)</i>              | : 1 examen <i>1 written exam</i>                         | <b>Non encadré</b> <i>Homework</i>         | :       |
| <b>Langue d'instruction</b> <i>Language of instruction</i> | : Français <i>French</i>                                 | <b>Horaire global</b> <i>Total hours</i>   | : 25h00 |
| <b>Type de cours</b> <i>Type of course</i>                 | : Obligatoire <i>Compulsory</i>                          |                                            |         |
| <b>Niveau</b> <i>Level of course</i>                       | : Graduate                                               |                                            |         |

**Compétences attendues :** Connaître les schémas numériques utilisés dans les codes de calcul industriels d'aérodynamique et de leur comportement en termes de précision et dissipation artificielle, ainsi que des perspectives de développement.

**Pré-requis :** Cours de base d'analyse numérique. Cours de base d'aérodynamique compressible

**Contenu :**

**Classification des approches**

- Des équations potentielles/couche limites à la Simulation Numérique Directe

**Equation d'Euler monodimensionnelle**

- Hyperbolicité,
- Résolution exacte du problème de Riemann.

**Integration des équations d'Euler**

- Schémas conservatifs,
- Schémas basés sur les développements de Taylor,
- Schémas à décomposition de flux,
- Schémas basés sur les solveurs de Riemann,
- Correction d'entropie,
- Extensions d'ordre plus élevé (TVD, MUSCL et limiteurs).

**Intégration des équations de Navier-Stokes compressibles**

- Maillages curvilignes,
- Discrétisation des termes dissipatifs,
- Discrétisation temporelle,
- Implicitation,
- Conditions aux limites non réfléchissantes.

**Bibliographie :** C. Hirsch, *Numerical computation of internal and external flows. Vol. 2: computational methods for inviscid and viscous flows*, 1999, Wiley.



**Expected competencies:** Knowledge of the numerical schemes in use in industrial CFD codes, and of their behaviour in terms of accuracy and artificial dissipation. Development prospects.

**Prerequisites:** Basic numerical analysis course. Basic compressible fluid dynamics course

**Content:**

**Classification of the different CFD approaches**

- From coupled potential/boundary -layer equations to Direct Numerical Simulation

**One-dimensional Euler equations**

- Hyperbolicity,
- Exact solution of the Riemann problem.

**Integration of the Euler equations**

- Conservative schemes - schemes based upon Taylor expansions,
- Flux splitting,
- Difference Splitting,
- Entropy correction,
- Higher order extensions (TVD, MUSCL, limiters).

**Intégration of the full compressible Navier-Stokes equations**

- Curvilinear meshes,
- Discretization of the dissipative terms,
- Time discretization,
- Implication,
- Non-reflecting boundary conditions.

**Recommended reading:** C. Hirsch, *Numerical computation of internal and external flows. Vol. 2, computational methods for inviscid and viscous flows*, 1999, Wiley

| <b>Turbomachines</b><br><b>Turbomachinery</b>              |                                                          |                                            |         |
|------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|--------------------------------------------|---------|
| <b>Code cours</b> <i>Course code: TBM5</i>                 |                                                          | <b>Crédits ECTS</b> <i>ECTS Credits: 2</i> |         |
| <b>Département</b> <i>Department</i>                       | : MFA                                                    | <b>Cours</b> <i>Lectures</i>               | : 12h30 |
| <b>Coordonnateurs</b> <i>Lecturers</i>                     | : A. Spohn                                               | <b>T.D.</b> <i>Tutorials</i>               | : 12h30 |
| <b>Période</b> <i>Year of study</i>                        | : 3 <sup>e</sup> année <i>3<sup>rd</sup> year</i>        | <b>T.P.</b> <i>Laboratory sessions</i>     | :       |
| <b>Semestre</b> <i>Semester</i>                            | : 5 <sup>e</sup> semestre <i>5<sup>th</sup> semester</i> | <b>Projet</b> <i>Project</i>               | :       |
| <b>Evaluation</b> <i>Assessment method(s)</i>              | : 1 examen <i>1 written exam</i>                         | <b>Non encadré</b> <i>Homework</i>         | :       |
| <b>Langue d'instruction</b> <i>Language of instruction</i> | : Français <i>French</i>                                 | <b>Horaire global</b> <i>Total hours</i>   | : 25h00 |
| <b>Type de cours</b> <i>Type of course</i>                 | : Obligatoire <i>Compulsory</i>                          |                                            |         |
| <b>Niveau</b> <i>Level of course</i>                       | : Graduate                                               |                                            |         |

**Compétences attendues :** Maîtriser les fondements nécessaires pour comprendre le fonctionnement aérodynamique des composants de turbomachines (entrées d'air, compresseur et turbines).

**Pré-requis :** Mécanique de fluides compressibles, notions sur des écoulements turbulents, machines thermiques

**Contenu :**

- Introduction et généralités sur des turbomachines
- Théorie 2D simplifiée d'un étage compresseur ou turbine
- Écoulement de grilles-profils
- Écoulement 3D
- Critères généraux de conception de compresseurs et de turbines radiaux
- Compresseur radial
- Fonctionnement stable et fonctionnement hors domaine

**Bibliographie :**

- S.L. Dixon, *Fluid Mechanics, Thermodynamics of Turbomachinery*, Pergamon Press Second Edition, 1975
- B. Lakshminarayana, *Fluid Dynamics and Heat Transfer of Turbomachinery*, John Wiley and Sons Inc., 1996



**Expected competencies:** Knowledge of the fluid mechanics of turbomachinery elements (flow inlets, compressors and turbines)

**Prerequisites:** Compressible fluid mechanics, notions of turbulent flows, thermal engines

**Content:**

- Introduction, overview and machinery classification
- Two-dimensional flow in a compressor and a turbine stage
- Two-dimensional cascades and airfoils
- Simplified three-dimensional flow
- General design criteria for compressors and turbines
- Radial compressor
- Stable operation and off design operation

**Recommended reading:**

- S.L. Dixon, *Fluid Mechanics, Thermodynamics of Turbomachinery*, Pergamon Press Second Edition, 1975
- B. Lakshminarayana, *Fluid Dynamics and Heat Transfer of Turbomachinery*, John Wiley and Sons Inc., 1996

| Travaux pratiques<br>Lab works               |                                                                        |                              |         |
|----------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|------------------------------|---------|
| Code cours Course code: TPR5                 |                                                                        | Crédits ECTS ECTS Credits: 2 |         |
| Département Department                       | : ET                                                                   | Cours Lectures               | :       |
| Coordonnateurs Lecturers                     | : M. Fénot, D. Karmed, J. Sotton, V. Ayel,<br>G. Lalizel, C. Romestant | T.D. Tutorials               | :       |
| Période Year of study                        | : 3 <sup>e</sup> année 3 <sup>rd</sup> year                            | T.P. Laboratory sessions     | : 35h00 |
| Semestre Semester                            | : 5 <sup>e</sup> semestre 5 <sup>th</sup> semester                     | Projet Project               | :       |
| Evaluation Assessment method(s)              | : 1 examen 1 written exam                                              | Non encadré Homework         | :       |
| Langue d'instruction Language of instruction | : Français French                                                      | Horaire global Total hours   | : 35h00 |
| Type de cours Type of course                 | : Obligatoire Compulsory                                               |                              |         |
| Niveau Level of course                       | : Graduate                                                             |                              |         |

**Compétences attendues :** Savoir mettre en pratique les connaissances acquises en cours et TD sur des configurations expérimentales et numériques

**Pré-requis :** Mécanique des fluides de base, aérodynamique supersonique, conduction, convection, rayonnement, thermodynamique, combustion

**Contenu :**

#### TP Aérodynamique

- Ecoulements subsoniques,
- Ecoulements transsoniques,
- Ecoulements supersoniques.

#### TP Transferts thermiques

- Etude des transferts de chaleur dus à l'impact d'un jet,
- Etude de la propagation d'un signal périodique dans une « barre »,
- Mesure de l'échange convectif le long d'une paroi verticale chauffée,
- Mesure de l'échange convectif sur un cylindre chauffé en écoulement forcé,
- Caloduc pour le contrôle thermique des satellites,
- Boucle diphasique pour le contrôle thermique des satellites,
- Boucle diphasique pour application ferroviaire,
- Détermination des facteurs de réflexion par sphère intégrante,
- Détermination de la diffusivité thermique par méthode flash.

#### TP Energétique

- Détonation,
- Propagation d'une flamme dans un tube,
- Explosion aérienne - Détermination de la vitesse fondamentale d'une flamme par la méthode de la bombe sphérique:
- Partie théorique,
- Partie expérimentale,
- Modélisation du développement de la combustion dans une chambre à volume constant: cas d'une chambre sphérique adiabatique,
- Modélisation du développement de la combustion dans une chambre à volume constant: cas d'une chambre cylindrique non-adiabatique,
- Etude spectroscopique d'une flamme.

**Bibliographie :** Aucune

**Expected competencies:** To apply knowledge exposed during lectures and Tutorials to experimental and numerical configurations.

**Prerequisites:** Fluid mechanics, supersonic flow, conductive heat transfer, convective heat transfer, radiative heat transfer, thermodynamics, combustion

**Content:**

#### Laboratory session in Aerodynamics

- Subsonic flows,
- Transonic flows,
- Supersonic flows.



**Laboratory session in Thermal transfer**

- Heat transfer of an impinging jet,
- Periodic signal propagation in a “bar”,
- Convective exchange along a heated vertical wall measurement,
- Convective exchange on a heated cylinder in forced flow measurement,
- Heat pipe for satellite thermal control,
- Diphasic loop for satellite thermal control,
- Diphasic loop for railway applications,
- Reflective factors by integral sphere determination,
- Thermal diffusion determination by means of the flash method.

**Laboratory session in Energetics**

- Detonation,
- Flame spread in a tube,
- Airburst - Determination of the fundamental speed of flame with the spherical bomb method,
- Theoretical part,
- Experimental part,
- Combustion development modelling in a constant volume chamber: case of an adiabatic spherical chamber,
- Combustion development modelling in a constant volume chamber: case of a non-adiabatic cylindrical chamber,
- Spectroscopic study of a flame.

**Recommended reading:** None

| Professional communication                                 |                                                    |                                            |         |
|------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|--------------------------------------------|---------|
| Code cours <i>Course code:</i> <b>PRC5</b>                 |                                                    | Crédits ECTS <i>ECTS Credits:</i> <b>1</b> |         |
| <b>Département</b> <i>Department</i>                       | : FGH                                              | <b>Cours</b> <i>Lectures</i>               | :       |
| <b>Coordonnateurs</b> <i>Lecturers</i>                     | : A. Glad, F. Boucaud, R. Marshall-Courtois        | <b>T.D.</b> <i>Tutorials</i>               | : 22h30 |
| <b>Période</b> <i>Year of study</i>                        | : 3 <sup>e</sup> année 3 <sup>rd</sup> year        | <b>T.P.</b> <i>Laboratory sessions</i>     | :       |
| <b>Semestre</b> <i>Semester</i>                            | : 5 <sup>e</sup> semestre 5 <sup>th</sup> semester | <b>Projet</b> <i>Project</i>               | :       |
| <b>Evaluation</b> <i>Assessment method(s)</i>              | : Contrôle continu <i>Continuous assessment</i>    | <b>Non encadré</b> <i>Homework</i>         | :       |
| <b>Langue d’instruction</b> <i>Language of instruction</i> | : Anglais <i>English</i>                           | <b>Horaire global</b> <i>Total hours</i>   | : 22h30 |
| <b>Type de cours</b> <i>Type of course</i>                 | : Obligatoire <i>Compulsory</i>                    |                                            |         |
| <b>Niveau</b> <i>Level of course</i>                       | : Graduate                                         |                                            |         |

**N.B.:** Au semestre 5, tous les étudiants suivent le cours “Professional Communication”. Ils sont répartis par groupes de niveau.

#### Compétences attendues :

- Pouvoir communiquer à l’oral en anglais dans une situation professionnelle.
- Être capable d’analyser une situation de communication et d’agir en conséquence.

**Pré-requis:** Niveau CEFR B1 minimum.

#### Contenu :

Les cours peuvent porter sur la préparation/réalisation d’une présentation orale et/ou la conduite de réunion, et/ou la négociation en langue anglaise.

#### Bibliographie : .

D.Lax, J. Sebenius, *3D negotiation*, Harvard Business Review Press 2006

Cicéron: *De Oratore* (55 avant J-C)



**N.B.:** During semester 5, all students follow the “Professional Communication” course. They are streamed into groups on the basis of their proficiency in English.

#### Expected competencies:

- To be able to communicate orally in English in a professional situation.
- To be able to analyse communication strategies and react to them.

**Pré-requis:** CEFR B1 level.

#### Content:

The content of the course can be the preparation and delivery of an oral presentation, and/or meeting organization and moderation, and/or negotiation (integrative and distributive).

#### Recommended reading:

D.Lax, J. Sebenius, *3D negotiation*, Harvard Business Review Press 2006

Cicéron: *De Oratore* (55 B-C)

**Validation des activités extra-scolaires (facultatif)**  
**Validation of extra-curricular activities (optional)**

| Code cours <i>Course code: VAE5</i>                 |                                     | Crédits ECTS <i>ECTS Credits: 1</i> |   |
|-----------------------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|---|
| Département <i>Department</i>                       | :                                   | Cours <i>Lectures</i>               | : |
| Coordonnateurs <i>Lecturers</i>                     | :                                   | T.D. <i>Tutorials</i>               | : |
| Période <i>Year of study</i>                        | : 3ème année / 3 <sup>rd</sup> year | T.P. <i>Laboratory sessions</i>     | : |
| Semestre <i>Semester</i>                            | :                                   | Projet <i>Project</i>               | : |
| Evaluation <i>Assessment method(s)</i>              | :                                   | Non encadré <i>Homework</i>         | : |
| Langue d’instruction <i>Language of instruction</i> | :                                   | Horaire global <i>Total hours</i>   | : |
| Type de cours <i>Type of course</i>                 | :                                   |                                     |   |
| Niveau <i>Level of course</i>                       | :                                   |                                     |   |

**Compétences attendues :**

Les recruteurs ne cherchent plus à embaucher seulement d'excellents scientifiques, mais surtout des ingénieurs, certes compétents sur le plan technique, mais aussi capables de prendre des responsabilités:

- travail en groupe
- gestion d'équipes
- gestion de crédits
- gestion de délais.

L'ISAE-ENSMA comme beaucoup d'écoles, a intégré dans le cursus quelques cours dans ce domaine.

Mais l'ISAE-ENSMA suit également une approche qui découle du constat suivant: il existe au sein de l'Ecole de nombreuses activités qui font appel à ces qualités (Cercle des Elèves, organisation du gala, associations culturelles, sportives, humanitaires, projets scientifiques...).

Les élèves ayant participé à ces activités devront, lors de futurs entretiens d'embauche, montrer aux recruteurs qu'elles constituent pour eux une première expérience dans ce domaine. Ils devront «vendre» ces nouvelles compétences acquises.

Le système retenu a ainsi plusieurs objectifs :

- aider chaque personne à valoriser pour elle même ces acquis;
- fournir aux élèves ayant fait preuve de talents particuliers dans le domaine de l'organisation une attestation officielle qui aura plus de poids que la simple annotation dans le C.V: «a participé à l'organisation de...»;
- attribuer un ECTS dans l'UE3 du semestre 5.

**Pré-requis :** aucun

**Contenu :**

La liste des élèves méritant d'être distingués se fera à partir :

- d'un questionnaire renseigné par chaque candidat pour situer son activité, l'importance de celle-ci, son degré de réussite... (la présentation de l'ensemble des activités doit être synthétique et ne pas excéder une double page).
- d'un entretien avec les candidats retenus après examen des questionnaires (la commission d'audition est composée d'enseignants de l'école, d'élèves responsables de la vie associative, d'anciens élèves...).

**Bibliographie:** aucune



**Expected competencies:**

Employers do not only seek to hire excellent scientists with technical competences but also engineers who can take on responsibilities:

- teamwork
- team management
- project budget management
- project schedule management



As many other schools, ISAE –ENSMA now offers some courses on that topic.

But ISAE-ENSMA also has a separate approach to the subject, based on the existence of many activities in the school that require those qualities and competences (the student government, preparation of the graduation ceremony, cultural, humanitarian groups and sports clubs, scientific projects etc.):

At recruitment interviews, students who have participated in these activities will have to show to employers that they have had a firsthand experience in that field through them and demonstrate those competences are transferable skills.

Several objectives have thus been defined:

- Helping each one to value this asset;
- Providing students who have demonstrated outstanding organizational skills with an official certificate that will have more weight than just a line in a résumé;
- Allocate 1 ECTS credit to Teaching Unit 3 of semester 5.

**Prerequisites:** none

**Content:**

The list of students deserving recognition will be based on:

- A questionnaire filled out by each candidate to specify his/her activity, its importance, his/her level of success in it (comprising a 2-page statement maximum)
- An interview with the selected candidates after the completed surveys have been reviewed (the board is composed of ISAE-ENSMA faculty members, students in charge of the student government, alumni etc.)

**Recommended reading:** none

**ENSEIGNEMENTS DE TROISIEME ANNEE**  
**Third year academic activities**

**SEMESTRE 5**  
Option Energétique (**E**)

**Semester 5**  
**Specialisation Energetics (E)**

| UE     | Intitulé des cours                                                              | Courses title                                               | Codes | Heures<br>Hours | Crédits ECTS<br>ECTS Credits | Page |
|--------|---------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-------|-----------------|------------------------------|------|
| UE5-1e | Sciences des Métiers – <i>Engineering Sciences SM5e1</i>                        |                                                             |       |                 |                              |      |
|        | Aérodynamique de l'aile                                                         | <i>Blade aerodynamics</i>                                   | AEA5  | 30h00           | 2.5                          | 118  |
|        | Combustion                                                                      | <i>Combustion</i>                                           | COB5  | 30h00           | 2.5                          | 119  |
|        | Modélisation thermique                                                          | <i>Thermal modelling</i>                                    | MOD5  | 30h00           | 2.5                          | 120  |
|        | Turbulence                                                                      | <i>Turbulence</i>                                           | TUR5  | 30h00           | 2.5                          | 122  |
|        | Cours électif # 1                                                               | <i>Elective course # 1</i>                                  | CE15  | 12h30           | 1                            | 182  |
|        | Cours électif # 2                                                               | <i>Elective course # 2</i>                                  | CE25  | 12h30           | 1                            |      |
| UE5-2e | Sciences des Métiers – <i>Engineering Sciences SM5e2</i>                        |                                                             |       |                 |                              |      |
|        | Détonations et explosions                                                       | <i>Detonations and explosions</i>                           | DTE5  | 25h00           | 2                            | 138  |
|        | Ondes de choc                                                                   | <i>Shock waves</i>                                          | ONC5  | 25h00           | 2                            | 139  |
|        | Transport et turbulence en combustion                                           | <i>Transport and turbulence in combustion</i>               | TTC5  | 25h00           | 2                            | 140  |
|        | Propulsion                                                                      | <i>Propulsion</i>                                           | PRO5  | 25h00           | 2                            | 141  |
|        | Cours électif # 3                                                               | <i>Elective course # 3</i>                                  | CE35  | 12h30           | 1                            | 182  |
|        | Cours électif # 4                                                               | <i>Elective course # 4</i>                                  | CE45  | 12h30           | 1                            |      |
| UE5-3  | Sciences des Métiers – <i>Engineering Sciences SM53</i>                         |                                                             |       |                 |                              |      |
|        | Bureau d'études                                                                 | <i>Advanced Design Project</i>                              | BET5  | 120h00          | 5                            | 124  |
|        | Travaux pratiques                                                               | <i>Lab works</i>                                            | TPR5  | 35h00           | 2                            | 132  |
| UE5-4  | Formation Humaine et Langues – <i>Social Science and Foreign Languages FHL5</i> |                                                             |       |                 |                              |      |
|        | Education physique et sportive                                                  | <i>Sport</i>                                                | EPS5  | 45h00           | 2                            | 18   |
|        | Professional communication                                                      | <i>Professional communication</i>                           | PRC5  | 22h30           | 1                            | 134  |
|        | Langue vivante II                                                               | <i>Second foreign language</i>                              | LVD5  | 27h00           | 1,5                          | 21   |
|        | Validation des activités extra-scolaires (facultatif)*                          | <i>Validation of extra-curricular activities (optional)</i> | VAE5  | -               | 1                            | 135  |

**SEMESTRE 6**

**Semester 6**

|       | Intitulé des cours      | Courses title                   | Codes | Heures<br>Hours | Crédits ECTS<br>ECTS Credits | Page |
|-------|-------------------------|---------------------------------|-------|-----------------|------------------------------|------|
| UE6-1 | Stage ingénieur*        | <i>Junior Engineer Training</i> | STI6  | -               | 13                           | 224  |
| UE6-2 | Projet de fin d'études* | <i>Graduation Project</i>       | PFE6  | -               | 17                           | 225  |

**\*Non accessible aux étudiants internationaux en programme d'échange (sauf double diplôme)**  
**Not open to international exchange students (except Double Degree students)**

Stages accessibles aux étudiants internationaux en programme d'échange : voir rubrique [« Stage Court »](#) and [« Stage Long »](#)

Available internships for international exchange students : see section [Short term internship](#) and [Long-term Internship](#)



**Détonations et explosions**  
*Detonations and explosions*

| <b>Code cours</b> <i>Course code: DTE5</i>                 |                                                    | <b>Crédits ECTS</b> <i>ECTS Credits: 2</i>       |
|------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| <b>Département</b> <i>Department</i>                       | : ET                                               | <b>Cours</b> <i>Lectures</i> : 12h30             |
| <b>Coordonnateurs</b> <i>Lecturers</i>                     | : A.Chinnayya                                      | <b>T.D.</b> <i>Tutorials</i> : 12h30             |
| <b>Période</b> <i>Year of study</i>                        | : 3 <sup>e</sup> année 3 <sup>rd</sup> year        | <b>T.P.</b> <i>Laboratory sessions</i> :         |
| <b>Semestre</b> <i>Semester</i>                            | : 5 <sup>e</sup> semestre 5 <sup>th</sup> semester | <b>Projet</b> <i>Project</i> :                   |
| <b>Evaluation</b> <i>Assessment method(s)</i>              | : 1 écrit 1 written exam                           | <b>Non encadré</b> <i>Homework</i> :             |
| <b>Langue d’instruction</b> <i>Language of instruction</i> | : Français French                                  | <b>Horaire global</b> <i>Total hours</i> : 25h00 |
| <b>Type de cours</b> <i>Type of course</i>                 | : Obligatoire Compulsory                           |                                                  |
| <b>Niveau</b> <i>Level of course</i>                       | : Graduate                                         |                                                  |

**Compétences attendues :** Savoir caractériser et connaître les conditions d’apparition des régimes supersoniques de la combustion – Interactions ondes de choc en milieu gazeux. Propagation des détonations en milieux gazeux ou condensés.

**Pré-requis :** Thermodynamique, mécanique des fluides, bases de l’aérodynamique supersonique

**Contenu :**

- Introduction : champs d’application de la détonique
- Ondes de choc dans les gaz
- Tube à choc
- Détonations
- Structures de l’onde de détonation - détonabilité
- Hydrodynamique des produits de détonation
- Méthodes de calcul
- Propulsion par effet stato

**Bibliographie :** Aucune



**Expected competencies:** Knowledge of supersonic combustion regimes, their existence. Shockwave interactions in gaseous media. Detonation propagation in gas and solid media.

**Prerequisites:** Thermodynamics, fluid mechanics, fundamentals of supersonic aerodynamics

**Content:**

- Fundamentals: Detonic fields
- Gas shockwave
- Shock tube
- Detonations
- Detonation wave structure - detonability
- Hydrodynamics of detonation products
- Methods
- Ramjet Propulsion

**Recommended reading:** None

| Ondes de choc<br>Shock waves                 |                                                    |                              |         |
|----------------------------------------------|----------------------------------------------------|------------------------------|---------|
| Code cours Course code: ONC5                 |                                                    | Crédits ECTS ECTS Credits: 2 |         |
| Département Department                       | ET                                                 | Cours Lectures               | : 12h30 |
| Coordonnateurs Lecturers                     | : T. De Rességuier, V. Rodriguez                   | T.D. Tutorials               | : 12h30 |
| Période Year of study                        | : 3 <sup>e</sup> année 3 <sup>rd</sup> year        | T.P. Laboratory sessions     | :       |
| Semestre Semester                            | : 5 <sup>e</sup> semestre 5 <sup>th</sup> semester | Projet Project               | :       |
| Evaluation Assessment method(s)              | : 1 examen 1 written exam                          | Non encadré Homework         | :       |
| Langue d’instruction Language of instruction | : Français French                                  | Horaire global Total hours   | : 25h00 |
| Type de cours Type of course                 | : Obligatoire Compulsory                           |                              |         |
| Niveau Level of course                       | : Graduate                                         |                              |         |

**Compétences attendues :** Comprendre le comportement des matériaux denses sous chocs

**Pré-requis :** Mécanique des fluides, bases de l’aérodynamique supersonique

**Contenu :**

#### ONDES DE CHOCS EN MILIEUX DENSES

1. Généralités
2. Eléments de dynamique des fluides
3. Comportement élastique-plastique
4. Instabilités dans les ondes de choc
5. Equation d’état
6. Endommagement dynamique et rupture
7. Techniques de mesures sous choc

**Bibliographie :** Aucune



**Expected competencies:** To understand the shock compression and dynamic behaviour of condensed matter

**Prerequisites:** Fluid mechanics, fundamentals of supersonic aerodynamics

**Content:**

#### SHOCK WAVES IN DENSE MATTER

1. Background information
2. Fluid dynamics elements
3. Elastic-plastic behaviour
4. Shock waves instabilities
5. Equations of state
6. Shock-induced damage and failure
7. Characterization techniques for shock physics

**Recommended reading:** None

**Transport et turbulence en combustion**  
**Transport and turbulence in combustion**

| <b>Code cours</b> <i>Course code: TTC5</i>                 |                                                    | <b>Crédits ECTS</b> <i>ECTS Credits: 2</i> |         |
|------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|--------------------------------------------|---------|
| <b>Département</b> <i>Department</i>                       | : ET                                               | <b>Cours Lectures</b>                      | : 12h30 |
| <b>Coordonnateurs</b> <i>Lecturers</i>                     | : D. Karmed                                        | <b>T.D. Tutorials</b>                      | : 12h30 |
| <b>Période</b> <i>Year of study</i>                        | : 3 <sup>e</sup> année 3 <sup>rd</sup> year        | <b>T.P. Laboratory sessions</b>            | :       |
| <b>Semestre</b> <i>Semester</i>                            | : 5 <sup>e</sup> semestre 5 <sup>th</sup> semester | <b>Projet</b> <i>Project</i>               | :       |
| <b>Evaluation</b> <i>Assessment method(s)</i>              | : 1 examen 1 written exam                          | <b>Non encadré</b> <i>Homework</i>         | :       |
| <b>Langue d’instruction</b> <i>Language of instruction</i> | : Français French                                  | <b>Horaire global</b> <i>Total hours</i>   | : 25h00 |
| <b>Type de cours</b> <i>Type of course</i>                 | : Obligatoire Compulsory                           |                                            |         |
| <b>Niveau</b> <i>Level of course</i>                       | : Graduate                                         |                                            |         |

**Compétences attendues :** Maîtriser les notions sur la modélisation des termes de transports turbulents en milieu réactif et à la modélisation de la combustion turbulente en régime de diffusion, régime de prémélange ou partiellement prémélangé.

**Pré-requis :** Mécanique des fluides, combustion fondamentale, turbulence

**Contenu :**

Généralités

Equations de bilan de l’écoulement réactif moyen

Modèles de turbulence

Modélisation des flammes turbulentes de diffusion

Modélisations des flammes turbulentes de prémélange

Exemples d’application de modèles de turbulence et de combustion

**Bibliographie :**

R. Schiestel, *Les écoulements turbulents*, Editions HERMES, Paris, 2ème édition, 1998

P. Chassaing, *Turbulence en mécanique des fluides*, Editions Cépaduès, 2000

P.A. Libby, F.A. Williams, *Turbulent reacting flows*, Academic Press, 1994

K.K. Kuo, *Principles of Combustion*, John Wiley and Sons, 1986

R. Borghi R., M. Destriau, *La combustion et les flammes*, Editions Technip, 1995

N. Peters, *Turbulent combustion*, Cambridge University Press, 2000

**Expected competencies:** To master the concepts of turbulent transports models in reactive systems and turbulent combustion models in diffusion, premixed regimes or partially premixed.

**Prerequisites:** Fluid mechanics, fundamental combustion, turbulence

**Content:**

General introduction

Transports equations for the mean turbulent reactive flow

Turbulence models

Diffusion turbulent flame modelling

Premixed turbulent flame modelling

Examples of application of turbulence and combustion models

**Recommended reading:**

R. Schiestel, *Les écoulements turbulents*, Editions HERMES, Paris, 2ème édition, 1998

P. Chassaing, *Turbulence en mécanique des fluides*, Editions Cépaduès, 2000

P.A. Libby, F.A. Williams, *Turbulent reacting flows*, Academic Press, 1994

K.K. Kuo, *Principles of Combustion*, John Wiley and Sons, 1986

R. Borghi R., M. Destriau, *La combustion et les flammes*, Editions Technip, 1995

N. Peters, *Turbulent combustion*, Cambridge University Press, 2000



| <b>Propulsion</b><br><b>Propulsion</b>                     |                                                    |                                                   |         |
|------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|---------------------------------------------------|---------|
| <b>Code cours</b> <i>Course code:</i> <b>PRO5</b>          |                                                    | <b>Crédits ECTS</b> <i>ECTS Credits:</i> <b>2</b> |         |
| <b>Département</b> <i>Department</i>                       | : ET                                               | <b>Cours</b> <i>Lectures</i>                      | : 12h30 |
| <b>Coordonnateurs</b> <i>Lecturers</i>                     | : M. Bellenoue                                     | <b>T.D.</b> <i>Tutorials</i>                      | : 12h30 |
| <b>Période</b> <i>Year of study</i>                        | : 3 <sup>e</sup> année 3 <sup>rd</sup> year        | <b>T.P.</b> <i>Laboratory sessions</i>            | :       |
| <b>Semestre</b> <i>Semester</i>                            | : 5 <sup>e</sup> semestre 5 <sup>th</sup> semester | <b>Projet</b> <i>Project</i>                      | :       |
| <b>Evaluation</b> <i>Assessment method(s)</i>              | : 1 écrit 1 written exam                           | <b>Non encadré</b> <i>Homework</i>                | :       |
| <b>Langue d'instruction</b> <i>Language of instruction</i> | : Français French                                  | <b>Horaire global</b> <i>Total hours</i>          | : 25h00 |
| <b>Type de cours</b> <i>Type of course</i>                 | : Obligatoire Compulsory                           |                                                   |         |
| <b>Niveau</b> <i>Level of course</i>                       | : Graduate                                         |                                                   |         |

**Compétences attendues :** Maîtriser les notions approfondies sur les systèmes propulsifs

**Pré-requis :** Connaissances de base sur la thermodynamique des systèmes propulsifs

**Contenu :**

#### **Introduction et rappels**

##### **Propulseurs aérobies**

- Turbomachines
- Turboréacteur (cycle idéal, paramètre d'influence, cycle réel)
- Les propulseurs aérobies « exotiques » (statoréacteur, turbostatoréacteur, moteur à détonation)

##### **Propulseurs anaérobies**

- Généralité sur la propulsion fusée
- Moteur à propergol liquide
- Moteur à propergol solide

##### **Le moteur à combustion interne**

- Moteur à allumage commandé (alimentation, allumage, combustion)
- Moteur diesel
- Nouveau mode de combustion

**Bibliographie :** Aucune



**Expected competencies:** To master in depth the concepts of propulsive systems.

**Prerequisites:** Basic knowledge on propulsion systems thermodynamics

**Content:**

#### **Introduction and background**

##### **Air-breathing propulsion**

- Gas turbine engines,
- Turbojets,
- Non conventional air breathing engines (ramjet, turbo-ramjet, pulse detonation engine).

##### **Rocket engine**

- Generalities on rocket engines,
- Liquid propellant rocket engines,
- Solid propellant rocket engines.

##### **Internal combustion engine**

- Spark ignition engine,
- Diesel engine,
- New combustion modes.

**Recommended reading:** None

**ENSEIGNEMENTS DE TROISIEME ANNEE**  
*Third year academic activities*

**SEMESTRE 5**  
Option Thermique (T)

**Semester 5**  
*Specialisation Heat transfer (T)*

| UE     | Intitulé des cours                                                              | Courses title                                               | Codes | Heures<br>Hours | Crédits<br>ECTS<br>ECTS<br>Credits | Page |
|--------|---------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-------|-----------------|------------------------------------|------|
| UE5-1t | Sciences des Métiers – <i>Engineering Sciences SM5t1</i>                        |                                                             |       |                 |                                    |      |
|        | Aérodynamique de l’aile                                                         | <i>Blade aerodynamics</i>                                   | AEA5  | 30h00           | 2.5                                | 118  |
|        | Combustion                                                                      | <i>Combustion</i>                                           | COB5  | 30h00           | 2.5                                | 119  |
|        | Modélisation thermique                                                          | <i>Thermal modelling</i>                                    | MOD5  | 30h00           | 2.5                                | 120  |
|        | Turbulence                                                                      | <i>Turbulence</i>                                           | TUR5  | 30h00           | 2.5                                | 122  |
|        | Cours électif # 1                                                               | <i>Elective course # 1</i>                                  | CE15  | 12h30           | 1                                  | 182  |
|        | Cours électif # 2                                                               | <i>Elective course # 2</i>                                  | CE25  | 12h30           | 1                                  |      |
| UE5-2t | Sciences des Métiers – <i>Engineering Sciences SM5t2</i>                        |                                                             |       |                 |                                    |      |
|        | Conduction instationnaire en milieux complexes                                  | <i>Unsteady conduction in complex environment</i>           | CIM5  | 25h00           | 2                                  | 143  |
|        | Rayonnement en milieu semi-transparent                                          | <i>Radiation in semi-transparent environment</i>            | RMS5  | 25h00           | 2                                  | 144  |
|        | Systèmes diphasiques                                                            | <i>Two-phase systems</i>                                    | SDI5  | 25h00           | 2                                  | 145  |
|        | Transferts convectifs en situations complexes                                   | <i>Convection heat transfer in complex situations</i>       | TCC5  | 25h00           | 2                                  | 146  |
|        | Cours électif # 3                                                               | <i>Elective course # 3</i>                                  | CE35  | 12h30           | 1                                  | 182  |
|        | Cours électif # 4                                                               | <i>Elective course # 4</i>                                  | CE45  | 12h30           | 1                                  |      |
| UE5-3  | Sciences des Métiers – <i>Engineering Sciences SM53</i>                         |                                                             |       |                 |                                    |      |
|        | Bureau d’études                                                                 | <i>Advanced Design Project</i>                              | BET5  | 120h00          | 5                                  | 124  |
|        | Travaux pratiques                                                               | <i>Lab works</i>                                            | TPR5  | 35h00           | 2                                  | 132  |
| UE5-4  | Formation Humaine et Langues – <i>Social Science and Foreign Languages FHL5</i> |                                                             |       |                 |                                    |      |
|        | Education physique et sportive                                                  | <i>Sport</i>                                                | EPS5  | 45h00           | 2                                  | 18   |
|        | Professional communication                                                      | <i>Professional communication</i>                           | PRC5  | 22h30           | 1                                  | 134  |
|        | Langue vivante II                                                               | <i>Second foreign language</i>                              | LVD5  | 27h00           | 1,5                                | 21   |
|        | Validation des activités extra-scolaires (facultatif)*                          | <i>Validation of extra-curricular activities (optional)</i> | VAE5  | -               | 1                                  | 135  |

**SEMESTRE 6**

**Semester 6**

|       | Intitulé des cours      | Courses title                   | Codes | Heures<br>Hours | Crédits ECTS<br>ECTS Credits | Page |
|-------|-------------------------|---------------------------------|-------|-----------------|------------------------------|------|
| UE6-1 | Stage ingénieur*        | <i>Junior Engineer Training</i> | STI6  | -               | 13                           | 224  |
| UE6-2 | Projet de fin d'études* | <i>Graduation Project</i>       | PFE6  | -               | 17                           | 225  |



**\*Non accessible aux étudiants internationaux en programme d'échange (sauf double diplôme)**  
**Not open to international exchange students (except Double Degree students)**

Stages accessibles aux étudiants internationaux en programme d'échange : voir rubrique [« Stage Court »](#) and [« Stage Long »](#)

Available internships for international exchange students : see section [Short term internship](#) and [Long-term Internship](#)

**Conduction instationnaire en milieux complexes**  
**Unsteady conduction in complex environment**

| Code cours Course code: CIM5                        |                                                    | Crédits ECTS ECTS Credits: 2      |         |
|-----------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-----------------------------------|---------|
| <b>Département</b> Department                       | : ET                                               | <b>Cours</b> Lectures             | : 12h30 |
| <b>Coordonnateurs</b> Lecturers                     | : D. Lemonnier                                     | <b>T.D.</b> Tutorials             | : 12h30 |
| <b>Période</b> Year of study                        | : 3 <sup>e</sup> année 3 <sup>rd</sup> year        | <b>T.P.</b> Laboratory sessions   | :       |
| <b>Semestre</b> Semester                            | : 5 <sup>e</sup> semestre 5 <sup>th</sup> semester | <b>Projet</b> Project             | :       |
| <b>Evaluation</b> Assessment method(s)              | : 1 examen 1 written exam                          | <b>Non encadré</b> Homework       | :       |
| <b>Langue d'instruction</b> Language of instruction | : Français French                                  | <b>Horaire global</b> Total hours | : 25h00 |
| <b>Type de cours</b> Type of course                 | : Obligatoire Compulsory                           |                                   |         |
| <b>Niveau</b> Level of course                       | : Graduate                                         |                                   |         |

**Compétences attendues :** Comprendre les phénomènes de conduction thermique instationnaire et maîtriser les méthodes de résolution associées.

**Pré-requis :** Connaissances de base en conduction thermique : loi de Fourier, équation de la chaleur, grandeurs thermophysiques (conductivité, diffusivité), principales solutions en régime stationnaire, loi de Newton en convection (coefficient h). Outils mathématiques : calculs en nombres complexes, résolution d'équations différentielles du premier et second ordre (linéaire avec second membre), transformation de Laplace, séries de Fourier. Savoir établir des bilans de flux.

**Contenu :**

- Les régimes instationnaires en conduction (bases),
- Méthode de séparation des variables : application au problème d'Heissler,
- Utilisation de la transformation de Laplace : application aux problèmes de murs semi-infinis,
- Etude de cas : la méthode Flash,
- Principe de superposition : théorème de Duhamel,
- Méthode des températures complexes : application aux régimes périodiques et à la métrologie,
- Méthode intégrale de Karman-Pohlhausen,
- Méthodes de différences finies appliquées à la résolution de l'équation de la chaleur en régime instationnaire.

**Bibliographie :**

H.S. Carslaw, J.C. Jeager, *Conduction in solids*, 2<sup>nd</sup> Ed., Oxford Science Publications, 1959 (réimprimé en 1986)  
F. P. Incropera, D. P. DeWitt, *Fundamentals of heat transfer*, 4<sup>th</sup> Ed., John Wiley & Son, 1996  
N. Ozisik, *Heat conduction*, 2<sup>nd</sup> Ed., John Wiley & Son, 1993  
J. F. Sacadura, *Initiation aux transferts thermiques*, 4<sup>ème</sup> tirage, Tec & Doc / Lavoisier, 1993



**Expected competencies:** Understand unsteady heat conduction and associated solution methods

**Prerequisites:** Basic knowledge in steady heat conduction: Fourier's law, heat diffusion equation, thermophysical properties (heat conductivity, thermal diffusivity), usual solutions in steady heat conduction, Newton's law for convection (the  $h$  coefficient). Mathematical background: complex numbers, solution of non-homogeneous first and second order linear differential equations, Laplace transform, Fourier series. To be able to express a flux budget correctly.

**Content:**

- Transient heat conduction (basics),
- Separation of variables: application to the Heissler problem,
- Use of Laplace transform: application to semi-infinite media,
- Illustration: the Flash method,
- Superposition principle: Duhamel's theorem,
- Complex temperatures: application to periodic regimes and to metrology,
- Karman-Pohlhausen's integral method,
- Some finite differences schemes for solving the transient heat equation.

**Recommended reading:**

H.S. Carslaw, J.C. Jeager, *Conduction in solids*, 2<sup>nd</sup> Ed., Oxford Science Publications, 1959 (réimprimé en 1986)  
F. P. Incropera, D. P. DeWitt, *Fundamentals of heat transfer*, 4<sup>th</sup> Ed., John Wiley & Son, 1996  
N. Ozisik, *Heat conduction*, 2<sup>nd</sup> Ed., John Wiley & Son, 1993  
J. F. Sacadura, *Initiation aux transferts thermiques*, 4<sup>ème</sup> tirage, Tec & Doc / Lavoisier, 1993



**Rayonnement en milieu semi-transparent**  
**Radiation in semi-transparent environment**

**Code cours** *Course code:* **RMS5**

**Crédits ECTS** *ECTS Credits:* **2**

|                                                            |                                                    |                                          |         |
|------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|------------------------------------------|---------|
| <b>Département</b> <i>Department</i>                       | : ET                                               | <b>Cours</b> <i>Lectures</i>             | : 12h30 |
| <b>Coordonnateurs</b> <i>Lecturers</i>                     | : D. Lemonnier                                     | <b>T.D.</b> <i>Tutorials</i>             | : 12h30 |
| <b>Période</b> <i>Year of study</i>                        | : 3 <sup>e</sup> année 3 <sup>rd</sup> year        | <b>T.P.</b> <i>Laboratory sessions</i>   | :       |
| <b>Semestre</b> <i>Semester</i>                            | : 5 <sup>e</sup> semestre 5 <sup>th</sup> semester | <b>Projet</b> <i>Project</i>             | :       |
| <b>Evaluation</b> <i>Assessment method(s)</i>              | : 1 examen 1 written exam                          | <b>Non encadré</b> <i>Homework</i>       | :       |
| <b>Langue d'instruction</b> <i>Language of instruction</i> | : Français French                                  | <b>Horaire global</b> <i>Total hours</i> | : 25h00 |
| <b>Type de cours</b> <i>Type of course</i>                 | : Obligatoire Compulsory                           |                                          |         |
| <b>Niveau</b> <i>Level of course</i>                       | : Graduate                                         |                                          |         |

**Compétences attendues :** Comprendre les transferts de chaleur radiatifs dans les milieux semi transparents (physique, bilans énergétiques, mise en équation, principe du calcul des champs de température).

**Pré-requis :** Lois de base en rayonnement (Planck, Wien, Stefan, grandeurs thermo-optiques des surfaces ; facteurs de forme ; équations de bilan).

**Contenu :**

- Fondamentaux: grandeurs énergétiques (luminance, flux, sources volumiques), interaction avec la matière (absorption, émission et diffusion), équation de transfert radiatif, approximation de diffusion
- Solutions exactes et approchées en milieu plan: milieux isothermes et à l'équilibre radiatif, méthodes à deux flux et méthodes des moments
- Modèles de résolution de l'équation de transfert radiatif: méthodes P1, des ordonnées discrètes et de Monte-Carlo
- Approche globale du rayonnement des gaz: abaques d'Hottel, rayon hémisphérique moyen
- Modèle de rayonnement des gaz: somme pondérée de gaz gris fondée sur les k-distributions (méthode SLW)

**Bibliographie :** Hottel et Sarofim (1967) ; Siegel et Howell (1981) ; Modest (1983) ; Brewster (1992)



**Expected competencies:** Understanding of radiative heat transfer in semi-transparent media (physics, energy balance, equations, principle of temperature field calculation).

**Prerequisites:** Basic laws for radiative heat transfer (Planck, Wien, Stefan, thermo optical properties of surfaces, view factors, balance equations).

**Content:**

- Fundamentals: Energy values (luminance, flow, volume sources), interaction with material (absorption, emission and scattering), radiative transfer equation, diffusion approximation
- Exact and approximate mid plane solutions: isothermal environments and radiative equilibrium, two-stream methods and moments methods
- Models of solving the equation of radiative transfer: methods P1, discrete ordinate and Monte Carlo
- Comprehensive approach to the gas radiation: charts of Hottel, average hemispherical radius
- Model of gas radiation: weighted sum of gray gases based on k-distributions (SLW method)

**Recommended reading:** Hottel et Sarofim (1967); Siegel et Howell (1981); Modest (1983); Brewster (1992)

| Systèmes diphasiques<br>Two-phase systems    |                                                    |                              |         |
|----------------------------------------------|----------------------------------------------------|------------------------------|---------|
| Code cours Course code: SDI5                 |                                                    | Crédits ECTS ECTS Credits: 2 |         |
| Département Department                       | : ET                                               | Cours Lectures               | : 12h30 |
| Coordonnateurs Lecturers                     | : Y. Bertin, V. Ayel                               | T.D. Tutorials               | : 12h30 |
| Période Year of study                        | : 3 <sup>e</sup> année 3 <sup>rd</sup> year        | T.P. Laboratory sessions     | :       |
| Semestre Semester                            | : 5 <sup>e</sup> semestre 5 <sup>th</sup> semester | Projet Project               | :       |
| Evaluation Assessment method(s)              | : 1 examen 1 written exam                          | Non encadré Homework         | :       |
| Langue d'instruction Language of instruction | : Français French                                  | Horaire global Total hours   | : 25h00 |
| Type de cours Type of course                 | : Obligatoire Compulsory                           |                              |         |
| Niveau Level of course                       | : Graduate                                         |                              |         |

**Compétences attendues :** Savoir aborder les systèmes de refroidissement utilisant le changement de phase liquide-vapeur. Comprendre et savoir analyser les mécanismes de fonctionnement, le dimensionnement, l'illustration des domaines d'application pour l'ingénieur.

**Pré-requis :** Bases de transferts de chaleur, thermodynamique et de mécanique des fluides

#### Contenu :

Introduction aux transferts de masse et de chaleur en milieu poreux

Introduction aux systèmes diphasiques : caloducs et boucles diphasiques

Phénomènes d'interfaces

#### Systèmes diphasiques :

- Limites de fonctionnement des caloducs
- Caractéristiques de fonctionnement thermique et hydraulique des caloducs
- Caloducs thermosiphons
- Caloducs tournants
- Caloduc à réservoir de gaz incondensables
- Caloducs oscillants
- Microcaloducs
- Boucles diphasiques à pompage capillaire
  - LHP
  - CPL

**Bibliographie :** Aucune



**Expected competencies:** To understand how to approach diphasic systems using liquid-vapor phase changes; To understand and analyse behaviour; Sizing; Application areas for engineers.

**Prerequisites:** Basic knowledge of heat transfer, thermodynamics and fluid flow

#### Content:

Introduction to mass and heat transfers in porous media

Introduction to diphasic systems: heat pipes and loop heat pipes

Interfacial phenomena

#### Two phase systems:

- Operating limits of heat pipes,
- Thermal and hydraulic behaviour characteristics of heat pipes,
- Two phase closed thermosiphons,
- Rotating and revolving heat pipes,
- Variable conductance heat pipes,
- Pulsating heat pipe,
- Micro and mini heat pipes,
- Capillary pumped loop heat pipes:
  - LHP
  - CPL

**Recommended reading:** None

**Transferts convectifs en situations complexes**  
**Convection heat transfer in complex situations**

| <b>Code cours</b> <i>Course code: TCC5</i>                 |                                                    | <b>Crédits ECTS</b> <i>ECTS Credits: 2</i> |         |
|------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|--------------------------------------------|---------|
| <b>Département</b> <i>Department</i>                       | : ET                                               | <b>Cours Lectures</b>                      | : 12h30 |
| <b>Coordonnateurs</b> <i>Lecturers</i>                     | : D. Saury                                         | <b>T.D. Tutorials</b>                      | : 12h30 |
| <b>Période</b> <i>Year of study</i>                        | : 3 <sup>e</sup> année 3 <sup>rd</sup> year        | <b>T.P. Laboratory sessions</b>            | :       |
| <b>Semestre</b> <i>Semester</i>                            | : 5 <sup>e</sup> semestre 5 <sup>th</sup> semester | <b>Projet</b> <i>Project</i>               | :       |
| <b>Evaluation</b> <i>Assessment method(s)</i>              | : 1 examen 1 written exam                          | <b>Non encadré</b> <i>Homework</i>         | :       |
| <b>Langue d'instruction</b> <i>Language of instruction</i> | : Français French                                  | <b>Horaire global</b> <i>Total hours</i>   | : 25h00 |
| <b>Type de cours</b> <i>Type of course</i>                 | : Obligatoire Compulsory                           |                                            |         |
| <b>Niveau</b> <i>Level of course</i>                       | : Graduate                                         |                                            |         |

**Compétences attendues :** Maîtriser les connaissances approfondies en transfert de chaleur par convection, savoir les appliquer à des situations industrielles

**Pré-requis :** Cours de transferts thermiques (conduction, convection et rayonnement) de 1<sup>ère</sup> et 2<sup>ème</sup> année.

**Contenu :**

- Rappels – bases
- Convection naturelle and mixte
  - Convection naturelle mixte
  - Couplages radiatifs
  - Applications à la thermique des ambiances, sous capot, vol à voile...
- Transferts en conditions extrêmes
  - Milieux raréfiés
  - Convection hautes vitesses

**Bibliographie :**

J.F. Sacadura, *Initiations aux transferts thermiques*, Coordonateur. Lavoisier, Technique et documentation  
 Techniques de l'ingénieur - Echangeurs de chaleur B2 340  
 GRETh : Groupement pour la Recherche sur les Echangeurs Thermiques  
 J. Padet, *Echangeurs thermiques*, Masson  
 Adrian Bejan, *Heat Transfer*, John Wiley & Sons, 1993  
 F. P. Incropera, P.D. Dewitt, *Fundamentals of Heat and Mass Transfer*, John Wiley & Sons, 1996

**Expected competencies:** good knowledge of convection heat transfer in complex situations, Use of this knowledge in an industrial context

**Prerequisites:** 1<sup>st</sup> and 2<sup>nd</sup> year heat transfer courses (conduction, convection and radiation heat transfers)

**Content:**

- Fundamentals of convection
- Natural and mixed convection
  - Natural and mixed convection
  - Convection Radiation coupling
  - Applications to specific thermal cases: ambient, underhood, gliding
- Transfers in extreme conditions
  - Rarefied medium
  - High speed convection

**Recommended reading:**

J.F. Sacadura, *Initiations aux transferts thermiques*, Coordonateur. Lavoisier, Technique et documentation  
 Techniques de l'ingénieur - Echangeurs de chaleur B2 340  
 GRETh : Groupement pour la Recherche sur les Echangeurs Thermiques  
 J. Padet, *Echangeurs thermiques*, Masson  
 Adrian Bejan, *Heat Transfer*, John Wiley & Sons, 1993  
 F. P. Incropera, P.D. Dewitt, *Fundamentals of Heat and Mass Transfer*, John Wiley & Sons, 1996



**ENSEIGNEMENTS DE TROISIEME ANNEE**  
*Third year academic activities*

**SEMESTRE 5**  
Option Structures (S)

**Semester 5**  
*Specialization Structures (S)*

| UE                | Intitulé des cours                                                              | Courses title                                               | Codes | Heures<br>Hours | Crédits<br>ECTS<br>ECTS<br>Credits | Page |
|-------------------|---------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-------|-----------------|------------------------------------|------|
| UE5-1s            | Sciences des Métiers – <i>Engineering Sciences SM5s1</i>                        |                                                             |       |                 |                                    |      |
|                   | Modélisation par éléments finis                                                 | <i>Finite element modelling</i>                             | MEF5  | 30h00           | 2.5                                | 148  |
|                   | Plasticité - Viscoplasticité                                                    | <i>Plasticity - Viscoplasticity</i>                         | PLS5  | 30h00           | 2.5                                | 149  |
|                   | Propriétés mécaniques des matériaux                                             | <i>Materials mechanical properties</i>                      | PMM5  | 30h00           | 2.5                                | 150  |
|                   | Rupture                                                                         | <i>Fracture mechanics</i>                                   | RUP5  | 12h30           | 1.5                                | 151  |
|                   | Stratifiés composites                                                           | <i>Composite laminates</i>                                  | STC5  | 15h00           | 1                                  | 152  |
|                   | Cours électif # 1                                                               | <i>Elective course # 1</i>                                  | CE15  | 12h30           | 1                                  | 182  |
| Cours électif # 2 | <i>Elective course # 2</i>                                                      | CE25                                                        | 12h30 | 1               |                                    |      |
| UE5-2s            | Sciences des Métiers – <i>Engineering Sciences SM5s2</i>                        |                                                             |       |                 |                                    |      |
|                   | Analyse expérimentale en mécanique                                              | <i>Experimental mechanics</i>                               | AEM5  | 12h30           | 1                                  | 154  |
|                   | Durabilité des composites                                                       | <i>Composites durability</i>                                | DUC5  | 12h30           | 1                                  | 155  |
|                   | Endommagement                                                                   | <i>Damage mechanics</i>                                     | END5  | 18h45           | 1.5                                | 156  |
|                   | Fatigue                                                                         | <i>Fatigue</i>                                              | FAT5  | 15h00           | 1                                  | 157  |
|                   | Grandes déformations                                                            | <i>Finite Strains</i>                                       | DEF5  | 18h45           | 1.5                                | 158  |
|                   | Structures aéronautiques                                                        | <i>Aeronautical structures</i>                              | STA5  | 25h00           | 2                                  | 159  |
|                   | Cours électif # 3                                                               | <i>Elective course # 3</i>                                  | CE35  | 12h30           | 1                                  | 182  |
|                   | Cours électif # 4                                                               | <i>Elective course # 4</i>                                  | CE45  | 12h30           | 1                                  |      |
| UE5-3             | Sciences des Métiers – <i>Engineering Sciences SM53</i>                         |                                                             |       |                 |                                    |      |
|                   | Bureau d'études                                                                 | <i>Advanced Design Project</i>                              | BET5  | 120h00          | 5                                  | 153  |
|                   | Travaux pratiques                                                               | <i>Lab works</i>                                            | TPR5  | 35h00           | 2                                  | 160  |
| UE5-4             | Formation Humaine et Langues – <i>Social Science and Foreign Languages FHL5</i> |                                                             |       |                 |                                    |      |
|                   | Education physique et sportive                                                  | <i>Sport</i>                                                | EPS5  | 45h00           | 2                                  | 18   |
|                   | Professional communication                                                      | <i>Professional communication</i>                           | PRC5  | 22h30           | 1                                  | 134  |
|                   | Langue vivante II                                                               | <i>Second foreign language</i>                              | LVD5  | 27h00           | 1,5                                | 21   |
|                   | Validation des activités extra-scolaires (facultatif)*                          | <i>Validation of extra-curricular activities (optional)</i> | VAE5  | -               | 1                                  | 135  |

**SEMESTRE 6**

**Semester 6**

|       | Intitulé des cours      | Courses title                   | Codes | Heures<br>Hours | Crédits ECTS<br>ECTS Credits | Page |
|-------|-------------------------|---------------------------------|-------|-----------------|------------------------------|------|
| UE6-1 | Stage ingénieur*        | <i>Junior Engineer Training</i> | STI6  | -               | 13                           | 224  |
| UE6-2 | Projet de fin d'études* | <i>Graduation Project</i>       | PFE6  | -               | 17                           | 225  |

**\*Non accessible aux étudiants internationaux en programme d'échange (sauf double diplôme)**  
**Not open to international exchange students (except Double Degree students)**



Stages accessibles aux étudiants internationaux en programme d'échange : voir rubrique [« Stage Court »](#) and [« Stage Long »](#)

Available internships for international exchange students : see section [Short term internship](#) and [Long-term Internship](#)

**Modélisation par éléments finis**  
**Finite element modelling**

| <b>Code cours</b> <i>Course code: MEF5</i>                 |                                                    | <b>Crédits ECTS</b> <i>ECTS Credits: 2.5</i> |         |
|------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|----------------------------------------------|---------|
| <b>Département</b> <i>Department</i>                       | : MSISI                                            | <b>Cours</b> <i>Lectures</i>                 | : 15h00 |
| <b>Coordonnateurs</b> <i>Lecturers</i>                     | : J.C. Grandidier, E. Lainé                        | <b>T.D.</b> <i>Tutorials</i>                 | : 15h00 |
| <b>Période</b> <i>Year of study</i>                        | : 3 <sup>e</sup> année 3 <sup>rd</sup> year        | <b>T.P.</b> <i>Laboratory sessions</i>       | :       |
| <b>Semestre</b> <i>Semester</i>                            | : 5 <sup>e</sup> semestre 5 <sup>th</sup> semester | <b>Projet</b> <i>Project</i>                 | :       |
| <b>Evaluation</b> <i>Assessment method(s)</i>              | : 1 écrit 1 written exam                           | <b>Non encadré</b> <i>Homework</i>           | :       |
| <b>Langue d'instruction</b> <i>Language of instruction</i> | : Français French                                  | <b>Horaire global</b> <i>Total hours</i>     | : 30h00 |
| <b>Type de cours</b> <i>Type of course</i>                 | : Obligatoire Compulsory                           |                                              |         |
| <b>Niveau</b> <i>Level of course</i>                       | : Graduate                                         |                                              |         |

**Compétences attendues :** Comprendre les éléments finis et les techniques mises en œuvre dans un code de calcul industriel

**Pré-requis :** Cours d'éléments finis de deuxième année (MEF4)

**Contenu :**

Rappels

Formulations mécaniques

Éléments isoparamétriques, interpolation

Intégration numérique des matrices de rigidité

Condensation et superéléments

Principes de modélisation

Assemblage et résolution des systèmes linéaires

**Bibliographie :** J-F. Imbert, *Analyse des structures par éléments finis*, Cepadues



**Expected competencies:** To understand the finite element method and the numerous techniques used in an industrial software

**Prerequisites:** 2<sup>nd</sup> year course of finite element (MEF4)

**Content:**

Fundamentals

Mechanic Formulations (Balance equation)

Isoparametric elements, interpolation functions

Numerical integration of stiffness matrix

Condensation and superelements

Element selection and meshing errors

Assembly procedures and solution of linear algebraic equations

**Recommended reading:** J-F. Imbert, *Analyse des structures par éléments finis*, Cepadues

**Plasticité - Viscoplasticité**  
**Plasticity - Viscoplasticity**

| <b>Code cours</b> <i>Course code: PLS5</i>                 |                                                          | <b>Crédits ECTS</b> <i>ECTS Credits: 2.5</i> |         |
|------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|----------------------------------------------|---------|
| <b>Département</b> <i>Department</i>                       | : MSISI                                                  | <b>Cours</b> <i>Lectures</i>                 | : 15h00 |
| <b>Coordonnateurs</b> <i>Lecturers</i>                     | : D. Halm, C. Nadot-Martin                               | <b>T.D.</b> <i>Tutorials</i>                 | : 15h00 |
| <b>Période</b> <i>Year of study</i>                        | : 3 <sup>e</sup> année <i>3<sup>rd</sup> year</i>        | <b>T.P.</b> <i>Laboratory sessions</i>       | :       |
| <b>Semestre</b> <i>Semester</i>                            | : 5 <sup>e</sup> semestre <i>5<sup>th</sup> semester</i> | <b>Projet</b> <i>Project</i>                 | :       |
| <b>Evaluation</b> <i>Assessment method(s)</i>              | : 1 examen <i>1 written exam</i>                         | <b>Non encadré</b> <i>Homework</i>           | :       |
| <b>Langue d'instruction</b> <i>Language of instruction</i> | : Français <i>French</i>                                 | <b>Horaire global</b> <i>Total hours</i>     | : 30h00 |
| <b>Type de cours</b> <i>Type of course</i>                 | : Obligatoire <i>Compulsory</i>                          |                                              |         |
| <b>Niveau</b> <i>Level of course</i>                       | : Graduate                                               |                                              |         |

**Compétences attendues :** Maîtriser les outils classiques de la simulation de la plasticité indépendante du temps et de la viscoplasticité

**Pré-requis :** Mécanique des milieux continus, Mécanique des solides

**Contenu :**

Introduction à la mécanique non linéaire

Comportement élasto-visco-plastique

Ecrouissage isotrope – Modèle de Prandtl-Reuss

Ecrouissage cinématique

D'autres critères de plasticité

Viscoplasticité

**Bibliographie :**

J. Lemaitre, J-L. Chaboche, *Mécanique des matériaux solides*, Dunod, 1988

D. François, A. Pineau, A. Zaoui, *Comportement mécanique des matériaux*, Hermes, 1995

J. Besson, G. Cailletaud, J-L. Chaboche, S. Forest, *Mécanique non linéaire des matériaux*, Hermes, 2001

J. Coirier, C. Nadot-Martin, *Mécanique des Milieux Continus : cours et exercices corrigés*, Dunod, 2013




---

**Expected competencies:** To learn classical tools to simulate rate-independent plasticity and viscoplasticity

**Prerequisites:** Solid mechanics

**Content:**

Introduction to nonlinear mechanics

Elasto-visco-plastic behaviour

Isotropic hardening – Prandtl-Reuss model

Kinematic hardening

Other plasticity criteria

Viscoplasticity

**Recommended reading:**

J. Lemaitre, J-L. Chaboche, *Mécanique des matériaux solides*, Dunod, 1988

D. François, A. Pineau, A. Zaoui, *Comportement mécanique des matériaux*, Hermes, 1995

J. Besson, G. Cailletaud, J-L. Chaboche, S. Forest, *Mécanique non linéaire des matériaux*, Hermes, 2001

J. Coirier, C. Nadot-Martin, *Mécanique des Milieux Continus : cours et exercices corrigés*, Dunod, 2013

**Propriétés mécaniques des matériaux**  
**Materials mechanical properties**

| <b>Code cours</b> <i>Course code: PMM5</i>                 |                                                    | <b>Crédits ECTS</b> <i>ECTS Credits: 2.5</i> |         |
|------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|----------------------------------------------|---------|
| <b>Département</b> <i>Department</i>                       | : MSISI                                            | <b>Cours</b> <i>Lectures</i>                 | : 15h00 |
| <b>Coordonnateurs</b> <i>Lecturers</i>                     | : M. Arzaghi, J. Cormier, G. Henaff                | <b>T.D.</b> <i>Tutorials</i>                 | : 15h00 |
| <b>Période</b> <i>Year of study</i>                        | : 3 <sup>e</sup> année 3 <sup>rd</sup> year        | <b>T.P.</b> <i>Laboratory sessions</i>       | :       |
| <b>Semestre</b> <i>Semester</i>                            | : 5 <sup>e</sup> semestre 5 <sup>th</sup> semester | <b>Projet</b> <i>Project</i>                 | :       |
| <b>Evaluation</b> <i>Assessment method(s)</i>              | : 1 écrit 1 written exam                           | <b>Non encadré</b> <i>Homework</i>           | :       |
| <b>Langue d'instruction</b> <i>Language of instruction</i> | : Français French                                  | <b>Horaire global</b> <i>Total hours</i>     | : 30h00 |
| <b>Type de cours</b> <i>Type of course</i>                 | : Obligatoire Compulsory                           |                                              |         |
| <b>Niveau</b> <i>Level of course</i>                       | : Graduate                                         |                                              |         |

**Compétences attendues :** Relier les aspects macroscopiques et microscopiques des propriétés mécaniques des matériaux et alliages métalliques

**Pré-requis :** Science des matériaux

**Contenu :**

**1. Comportement élastique des matériaux**

- Matériaux isotropes et anisotropes,
- Origine des constantes d'élasticité,
- Méthodes de mesure.

**2. Comportement anélastique**

- Différentes manifestations de l'anélasticité (fluage, relaxation, amortissement, atténuation d'ondes),
- Modélisations linéaires et non linéaires (Rhéologie),
- Origines physiques de l'anélasticité,
- Applications.

**3. Comportement plastique**

- Différents modes de déformation plastique des solides,
- Relations contraintes-déformations à l'échelle macroscopique et microscopique,
- Défauts cristallins.

**Bibliographie :** *Physique des Matériaux*, Quéré, Eds. Ellipses.

*Dislocations et Plasticité des Cristaux*, Martin, Presses Polytechniques et Universitaires Romandes.



**Expected competencies:** To connect the macroscopic and microscopic aspects of metals and metal alloys mechanical properties.

**Prerequisites:** Materials science

**Content:**

**Materials elasticity behavior**

- Isotropic and anisotropic materials,
- Elasticity constants,
- Measurement techniques.

**Anelastic behavior**

- Anelasticity (creep, absorption, relaxation, damping),
- Linear and non linear models (Rheology),
- Physical origin of anelasticity, Applications.

**Plastic behavior**

- Plastic deformation of solids,
- Stress-deformation relations on micro and macroscopic scales,
- Crystalline defects.

**Recommended reading:** *Physique des Matériaux*, Quéré, Eds. Ellipses.

*Dislocations et Plasticité des Cristaux*, Martin, Presses Polytechniques et Universitaires Romandes.

| <b>Rupture</b><br><b>Fracture mechanics</b>                |                                                    |                                                     |         |
|------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|---------|
| <b>Code cours</b> <i>Course code:</i> <b>RUP5</b>          |                                                    | <b>Crédits ECTS</b> <i>ECTS Credits:</i> <b>2.5</b> |         |
| <b>Département</b> <i>Department</i>                       | : MSISI                                            | <b>Cours</b> <i>Lectures</i>                        | : 6h15  |
| <b>Coordonnateurs</b> <i>Lecturers</i>                     | : C. Gardin                                        | <b>T.D.</b> <i>Tutorials</i>                        | : 6h15  |
| <b>Période</b> <i>Year of study</i>                        | : 3 <sup>e</sup> année 3 <sup>rd</sup> year        | <b>T.P.</b> <i>Laboratory sessions</i>              | :       |
| <b>Semestre</b> <i>Semester</i>                            | : 5 <sup>e</sup> semestre 5 <sup>th</sup> semester | <b>Projet</b> <i>Project</i>                        | :       |
| <b>Evaluation</b> <i>Assessment method(s)</i>              | : 1 écrit 1 written exam                           | <b>Non encadré</b> <i>Homework</i>                  | :       |
| <b>Langue d'instruction</b> <i>Language of instruction</i> | : Français et anglais <i>French and English</i>    | <b>Horaire global</b> <i>Total hours</i>            | : 12h30 |
| <b>Type de cours</b> <i>Type of course</i>                 | : Obligatoire <i>Compulsory</i>                    |                                                     |         |
| <b>Niveau</b> <i>Level of course</i>                       | : Graduate                                         |                                                     |         |

**Compétences attendues :** Savoir prendre en compte un concentrateur de contrainte ou d'une fissure dans un dimensionnement de structure sous sollicitation statique ou cyclique

**Pré-requis :** Mécanique des solides

**Contenu :**

Mécanique de la Rupture

Différents types de rupture

Mécanique linéaire de la rupture

Notions de mécanique de la rupture élastoplastique

**Bibliographie :** D. François, A. Pineau, A. Zaoui, *Comportement mécanique des matériaux*, Hermes, 1995



**Expected competencies:** To be able to take into account a stress concentrator or a crack during dimensioning of a structure under static or cyclic loading

**Prerequisites:** Solid mechanics

**Content:**

Fracture mechanics

Different types of fracture

Linear fracture mechanics

Elastoplastic fracture mechanics

**Recommended reading:** D. François, A. Pineau, A. Zaoui, *Comportement mécanique des matériaux*, Hermes, 199



| Stratifiés composites<br>Composite laminates |                                                    |                              |         |
|----------------------------------------------|----------------------------------------------------|------------------------------|---------|
| Code cours Course code: STC5                 |                                                    | Crédits ECTS ECTS Credits: 1 |         |
| Département Department                       | : MSISI                                            | Cours Lectures               | : 07h30 |
| Coordonneurs Lecturers                       | : C. Gardin                                        | T.D. Tutorials               | : 07h30 |
| Période Year of study                        | : 3 <sup>e</sup> année 3 <sup>rd</sup> year        | T.P. Laboratory sessions     | :       |
| Semestre Semester                            | : 5 <sup>e</sup> semestre 5 <sup>th</sup> semester | Projet Project               | :       |
| Evaluation Assessment method(s)              | : 1 écrit 1 written exam                           | Non encadré Homework         | :       |
| Langue d'instruction Language of instruction | : Français French                                  | Horaire global Total hours   | : 15h00 |
| Type de cours Type of course                 | : Obligatoire Compulsory                           |                              |         |
| Niveau Level of course                       | : Graduate                                         |                              |         |

**Compétences attendues :** Comprendre et quantifier le comportement mécanique des stratifiés. Savoir choisir un drapage en fonction de l'application.

**Pré-requis :** Mécanique des solides

**Contenu :**

- Généralités sur les matériaux composites
- Les composites et le monde aérospatial
- Comportement mécanique des composites stratifiés
  - Milieu élastique anisotrope
  - Constantes élastiques d'un composite unidirectionnel
  - Constantes élastiques d'un pli dans une direction quelconque
  - Comportement des plaques stratifiées minces
- Constituants
- Techniques de mise en œuvre

**Bibliographie :** D. Gay, *Matériaux composites*, Edition Hermes

**Expected competencies:** To understand and quantify the mechanical behaviour of composite laminates. To be able to choose a stacking sequence for a given application.

**Prerequisites:** solid mechanics

**Content:**

- Fundamentals on composite laminates
- Composite materials in aeronautical applications
- Mechanical behaviour of composite laminates
  - Elastic anisotropic medium
  - Elastic constants of a unidirectional composite
  - Elastic constants of a ply in a given orientation
  - Behaviour of thin composite laminates
- Constituents
- Manufacturing processes

**Recommended reading:** D. Gay, *Matériaux composites*, Edition Hermes



| Bureau d'études<br>Advanced Design Project   |                                                                                     |                              |          |
|----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|----------|
| Code cours Course code: BET5                 |                                                                                     | Crédits ECTS ECTS Credits: 5 |          |
| Département Department                       | : MSISI                                                                             | Cours Lectures               | :        |
| Coordonnateurs Lecturers                     | : J.C. Grandidier, J. Cormier, G. Hénaff,<br>Y. Pannier, E. Lainé, T. de Resseguier | T.D. Tutorials               | :        |
| Période Year of study                        | : 3 <sup>e</sup> année 3 <sup>rd</sup> year                                         | T.P. Laboratory sessions     | : 120h00 |
| Semestre Semester                            | : 5 <sup>e</sup> semestre 5 <sup>th</sup> semester                                  | Projet Project               | :        |
| Evaluation Assessment method(s)              | : 1 rapport 1 report                                                                | Non encadré Homework         | :        |
| Langue d'instruction Language of instruction | : Français French                                                                   | Horaire global Total hours   | : 120h00 |
| Type de cours Type of course                 | : Obligatoire Compulsory                                                            |                              |          |
| Niveau Level of course                       | : Graduate                                                                          |                              |          |

**Compétences attendues :** Savoir résoudre un problème concret en groupe.

**Pré-requis :** Aucun

#### Contenu :

Les thèmes proposés sont, pour la plupart, établis en collaboration avec des entreprises et font appel aux connaissances théoriques acquises dans un des domaines relevant de l'option choisie pour la troisième année.

C'est l'occasion d'un apprentissage du travail de groupe où chacun doit contribuer à l'aboutissement de l'étude. Ainsi l'élève doit faire preuve d'autonomie tout en apprenant à communiquer et à travailler en équipe. L'encadrement des enseignants n'est pas trop contraignant de façon à permettre le développement des initiatives et de l'imagination des participants tout en maintenant la rigueur scientifique indispensable.

Le rapport de synthèse doit faire apparaître le déroulement du travail et décrire très soigneusement la démarche et l'étude scientifique réalisée.

Sujets :

- Simulation des phénomènes de dynamique rapide avec le code RADIOSS
- Modélisation par éléments finis de structures composites
- Conception, instrumentation et modélisation par éléments finis,
- Durée de vie en fatigue de disques de compresseur et/ou turbine HP de moteurs civils et militaires

**Bibliographie :** Aucune

**Expected competencies:** To be able to solve a practical problem in a group of students.

**Prerequisites:** None

#### Content:

Most subjects are jointly carried out with industrial partners and require mastery of one scientific domain that constitutes part of the students 3rd year major.

Each individual will learn to contribute to a collaborative effort. Thus the student must demonstrate his technical expertise as well as his ability to communicate and work in a team. Professors supervise the work to ensure the indispensable scientific validity of the development but will not be directive will foster initiative and imagination among students.

The final report relates the development of the project and outlines the scientific options and carefully describes the whole work.

Topics:

- Numerical simulation of shock propagation with the RADIOSS-CRASH software
- Finite element modeling of composite structures
- Finite element design, instrumentation and modelling
- Fatigue Shelf-life of compressor disks and / or HP turbine of civil and military engines

**Recommended reading:** None



**Analyse expérimentale en mécanique**  
**Experimental mechanics**

**Code cours** *Course code:* **AEM5**

**Crédits ECTS** *ECTS Credits:* **1**

|                                                            |                                                    |                                   |         |
|------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-----------------------------------|---------|
| <b>Département</b> <i>Department</i>                       | : MSISI                                            | <b>Cours Lectures</b>             | : 8h45  |
| <b>Coordonneurs</b> <i>Lecturers</i>                       | : Y. Pannier                                       | <b>T.D. Tutorials</b>             | : 3h45  |
| <b>Période</b> <i>Year of study</i>                        | : 3 <sup>e</sup> année 3 <sup>rd</sup> year        | <b>T.P. Laboratory sessions</b>   | :       |
| <b>Semestre</b> <i>Semester</i>                            | : 5 <sup>e</sup> semestre 5 <sup>th</sup> semester | <b>Projet Project</b>             | :       |
| <b>Evaluation</b> <i>Assessment method(s)</i>              | : 1 examen 1 written exam                          | <b>Non encadré Homework</b>       | :       |
| <b>Langue d'instruction</b> <i>Language of instruction</i> | : Français French                                  | <b>Horaire global Total hours</b> | : 12h30 |
| <b>Type de cours</b> <i>Type of course</i>                 | : Obligatoire Compulsory                           |                                   |         |
| <b>Niveau</b> <i>Level of course</i>                       | : Graduate                                         |                                   |         |

**Compétences attendues :** Acquérir et mettre en application des techniques expérimentales de mesures de champs de déplacements/contraintes. Comparer avec des approches numériques, identifier des propriétés matériaux au cours d'essais sur structures.

**Pré-requis :** Mécanique des milieux continus (élasticité, plasticité), optique, mécanique de la rupture, fatigue.

**Contenu :**

- Mesures expérimentales des contraintes, déformations, déplacements ;
- Approche numérique ;
- Etude de cas avec utilisation de ces techniques ;
- Suivi de l'endommagement.

**Travaux pratiques**

Projet pendant 5 séances de 3h30. Les résultats obtenus par les différentes méthodes expérimentales proposées sont confrontés aux résultats numériques avec Abaqus :

- Photoélasticimétrie ;
- Correlation d'images numériques ;
- Méthode de Moiré.

**Bibliographie :**

A. Lagarde, *Static and dynamic photoelasticity and caustics – Recent developments*, Springer Verlag, New-York, 1987  
A. Lagarde, *Optical methods in mechanics of solids*, Sijthoff & Noordhoff, 1981  
*Evaluation des données de mesure : Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure*, JCGM 100, GUM, 2008  
M. Grédiac, F. Hild, *Mesures de champs et identification en mécanique des solides*, Collection Mécanique et Ingénierie des Matériaux, Hermès, Lavoisier, 2011.

**Expected competencies:** To Apply experimental displacement/ stress field measurements techniques. Compare with numerical simulations, constitutive law parameters identification from heterogeneous tests.

**Prerequisites:** Continuum mechanics (elasticity, plasticity), optics, fracture mechanics, fatigue.

**Content:**

**Lectures**

- Experimental measurements of stresses, strains and displacements,
- Numerical approach,
- Case study using these techniques,
- Damage characterization/evolution.

**Lab work**

5 sessions on the following topics, with experimental and numerical confrontation:

- Photoelasticimetry ,
- Digital image correlation,
- Moiré method.

**Recommended reading:**

A. Lagarde, *Static and dynamic photoelasticity and caustics – Recent developments*, Springer Verlag, New-York, 1987  
A. Lagarde, *Optical methods in mechanics of solids*, Sijthoff & Noordhoff, 1981  
*Evaluation of measurement data –Guide to the expression of uncertainty in measurement*, JCGM100, GUM, 2008  
M. Grédiac, F. Hild, *Mesures de champs et identification en mécanique des solides*, Collection Mécanique et Ingénierie des Matériaux, Hermès, Lavoisier, 2011.



**Durabilité des composites**  
**Composites durability**

| <b>Code cours</b> <i>Course code: DUC5</i>                 |                                                    | <b>Crédits ECTS</b> <i>ECTS Credits: 1</i> |         |
|------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|--------------------------------------------|---------|
| <b>Département</b> <i>Department</i>                       | : MSISI                                            | <b>Cours</b> <i>Lectures</i>               | : 06h15 |
| <b>Coordonnateurs</b> <i>Lecturers</i>                     | : J-C Grandidier                                   | <b>T.D.</b> <i>Tutorials</i>               | : 06h15 |
| <b>Période</b> <i>Year of study</i>                        | : 3 <sup>e</sup> année 3 <sup>rd</sup> year        | <b>T.P.</b> <i>Laboratory sessions</i>     | :       |
| <b>Semestre</b> <i>Semester</i>                            | : 5 <sup>e</sup> semestre 5 <sup>th</sup> semester | <b>Projet</b> <i>Project</i>               | :       |
| <b>Evaluation</b> <i>Assessment method(s)</i>              | : 1 examen (sur machines)<br>1 exam (on machines)  | <b>Non encadré</b> <i>Homework</i>         | :       |
| <b>Langue d'instruction</b> <i>Language of instruction</i> | : Français <i>French</i>                           | <b>Horaire global</b> <i>Total hours</i>   | : 12h30 |
| <b>Type de cours</b> <i>Type of course</i>                 | : Obligatoire <i>Compulsory</i>                    |                                            |         |
| <b>Niveau</b> <i>Level of course</i>                       | : Graduate                                         |                                            |         |

**Compétences attendues :** Apprendre à maîtriser les outils théoriques et numériques de prédiction.

**Pré-requis :** Mécanique des stratifiés, thermodynamique des processus irréversibles

**Contenu :**

- Critères de rupture anisotropes
- Emission acoustique
- Mécanismes d'endommagement
- Modèles d'endommagement pour les stratifiés
- Délaminage - Rupture en mode mixte
- Application sur Abaqus

**Bibliographie :** Aucune



**Expected competencies:** To learn how to use numerical and theoretical tools for prediction.

**Prerequisites:** Laminate mechanics, thermodynamics of irreversible processes

**Content:**

- Anisotropic fracture criteria
- Acoustic emission
- Damage mechanisms
- Laminates damage models
- Delamination - mixed mode fracture
- Abaqus software applications

**Recommended reading:** None

| Endommagement<br>Damage mechanics            |                                                    |                                |         |
|----------------------------------------------|----------------------------------------------------|--------------------------------|---------|
| Code cours Course code: END5                 |                                                    | Crédits ECTS ECTS Credits: 1.5 |         |
| Département Department                       | : MSISI                                            | Cours Lectures                 | : 10h00 |
| Coordonnateurs Lecturers                     | : D. Halm, R. Bargellini                           | T.D. Tutorials                 | : 08h45 |
| Période Year of study                        | : 3 <sup>e</sup> année 3 <sup>rd</sup> year        | T.P. Laboratory sessions       | :       |
| Semestre Semester                            | : 5 <sup>e</sup> semestre 5 <sup>th</sup> semester | Projet Project                 | :       |
| Evaluation Assessment method(s)              | : 1 examen 1 written exam                          | Non encadré Homework           | :       |
| Langue d'instruction Language of instruction | : Français French                                  | Horaire global Total hours     | : 18h45 |
| Type de cours Type of course                 | : Obligatoire Compulsory                           |                                |         |
| Niveau Level of course                       | : Graduate                                         |                                |         |

**Compétences attendues :** Maîtriser des modèles d'endommagement fragile et ductile

**Pré-requis :** Plasticité – viscoplasticité (PLS5)

**Contenu :**

- Processus d'endommagement : phénomènes microscopiques, manifestations microscopiques**
- Quelques rappels sur les outils de modélisation**
  - Choix de la mesure d'endommagement
  - Outils thermodynamiques
- Endommagement quasi-fragile**
  - Domaine d'application, variable, énergie libre, lois d'état, évolution, bilan
- Endommagement ductile**
  - Mécanisme
  - Hypothèses de modélisation
  - Surface seuil
  - Lois d'évolution
  - Améliorations du modèle de Gurson
  - Bilan

**Bibliographie :**

D. François, A. Pineau, A. Zaoui, *Comportement mécanique des matériaux*, Hermes, 1995  
J. Lemaitre, J-L. Chaboche, *Mécanique des matériaux solides*, Dunod, 1998  
J. Lemaitre, R. Desmorat, *Engineering damage mechanics*, Springer, 2005

**Expected competencies:** To learn classical damage models for brittle and ductile materials

**Prerequisites:** Plasticity – viscoplasticity (PLS5)

**Content:**

- Damage processes: microscopic phenomena, microscopic consequences**
- Some tools for damage modelling**
  - Damage variable
  - Thermodynamic tools
- Quasi brittle damage**
  - Validity, variable, free energy, state laws, evolution, assessment
- Ductile damage**
  - Mechanism
  - Modelling hypothesis
  - Threshold
  - Evolution laws
  - Improvements of Gurson model
  - Assessment

**Recommended reading:**

D. François, A. Pineau, A. Zaoui, *Comportement mécanique des matériaux*, Hermes, 1995  
J. Lemaitre, J-L. Chaboche, *Mécanique des matériaux solides*, Dunod, 1998  
J. Lemaitre, R. Desmorat, *Engineering damage mechanics*, Springer, 2005



| <b>Fatigue</b><br><i>Fatigue</i>                           |                                                    |                                            |         |
|------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|--------------------------------------------|---------|
| <b>Code cours</b> <i>Course code: FAT5</i>                 |                                                    | <b>Crédits ECTS</b> <i>ECTS Credits: 1</i> |         |
| <b>Département</b> <i>Department</i>                       | : MSISI                                            | <b>Cours</b> <i>Lectures</i>               | : 7h30  |
| <b>Coordonnateurs</b> <i>Lecturers</i>                     | : G. Hénaff                                        | <b>T.D.</b> <i>Tutorials</i>               | : 7h30  |
| <b>Période</b> <i>Year of study</i>                        | : 3 <sup>e</sup> année 3 <sup>rd</sup> year        | <b>T.P.</b> <i>Laboratory sessions</i>     | :       |
| <b>Semestre</b> <i>Semester</i>                            | : 5 <sup>e</sup> semestre 5 <sup>th</sup> semester | <b>Projet</b> <i>Project</i>               | :       |
| <b>Evaluation</b> <i>Assessment method(s)</i>              | : 2 écrits 2 written exams                         | <b>Non encadré</b> <i>Homework</i>         | :       |
| <b>Langue d’instruction</b> <i>Language of instruction</i> | : Français et anglais <i>French and English</i>    | <b>Horaire global</b> <i>Total hours</i>   | : 15h00 |
| <b>Type de cours</b> <i>Type of course</i>                 | : Obligatoire <i>Compulsory</i>                    |                                            |         |
| <b>Niveau</b> <i>Level of course</i>                       | : Graduate                                         |                                            |         |

**Compétences attendues :** Prendre en compte un concentrateur de contrainte ou une fissure dans un dimensionnement de structure sous sollicitation statique ou cyclique

**Pré-requis :** Mécanique des solides

**Contenu :**

Endommagement par fatigue (amorçage, propagation de fissure)

Comportement cyclique - Fatigue oligocyclique

Fatigue à grand nombre de cycle

Fatigue de composants entaillés

Propagation de fissure

**Bibliographie :** D. François, A. Pineau, A. Zaoui, *Comportement mécanique des matériaux*, Hermes, 1995

**Expected competencies:** To take into account a stress concentrator or a crack during dimensioning of a structure under static or cyclic loading

**Prerequisites:** Solid mechanics

**Content:**

Fatigue damage (crack initiation, crack propagation)

Cyclic stress strain behaviour – Low cycle fatigue

High cycle fatigue

Fatigue of notched components

Fatigue crack growth

**Recommended reading:** D. François, A. Pineau, A. Zaoui, *Comportement mécanique des matériaux*, Hermes, 199



| Grandes déformations<br>Finite Strains       |                                                    |                                |         |
|----------------------------------------------|----------------------------------------------------|--------------------------------|---------|
| Code cours Course code: DEF5                 |                                                    | Crédits ECTS ECTS Credits: 1.5 |         |
| Département Department                       | : MSISI                                            | Cours Lectures                 | : 8h45  |
| Coordonnateurs Lecturers                     | : C. Nadot-Martin                                  | T.D. Tutorials                 | : 12h30 |
| Période Year of study                        | : 3 <sup>e</sup> année 3 <sup>rd</sup> year        | T.P. Laboratory sessions       | :       |
| Semestre Semester                            | : 5 <sup>e</sup> semestre 5 <sup>th</sup> semester | Projet Project                 | :       |
| Evaluation Assessment method(s)              | : 1 examen 1 written exam                          | Non encadré Homework           | :       |
| Langue d'instruction Language of instruction | : Français French                                  | Horaire global Total hours     | : 21h15 |
| Type de cours Type of course                 | : Obligatoire Compulsory                           |                                |         |
| Niveau Level of course                       | : Graduate                                         |                                |         |

#### Compétences attendues :

- Savoir utiliser et/ou formuler des lois de comportement en transformations finies (non linéaires géométriques et physiques)
- Appréhender les enjeux d'un calcul de structures dans ce cadre

**Pré-requis :** Mécanique des solides déformables, notions de mécanique non-linéaire

#### Contenu :

Une première partie du cours s'attache à faire des rappels et compléments de Mécanique des Milieux Continus indispensables à la formulation de lois de comportement en grandes déformations : cinématique, tenseurs des déformations et des contraintes, analyse conjuguée (dualité contrainte-déformation), thermodynamique des processus irréversibles, le tout en description lagrangienne et eulérienne. Les grands principes de construction des lois de comportement en grandes déformations sont ensuite présentés puis illustrés sur un exemple, celui de l'hyperélasticité des élastomères utilisés dans la fabrication de pneumatiques, de colles et adhésifs, de joints, etc.

#### Bibliographie :

J. Coirier, C. Nadot-Martin, Mécanique des Milieux Continus : cours et exercices corrigés, Dunod, 2013  
R.W. Ogden, Non-linear elastic deformations, Ellis Horwood Edition



#### Expected competencies:

- Use and/or formulate constitutive laws in finite strains
- Understand the challenges related to structure calculations in this framework

**Prerequisites:** Solid mechanics, notions of non linear mechanics

#### Content:

The first part of the course is dedicated to recalls and complements of Mechanics of the Continuous Mediums, essential to the formulation of finite strain constitutive laws: kinematics, strain and stress tensors, combined analysis (stress-strain duality), thermodynamics of irreversible processes. The main principles for the formulation of finite strain constitutive laws are then presented and illustrated by an example: the hyperelasticity of elastomers used in the manufacture of tires, adhesives, joints etc...

#### Recommended reading:

J. Coirier, C. Nadot-Martin, Mécanique des Milieux Continus : cours et exercices corrigés, Dunod, 2013  
R.W. Ogden, Non-linear elastic deformations, Ellis Horwood Edition

**Structures aéronautiques**  
**Aeronautical structures**

| <b>Code cours</b> <i>Course code: STA5</i>                 |                                                    | <b>Crédits ECTS</b> <i>ECTS Credits: 2</i>       |
|------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| <b>Département</b> <i>Department</i>                       | : MSISI                                            | <b>Cours</b> <i>Lectures</i> : 12h30             |
| <b>Coordonnateurs</b> <i>Lecturers</i>                     | : J-C. Grandidier                                  | <b>T.D.</b> <i>Tutorials</i> : 12h30             |
| <b>Période</b> <i>Year of study</i>                        | : 3 <sup>e</sup> année 3 <sup>rd</sup> year        | <b>T.P.</b> <i>Laboratory sessions</i> :         |
| <b>Semestre</b> <i>Semester</i>                            | : 5 <sup>e</sup> semestre 5 <sup>th</sup> semester | <b>Projet</b> <i>Project</i> :                   |
| <b>Evaluation</b> <i>Assessment method(s)</i>              | : 1 écrit 1 written exam                           | <b>Non encadré</b> <i>Homework</i> :             |
| <b>Langue d'instruction</b> <i>Language of instruction</i> | : Français French                                  | <b>Horaire global</b> <i>Total hours</i> : 25h00 |
| <b>Type de cours</b> <i>Type of course</i>                 | : Obligatoire Compulsory                           |                                                  |
| <b>Niveau</b> <i>Level of course</i>                       | : Graduate                                         |                                                  |

**Compétences attendues :** Savoir aborder la problématique du calcul des structures aéronautiques.

**Pré-requis :** Méthode des éléments finis, mécanique des milieux continus

**Contenu :**

- Technologie de construction d'un avion
- Outils de modélisation numérique
- Classification des théories
- Théorie non linéaire : hypothèse cinématique
- Problèmes de flambage de poutres et plaques

**Coques cylindriques**

- Coordonnées normales, déformations, hypothèses des petites déformations et rotations modérées, hypothèses de Kirchhoff-Love
- Théories non linéaires des coques
- Applications sur Abaqus

**Bibliographie :** Aucune



**Expected competencies:** To learn how to model aeronautic structures with finite element method.

**Prerequisites:** Finite element method, continuum media mechanics

**Content:**

- Aircraft design
- Numerical models
- Theories classification
- Non linear theory: kinematic assumptions
- Buckling of beams and plates
- Cylindrical shells

- Normal coordinates, deformations, small deformations and moderate rotation hypotheses: Kirchhoff-Love's hypotheses
- Non linear shells
- Abaqus software applications

**Recommended reading:** None



| Travaux pratiques<br>Lab works |                                                                      |                                    |
|--------------------------------|----------------------------------------------------------------------|------------------------------------|
| Code cours                     | Course code: TPR5                                                    | Crédits ECTS ECTS Credits: 2       |
| Département                    | Department : MSISI                                                   | Cours Lectures :                   |
| Coordonnateurs                 | Lecturers : M. Arzaghi, D. Halm, Y. Pannier, V. Pélosin, O. Smerdova | T.D. Tutorials :                   |
| Période                        | Year of study : 3 <sup>e</sup> année 3 <sup>rd</sup> year            | T.P. Laboratory sessions : 35h00   |
| Semestre                       | Semester : 5 <sup>e</sup> semestre 5 <sup>th</sup> semester          | Projet Project :                   |
| Evaluation                     | Assessment method(s) : 1 rapport 1 report                            | Non encadré Homework :             |
| Langue d'instruction           | Language of instruction : Français French                            | Horaire global Total hours : 35h00 |
| Type de cours                  | Type of course : Obligatoire Compulsory                              |                                    |
| Niveau                         | Level of course : Graduate                                           |                                    |

**Compétences attendues :** Caractériser mécaniquement un alliage aéronautique. Appliquer les techniques expérimentales développées en cours et TD. Comparer avec des simulations numériques.

Propager des ondes ultrasonores et de mesures des constantes élastiques. Contrôle non destructif de pièces métalliques par ultrasons.

Analyser un diagramme de diffraction. Influence de recuits sur un matériau fortement écroui.

**Pré-requis :** Rupture – fatigue, plasticité, physique du solide, radiocristallographie

**Contenu :**

#### TP Matériaux/Fracture

Une première partie de ces travaux pratiques concerne la caractérisation du comportement mécanique de l'alliage 2024. Un essai de traction sur éprouvette haltère permet de déterminer la loi d'écrouissage de type Ramberg Osgood. On procède également, sur éprouvettes CT, à des essais de fissuration pour obtenir la loi de propagation de Paris et à la détermination de la ténacité.

Une séance est consacrée à l'étude de la propagation des ondes ultrasonores dans des matériaux métalliques. La vitesse de l'onde permet la mesure de constantes élastiques. Il est aussi montré le principe de la détection de défauts par ultrasons sur des pièces métalliques.

Une séance est dédiée à l'analyse de diagrammes de diffractions réalisés sur du laiton fortement écroui puis recuit. Cette étude permet de mettre en évidence la présence de défauts cristallins dans le matériau déformé ainsi que leur élimination progressive.

#### TP Analyse expérimentale des contraintes

Pour chaque poste, les résultats obtenus par la méthode expérimentale proposée sont confrontés aux résultats numériques obtenus par la méthode des éléments finis (Abaqus) : photoélasticité – méthode de granularité (laser et lumière blanche) – méthode de Moiré réfléchi (mesure de la déformation de flexion d'une plaque plane).

**Bibliographie :** Aucune



**Expected competencies:** Mechanical characterization of an aeronautical alloy. To apply experimental techniques exposed during lectures and Tutorials, and to compare experimental results with numerical simulations.

Ultrasonic wave propagation and elastic constants measurements. Ultrasonic non-destructive testing of metallic materials.

Diffraction pattern analysis: heating influence on a cold-worked material.

**Prerequisites:** Fracture- fatigue, plasticity, solid state physics, crystal analysis by x rays

**Content:**

#### Laboratory session in materials and fracture

A first part of this laboratory work deals with the characterization of the mechanical behaviour of the 2024 alloy. A tension test allows the determination of the hardening law (Ramberg Osgood). Fatigue tests on CT specimens provide propagation kinetics (Paris law). Tension tests on CT specimens lead to the characterization of the toughness of the alloy.

A session is dedicated to the study of ultrasonic wave propagation in metallic materials. The wave velocity allows the measurement of elastic constants. It is also shown the principle of ultrasonic detection of defects.

An other session is dedicated to the diffraction pattern analysis carried out on highly cold-worked and reheating brass. This study underlines the presence of crystalline defects in a strained material as well as their progressive elimination.

#### Laboratory session in stress analysis

Experimental and theoretical confrontation for the following topics: photoelasticity – granularity method (laser and white light) – Reflective Moiré method (measurement of the out-plane flexion deformation of a plane plate).

**Recommended reading:** None

**ENSEIGNEMENTS DE TROISIEME ANNEE**  
**Third year academic activities**

**SEMESTRE 5**  
Option Matériaux avancés (M)

**Semester 5**  
**Specialisation Advanced Materials (M)**

| UE     | Intitulé des cours                                                              | Courses title                                               | Codes | Heures<br>Hours | Crédits<br>ECTS<br>ECTS<br>Credits | Page |
|--------|---------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-------|-----------------|------------------------------------|------|
| UE5-1m | Sciences des Métiers – <i>Engineering Sciences SM5m1</i>                        |                                                             |       |                 |                                    |      |
|        | Modélisation par éléments finis                                                 | <i>Finite element modelling</i>                             | MEF5  | 30h00           | 2.5                                | 148  |
|        | Plasticité - Viscoplasticité                                                    | <i>Plasticity - Viscoplasticity</i>                         | PLS5  | 30h00           | 2.5                                | 149  |
|        | Propriétés mécaniques des matériaux                                             | <i>Materials mechanical properties</i>                      | PMM5  | 30h00           | 2.5                                | 150  |
|        | Rupture                                                                         | <i>Fracture mechanics</i>                                   | RUP5  | 12h30           | 1.5                                | 151  |
|        | Stratifiés composites                                                           | <i>Composite laminates</i>                                  | STC5  | 15h00           | 1                                  | 152  |
|        | Cours électif # 1                                                               | <i>Elective course # 1</i>                                  | CE15  | 12h30           | 1                                  | 182  |
|        | Cours électif # 2                                                               | <i>Elective course # 2</i>                                  | CE25  | 12h30           | 1                                  |      |
| UE5-2m | Sciences des Métiers – <i>Engineering Sciences SM5m2</i>                        |                                                             |       |                 |                                    |      |
|        | Analyse expérimentale en mécanique                                              | <i>Experimental mechanics</i>                               | AEM5  | 12h30           | 1                                  | 154  |
|        | Analyse microstructurale des matériaux                                          | <i>Microstructural analysis of Materials</i>                | AMM5  | 25h00           | 2                                  | 162  |
|        | Diffusion atomique et applications                                              | <i>Atomic diffusion and applications</i>                    | DAA5  | 25h00           | 2                                  | 164  |
|        | Fatigue                                                                         | <i>Fatigue</i>                                              | FAT5  | 15h00           | 1                                  | 157  |
|        | Polymères                                                                       | <i>Polymers</i>                                             | POL5  | 12h30           | 1                                  | 165  |
|        | Revêtements                                                                     | <i>Coatings</i>                                             | REV5  | 12h30           | 1                                  | 166  |
|        | Cours électif # 3                                                               | <i>Elective course # 3</i>                                  | CE35  | 12h30           | 1                                  | 182  |
|        | Cours électif # 4                                                               | <i>Elective course # 4</i>                                  | CE45  | 12h30           | 1                                  |      |
| UE5-3  | Sciences des Métiers – <i>Engineering Sciences SM53</i>                         |                                                             |       |                 |                                    |      |
|        | Bureau d'études                                                                 | <i>Advanced Design Project</i>                              | BET5  | 120h00          | 5                                  | 153  |
|        | Travaux pratiques                                                               | <i>Lab works</i>                                            | TPR5  | 35h00           | 2                                  | 160  |
| UE5-4  | Formation Humaine et Langues – <i>Social Science and Foreign Languages FHL5</i> |                                                             |       |                 |                                    |      |
|        | Education physique et sportive                                                  | <i>Sport</i>                                                | EPS5  | 45h00           | 2                                  | 18   |
|        | Professional communication                                                      | <i>Professional communication</i>                           | PRC5  | 22h30           | 1                                  | 134  |
|        | Langue vivante II                                                               | <i>Second foreign language</i>                              | LVD5  | 27h00           | 1,5                                | 21   |
|        | Validation des activités extra-scolaires (facultatif)*                          | <i>Validation of extra-curricular activities (optional)</i> | VAE5  | -               | 1                                  | 135  |

**SEMESTRE 6**

**Semester 6**

|       | Intitulé des cours      | Courses title                   | Codes | Heures<br>Hours | Crédits ECTS<br>ECTS Credits | Page |
|-------|-------------------------|---------------------------------|-------|-----------------|------------------------------|------|
| UE6-1 | Stage ingénieur*        | <i>Junior Engineer Training</i> | STI6  | -               | 13                           | 224  |
| UE6-2 | Projet de fin d'études* | <i>Graduation Project</i>       | PFE6  | -               | 17                           | 225  |

**\*Non accessible aux étudiants internationaux en programme d'échange (sauf double diplôme)**  
**Not open to international exchange students (except Double Degree students)**



Stages accessibles aux étudiants internationaux en programme d'échange : voir rubrique « [Stage Court](#) » and « [Stage Long](#) »  
Available internships for international exchange students : see section [Short term internship](#) and [Long-term Internship](#)

**Analyse microstructurale des matériaux**  
**Microstructural analysis of Materials**

| <b>Code cours</b> <i>Course code: AMM5</i>                 |                                                    | <b>Crédits ECTS</b> <i>ECTS Credits: 2</i> |         |
|------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|--------------------------------------------|---------|
| <b>Département</b> <i>Department</i>                       | : MSISI                                            | <b>Cours</b> <i>Lectures</i>               | : 12h30 |
| <b>Coordonnateurs</b> <i>Lecturers</i>                     | : V. Pelosin, P. Villechaise, S.Hemery             | <b>T.D.</b> <i>Tutorials</i>               | : 12h30 |
| <b>Période</b> <i>Year of study</i>                        | : 3 <sup>e</sup> année 3 <sup>rd</sup> year        | <b>T.P.</b> <i>Laboratory sessions</i>     | :       |
| <b>Semestre</b> <i>Semester</i>                            | : 5 <sup>e</sup> semestre 5 <sup>th</sup> semester | <b>Projet</b> <i>Project</i>               | :       |
| <b>Evaluation</b> <i>Assessment method(s)</i>              | : 1 examen 1 written exam                          | <b>Non encadré</b> <i>Homework</i>         | :       |
| <b>Langue d'instruction</b> <i>Language of instruction</i> | : Français French                                  | <b>Horaire global</b> <i>Total hours</i>   | : 25h00 |
| <b>Type de cours</b> <i>Type of course</i>                 | : Obligatoire Compulsory                           |                                            |         |
| <b>Niveau</b> <i>Level of course</i>                       | : Graduate                                         |                                            |         |

**Compétences attendues :** Connaître les bases physiques de la microscopie électronique à balayage et à transmission et avoir les techniques d'analyse qui y sont associées. Cerner le type d'information que l'on peut extraire des observations et analyses pour mieux décrire les relations microstructure/propriétés des matériaux.

**Pré-requis :** Notions sur la durabilité onde/ corpuscule ; éléments d'optique géométrique ; connaissances générales sur la nature des matériaux : phases, cristallographie, science des matériaux, notions sur les dislocations

**Contenu :**

**Diffraction des rayons X**

- Détermination de phases dans les matériaux cristallins,
- Analyse des textures (figures de pôles),
- Etude des contraintes résiduelles.

**Microscopie électronique à balayage (MEB)**

- Eléments d'optique électronique,
- Interactions électrons-matière : diffusion électronique, électrons rétro-diffusés et secondaires,
- Formation des images électroniques,
- Techniques associées à la microscopie électronique à balayage (principes, exemples d'applications) : EDS (Energy Dispersive Spectrometry) et WDS (Wavelength Dispersive Spectrometry), EBSD (Electron BackScattering Diffraction).

**Microscopie électronique à transmission (MET)**

- Microscopie électronique en transmission,
- Techniques de préparation des lames minces,
- Constitution du MET,
- Diffraction électronique,
- Indexation des diagrammes de diffraction,
- Contraste des défauts.

**Bibliographie :**

R. Guinebretière, *Diffraction des rayons x sur échantillons polycristallins*, Editions Lavoisier

J.L. Martin et A. George, *Caractérisation expérimentale des matériaux II, Traité des matériaux 3*, Presse Polytechnique et universitaire romandes

J. Ayache, L. Beaunier, J Boumendi, G. Erhet, D. Laub, *Guide de préparation des échantillons pour la microscopie électronique en transmission, T 1 et 2*, Publications de l'Université de Saint-Etienne, 2007

J.W. Edington, *Practical electron microscopy in materials science, T2: Electron diffraction in the electron microscope and T3: Interpretation of transmission electron micrographs*, Philips Technical Library

**Expected competencies:** Know the physical basis of scanning electron microscopy and analytical techniques that are associated. To identify the type of information that can be extracted from observations and analyses to better describe the relations between microstructure and properties of materials.

**Prerequisites:** Notions on the durability wave/corpuscle; elements of geometrical optic; general knowledge on the nature of materials: phases, crystallographic aspects, materials science, elementary knowledge on dislocations.

**Content:**

**X-ray diffraction**

- Phase determination in crystalline materials,

- Texture analysis (pole figures),
- Study of residual stresses.

#### **Scanning electron microscopy (SEM)**

- Electron optics elements,
- Electron-material interaction: electron diffusion, backscattered and secondary electrons,
- Formation of electron images,
- Associated techniques to scanning electron microscopy (principles, examples of application): EDS (Energy Dispersive Spectrometry) and WDS (Wavelength Dispersive Spectrometry), EBSD (Electron BackScattering Diffraction).

#### **Transmission electron microscopy (TEM)**

- Transmission electron microscopy,
- Preparation techniques of thin sections,
- Formation of the TEM,
- Electron diffraction,
- Indexing of diffraction patterns,
- Defect contrast.

#### **Recommended reading:**

R. Guinebrière, *Diffraction des rayons x sur échantillons polycristallins*, Editions Lavoisier

J.L. Martin et A. George, *Caractérisation expérimentale des matériaux II, Traité des matériaux 3*, Presse Polytechnique et universitaire romandes

J. Ayache, L. Beaunier, J Boumendi, G. Erhet, D. Laub, *Guide de préparation des échantillons pour la microscopie électronique en transmission, T 1 et 2*, Publications de l'Université de Saint-Etienne, 2007

J.W. Edington, *Practical electron microscopy in materials science, T2: Electron diffraction in the electron microscope and T3: Interpretation of transmission electron micrographs*, Philips Technical Library

**Diffusion atomique et applications**  
**Atomic diffusion and applications**

| <b>Code cours</b> <i>Course code: DAA5</i>                 |                                                    | <b>Crédits ECTS</b> <i>ECTS Credits: 2</i> |         |
|------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|--------------------------------------------|---------|
| <b>Département</b> <i>Department</i>                       | : MSISI                                            | <b>Cours</b> <i>Lectures</i>               | : 12h30 |
| <b>Coordonnateurs</b> <i>Lecturers</i>                     | : V. Pelosin                                       | <b>T.D.</b> <i>Tutorials</i>               | : 12h30 |
| <b>Période</b> <i>Year of study</i>                        | : 3 <sup>e</sup> année 3 <sup>rd</sup> year        | <b>T.P.</b> <i>Laboratory sessions</i>     | :       |
| <b>Semestre</b> <i>Semester</i>                            | : 5 <sup>e</sup> semestre 5 <sup>th</sup> semester | <b>Projet</b> <i>Project</i>               | :       |
| <b>Évaluation</b> <i>Assessment method(s)</i>              | : 1 examen 1 written exam                          | <b>Non encadré</b> <i>Homework</i>         | :       |
| <b>Langue d'instruction</b> <i>Language of instruction</i> | : Français French                                  | <b>Horaire global</b> <i>Total hours</i>   | : 25h00 |
| <b>Type de cours</b> <i>Type of course</i>                 | : Obligatoire Compulsory                           |                                            |         |
| <b>Niveau</b> <i>Level of course</i>                       | : Graduate                                         |                                            |         |

**Compétences attendues :** Connaître les mécaniques de diffusion atomique impliquées dans un grand nombre de process industriels

**Pré-requis :** Science des matériaux

**Contenu :**

**Diffusions atomique**

- Diffusion macroscopique, lois de Fick,
- Mécanismes élémentaires de diffusion, diffusion atomique dans les cristaux,
- Applications de la diffusion.

**Transformation de phase**

- Aspects thermodynamiques,
- Energie libre des solutions solides,
- Transformations par germination, croissance et mécanismes associés,
- Détermination des cinétiques de transformation,
- Transformations diffusives et displacives.

**Bibliographie :** Aucune



**Expected competencies:** To know the atomic diffusion mechanisms involved in many industrial processes.

**Prerequisites:** Materials science

**Content:**

**Atomic diffusion**

- Macroscopic diffusion, Fick's laws,
- Elementary diffusion mechanisms, crystalline diffusion,
- Diffusion applications.

**Phase transformations**

- Thermodynamic approach,
- Free energy of solid solutions,
- Germination and growth mechanisms,
- Determination of the transformation kinetics,
- Diffusive and displacive phase transformation.

**Recommended reading:** None

| Polymères<br>Polymers                        |                                                    |                              |         |
|----------------------------------------------|----------------------------------------------------|------------------------------|---------|
| Code cours Course code: POL5                 |                                                    | Crédits ECTS ECTS Credits: 1 |         |
| Département Department                       | : MSISI                                            | Cours Lectures               | : 06h15 |
| Coordonnateurs Lecturers                     | : L. Chocinski                                     | T.D. Tutorials               | : 06h15 |
| Période Year of study                        | : 3 <sup>e</sup> année 3 <sup>rd</sup> year        | T.P. Laboratory sessions     | :       |
| Semestre Semester                            | : 5 <sup>e</sup> semestre 5 <sup>th</sup> semester | Projet Project               | :       |
| Evaluation Assessment method(s)              | : 1 écrit 1 written exam                           | Non encadré Homework         | :       |
| Langue d'instruction Language of instruction | : Français French                                  | Horaire global Total hours   | : 12h30 |
| Type de cours Type of course                 | : Obligatoire Compulsory                           |                              |         |
| Niveau Level of course                       | : Graduate                                         |                              |         |

**Compétences attendues :** Acquérir une connaissance approfondie de la structure des différentes classes de polymères et de leurs propriétés spécifiques, plus particulièrement des propriétés mécaniques.

**Pré-requis :** Notions générales de science des matériaux

**Contenu :**

#### Présentation générale des polymères

- Principales propriétés,
- Classification des polymères (thermoplastiques, thermodurs, élastomères).

#### Caractéristiques des chaînes macromoléculaires

##### Structure des polymères

- Etat fondu,
- Polymères amorphes et semi-cristallins,
- Phase amorphe/ transition vitreuse.

##### Propriétés mécaniques des polymères

- Elasticité caoutchoutique,
- Viscoélasticité,
- Déformation plastique,
- Endommagement.

#### Mise en forme des polymères

**Bibliographie:** Aucune



**Expected competencies:** Acquire a thorough knowledge in structure of the different classes of polymers and in their specific properties, more particularly the mechanical properties.

**Prerequisites:** Elementary knowledge in materials science

**Content:**

#### General presentation of polymers

- Main properties,
- Classification of polymers (thermoplastics, thermosets, elastomers).

#### Characteristics of macromolecular chains

##### Structure of polymers

- Molten state,
- Amorphous and semi-crystalline polymers,
- Amorphous phase/ glass transition.

##### Mechanical properties of polymers

- Rubber elasticity,
- Viscoelasticity,
- Plastic deformation,
- Damage.

#### Processing of polymers

**Recommended reading:** None

| Revêtements<br>Coatings                      |                                                    |                              |         |
|----------------------------------------------|----------------------------------------------------|------------------------------|---------|
| Code cours Course code: REV5                 |                                                    | Crédits ECTS ECTS Credits: 1 |         |
| Département Department                       | : MSISI                                            | Cours Lectures               | : 06h15 |
| Coordonnateurs Lecturers                     | : V. Pelosin, F. Jacquot                           | T.D. Tutorials               | : 06h15 |
| Période Year of study                        | : 3 <sup>e</sup> année 3 <sup>rd</sup> year        | T.P. Laboratory sessions     | :       |
| Semestre Semester                            | : 5 <sup>e</sup> semestre 5 <sup>th</sup> semester | Projet Project               | :       |
| Evaluation Assessment method(s)              | : 1 écrit 1 written exam                           | Non encadré Homework         | :       |
| Langue d'instruction Language of instruction | : Français French                                  | Horaire global Total hours   | : 12h30 |
| Type de cours Type of course                 | : Obligatoire Compulsory                           |                              |         |
| Niveau Level of course                       | : Graduate                                         |                              |         |

**Compétences attendues :** Etre informé sur les principales techniques de dépôts, fonctions et applications industrielles des revêtements.

**Pré-requis :** Science des matériaux, physique du solide

**Contenu :**

#### Techniques de dépôts

- PVD (dépôts par voie Physique),
- CVD
- Projection thermique
- Modifications des surfaces.

#### Propriétés mécaniques

- Dureté
- Analyse des Contraintes internes et leur influence sur les propriétés physiques.

#### Applications industrielles dans le secteur Aéronautique

#### Bibliographie :

A. Cornet et J.P. Deville, *Physique et Ingénierie des surfaces*, EDP Sciences  
L. Pawlowski, *Dépôts physiques*, Presses Polytechniques et universitaires romandes  
S. Audisio, M. Cailliet, A. Galerie et H. Mazille, *Revêtements et traitements de surface*, Presses polytechniques et universitaires romandes



**Expected competencies:** Know the main coating techniques, industrial functions and applications of coatings.

**Prerequisites:** Materials science, solid physics

**Content:**

#### Deposition processes

- PVD (Physical Vapor Deposition),
- CVD (Chemical vapor deposition),
- Thermal spraying
- Surface modifications.

#### Mechanical properties

- Hardness
- Internal stresses, their analysis and their incidence on physical properties.

#### Applications for aircraft industry

- Protective coating (thermal, diffusional protection, hardness and tribology),
- Optical, magnetic and electrical properties (recording, microelectronic systems).

**Recommended reading:** A. Cornet et J.P. Deville, *Physique et Ingénierie des surfaces*, EDP Sciences

L. Pawlowski, *Dépôts physiques*, Presses Polytechniques et universitaires romandes

S. Audisio, M. Cailliet, A. Galerie et H. Mazille, *Revêtements et traitements de surface*, Presses polytechniques et universitaires romandes

**ENSEIGNEMENTS DE TROISIEME ANNEE**  
**Third year academic activities**

**SEMESTRE 5**

Option Informatique et Avionique (IA)

**Semester 5**

**Specialisation Software engineering and Avionics (IA)**

| UE     | Intitulé des cours                                                       | Courses title                                               | Codes | Heures<br>Hours | Crédits<br>ECTS<br>ECTS<br>Credits | Page |
|--------|--------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-------|-----------------|------------------------------------|------|
| UE5-1i | Sciences des Métiers – Engineering Sciences SM5i1                        |                                                             |       |                 |                                    |      |
|        | Conception et programmation objet                                        | <i>Object-oriented design and programming</i>               | CPO5  | 31h15           | 2.5                                | 168  |
|        | Ingénierie des données et des modèles                                    | <i>Engineering data systems &amp; models</i>                | IDM5  | 30h00           | 2.5                                | 169  |
|        | Méthodes avancées de programmation                                       | <i>Advanced programming methods</i>                         | MAP5  | 27h30           | 2.5                                | 171  |
|        | Systèmes embarqués - temps-réel                                          | <i>Embedded systems - Real time computer science</i>        | SEM5  | 26h15           | 2,5                                | 172  |
|        | Cours électif # 1                                                        | <i>Elective course # 1</i>                                  | CE15  | 12h30           | 1                                  | 182  |
|        | Cours électif # 2                                                        | <i>Elective course # 2</i>                                  | CE25  | 12h30           | 1                                  |      |
| UE5-2i | Sciences des Métiers – Engineering Sciences SM5i2                        |                                                             |       |                 |                                    |      |
|        | Applications distribuées et orientées services                           | <i>Distributed and services-oriented applications</i>       | ADO5  | 23h45           | 2                                  | 175  |
|        | Applications embarquées dans les dispositifs mobiles                     | <i>Embedded applications in mobile equipments</i>           | AED5  | 17h30           | 1                                  | 176  |
|        | Aspects formels du génie logiciel                                        | <i>Software engineering formal aspects</i>                  | AFG5  | 26h15           | 2                                  | 177  |
|        | Interprétation des langages informatiques                                | <i>Processing languages</i>                                 | ILI5  | 12h30           | 1                                  | 178  |
|        | Simulation des systèmes embarqués                                        | <i>Embedded systems simulation</i>                          | SSE5  | 12h30           | 1                                  | 179  |
|        | Systèmes avioniques                                                      | <i>Avionics systems</i>                                     | SAV5  | 12h30           | 1                                  | 180  |
|        | Cours électif # 3                                                        | <i>Elective course # 3</i>                                  | CE35  | 12h30           | 1                                  | 182  |
|        | Cours électif # 4                                                        | <i>Elective course # 4</i>                                  | CE45  | 12h30           | 1                                  |      |
| UE5-3  | Sciences des Métiers – Engineering Sciences SM53                         |                                                             |       |                 |                                    |      |
|        | Bureau d'études                                                          | <i>Advanced Design Project</i>                              | BET5  | 120h00          | 5                                  | 174  |
|        | Travaux pratiques                                                        | <i>Lab works</i>                                            | TPR5  | 35h00           | 2                                  | 181  |
| UE5-4  | Formation Humaine et Langues – Social Science and Foreign Languages FHL5 |                                                             |       |                 |                                    |      |
|        | Education physique et sportive                                           | <i>Sport</i>                                                | EPS5  | 45h00           | 2                                  | 18   |
|        | Professional communication                                               | <i>Professional communication</i>                           | PRC5  | 22h30           | 1                                  | 134  |
|        | Langue vivante II                                                        | <i>Second foreign language</i>                              | LVD5  | 27h00           | 1,5                                | 21   |
|        | Validation des activités extra-scolaires (facultatif)*                   | <i>Validation of extra-curricular activities (optional)</i> | VAE5  | -               | 1                                  | 135  |

**SEMESTRE 6**

**Semester 6**

|       | Intitulé des cours      | Courses title                   | Codes | Heures<br>Hours | Crédits ECTS<br>ECTS Credits | Page |
|-------|-------------------------|---------------------------------|-------|-----------------|------------------------------|------|
| UE6-1 | Stage ingénieur*        | <i>Junior Engineer Training</i> | STI6  | -               | 13                           | 224  |
| UE6-2 | Projet de fin d'études* | <i>Graduation Project</i>       | PFE6  | -               | 17                           | 225  |

\*Non accessible aux étudiants internationaux en programme d'échange (sauf double diplôme)

**Not open to international exchange students (except Double Degree students)**

Stages accessibles aux étudiants internationaux en programme d'échange : voir rubrique « [Stage Court](#) » and « [Stage Long](#) ».  
 Available internships for international exchange students : see section [Short term internship](#) and [Long-term Internship](#)



**Conception et programmation objet**  
**Object-oriented design and programming**

| <b>Code cours</b> <i>Course code: CPO5</i>                 |                                                    | <b>Crédits ECTS</b> <i>ECTS Credits: 2.5</i> |         |
|------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|----------------------------------------------|---------|
| <b>Département</b> <i>Department</i>                       | : IA                                               | <b>Cours Lectures</b>                        | : 15h00 |
| <b>Coordonnateurs</b> <i>Lecturers</i>                     | : M.Richard                                        | <b>T.D. Tutorials</b>                        | : 16h15 |
| <b>Période</b> <i>Year of study</i>                        | : 3 <sup>e</sup> année 3 <sup>rd</sup> year        | <b>T.P. Laboratory sessions</b>              | :       |
| <b>Semestre</b> <i>Semester</i>                            | : 5 <sup>e</sup> semestre 5 <sup>th</sup> semester | <b>Projet Project</b>                        | :       |
| <b>Evaluation</b> <i>Assessment method(s)</i>              | : 1 examen 1 written exam                          | <b>Non encadré Homework</b>                  | :       |
| <b>Langue d’instruction</b> <i>Language of instruction</i> | : Français French                                  | <b>Horaire global Total hours</b>            | : 31h15 |
| <b>Type de cours</b> <i>Type of course</i>                 | : Obligatoire Compulsory                           |                                              |         |
| <b>Niveau</b> <i>Level of course</i>                       | : Graduate                                         |                                              |         |

**Compétences attendues :** Maîtriser les concepts de conception et programmation orientée objet

**Pré-requis :** Cours d’informatique de première année (S1)

**Contenu :** Ce cours traite des différentes notions liées à la conception et à la programmation orientée objet en s’appuyant sur le langage Java pour la programmation et sur le langage de modélisation UML pour la conception.

Sont ainsi présentés :

- les concepts objet de base (encapsulation, héritage, abstraction, polymorphisme, interface) et leur expression dans ces deux langages.
- différents patrons de conception (Pattern Design), permettant de mieux répondre aux différents critères de qualités
- les tests unitaires et le principe du développement dirigé par les tests (TDD)
- les tests d’intégration avec la notion de simulacre
- la conception et l’implémentation d’Interface Homme Machine (IHM) basée sur la toolkit Swing et sur le modèle d’architecture MVC.

Plusieurs TP et un projet personnel permettent de mettre en œuvre, de manière avancée, l’ensemble de ces concepts.

**Bibliographie :** Aucune

**Expected competencies:** Handle the concepts of Object-oriented design and programming

**Prerequisites:** Computer science class (S1)

**Content:** This course covers the different notions related to the object-oriented design and programming based on Java language for programming and the UML modelling language for design.

The following topics are presented:

- The concepts of basic objects (encapsulation, inheritance, abstraction, polymorphism, interface) and their expression in both languages.
- Different Pattern Design, allowing to better meet the different quality requirements
- Unit testings and the principle of test driven development (TDD)
- Integration testings avec the notion of simulation
- The design and implementation of Human Computer Interaction (HCI) based on the Swing toolkit and on MVC architecture.

Several laboratory sessions and an individual project will allow the students to extensively implement the whole concepts.

**Recommended reading:** None

**Ingénierie des données et des modèles**  
**Engineering data systems & models**

**Code cours** *Course code:* **IDM5**

**Crédits ECTS** *ECTS Credits:* **2.5**

|                                                            |                                                    |                                          |         |
|------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|------------------------------------------|---------|
| <b>Département</b> <i>Department</i>                       | : IA                                               | <b>Cours</b> <i>Lectures</i>             | : 15h00 |
| <b>Coordonnateurs</b> <i>Lecturers</i>                     | : L. Bellatreche, Y. Ouhammou                      | <b>T.D.</b> <i>Tutorials</i>             | : 15h00 |
| <b>Période</b> <i>Year of study</i>                        | : 3 <sup>e</sup> année 3 <sup>rd</sup> year        | <b>T.P.</b> <i>Laboratory sessions</i>   | :       |
| <b>Semestre</b> <i>Semester</i>                            | : 5 <sup>e</sup> semestre 5 <sup>th</sup> semester | <b>Projet</b> <i>Project</i>             | :       |
| <b>Evaluation</b> <i>Assessment method(s)</i>              | : 1 examen écrit 1 written exam                    | <b>Non encadré</b> <i>Homework</i>       | :       |
| <b>Langue d'instruction</b> <i>Language of instruction</i> | : Français French                                  | <b>Horaire global</b> <i>Total hours</i> | : 30h00 |
| <b>Type de cours</b> <i>Type of course</i>                 | : Obligatoire Compulsory                           |                                          |         |
| <b>Niveau</b> <i>Level of course</i>                       | : Graduate                                         |                                          |         |

**Compétences attendues :** Acquérir les méthodes, langages et outils permettant la modélisation, la gestion efficace et l'exploitation des données fortement structurées ainsi que la transformation des modèles.

Un ensemble de langages de modélisation, de gestion de contraintes et de transformation est étudié : Ecore, UML, Entité Association, OCL, ATL, Acceleo, etc.

Le cours porte aussi sur l'étude de rôle du méta modélisation dans le processus d'intégration des données et des modèles fortement hétérogènes en utilisant des ontologies de domaine. Deux architectures d'intégration sont étudiées : la médiation et l'entreposage.

Le langage XML est étudié afin de permettre l'échange des données, des modèles et des méta-modèles entre les partenaires des entreprises étendues.

**Pré-requis :** Il est conseillé d'avoir suivi le cours « Conception et Programmation Objet » ou d'avoir des connaissances de bases de données.

**Contenu :**

- Modélisation & Méta Modélisation, MOF
- Langage Ecore et OCL
- Instanciation
- Transformation de modèles : *model-to-model* et *model-to-text*
- Intégration des données
- Ontologie de Domaines
- Ingénierie des Besoins
- Optimisation de requêtes
- XML, DTD et XSD

**Bibliographie :**

Jean-Marc Jézéquel, Benoît Combemale, Didier Vojtisek, *Ingénierie dirigée par les modèles : Des concepts à la pratique*, Ellipses

A. Michard, XML – Langage et applications, Eyrolles

Le site W3C : <http://www.w3.org/XML/Core>

Common Warehouse Metamodel (CWM) : <http://www.omg.org/spec/CWM/>

AnHai Doan, Alon Halevy and Zachary Ives, *Principles of Data Integration*, Morgan Kaufmann (<http://research.cs.wisc.edu/dibook/>)

Anneke Kleppe, Jos Warmer and Wim Bast, *MDA Explained: The Practice and Promise of the Model Driven Architecture*, Addison Wesley Professional, 2003.



**Expected competencies:** Acquire different concepts, methods, languages and tools dedicated for modeling and Meta modeling, management of strongly structured data that we find in technical domains such as product modeling, catalogues of industrial components, etc.

A set of modeling languages are studied and their description constraints: Ecore, UML, OCL, Entity Relationship, ATL, Acceleo, etc.

An introduction to the design of advanced application involving a large amount of heterogeneous and autonomous sources is also given. To reduce this heterogeneity, the domain ontologies are usually used to express requirements and integrate different sources. Two integration architectures are studied: mediator and data warehousing. Finally, the XML language is studied to ensure exchange between data, models and meta-models in global enterprises.

**Prerequisites:** Database; Programming methods.

**Content:**

- Modeling and Meta Modeling
- Ecore language and Object Constraint Language
- Instanciation of models
- Model transformation: model-to-model and model-to-text
- Data Integration
- Domain Ontologies
- Requirement Engineering
- Query processing
- XML, DTD and XSD

**Recommended reading:**

Jean-Marc Jézéquel, Benoît Combemale, Didier Vojtisek, *Ingénierie dirigée par les modèles : Des concepts à la pratique*, Ellipses  
A. Michard, *XML – Langage et applications*, Eyrolles  
Le site W3C : <http://www.w3.org/XML/Core>  
*Common Warehouse Metamodel (CWM)* : <http://www.omg.org/spec/CWM/>  
AnHai Doan, Alon Halevy and Zachary Ives, *Principles of Data Integration*, Morgan Kaufmann  
(<http://research.cs.wisc.edu/dibook/>)  
Anneke Kleppe, Jos Warmer and Wim Bast, *MDA Explained: The Practice and Promise of the Model Driven Architecture*, Addison Wesley Professional, 2003.



**Méthodes avancées de programmation**  
**Advanced programming methods**

| <b>Code cours</b> <i>Course code: MAP5</i>                 |                                                    | <b>Crédits ECTS</b> <i>ECTS Credits: 2.5</i> |         |
|------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|----------------------------------------------|---------|
| <b>Département</b> <i>Department</i>                       | : IA                                               | <b>Cours</b> <i>Lectures</i>                 | : 15h00 |
| <b>Coordonnateurs</b> <i>Lecturers</i>                     | : L. Guittet                                       | <b>T.D.</b> <i>Tutorials</i>                 | : 15h00 |
| <b>Période</b> <i>Year of study</i>                        | : 3 <sup>e</sup> année 3 <sup>rd</sup> year        | <b>T.P.</b> <i>Laboratory sessions</i>       | :       |
| <b>Semestre</b> <i>Semester</i>                            | : 5 <sup>e</sup> semestre 5 <sup>th</sup> semester | <b>Projet</b> <i>Project</i>                 | :       |
| <b>Evaluation</b> <i>Assessment method(s)</i>              | : 1 examen sur machine 1 computer exam             | <b>Non encadré</b> <i>Homework</i>           | :       |
| <b>Langue d'instruction</b> <i>Language of instruction</i> | : Français French                                  | <b>Horaire global</b> <i>Total hours</i>     | : 27h30 |
| <b>Type de cours</b> <i>Type of course</i>                 | : Obligatoire Compulsory                           |                                              |         |
| <b>Niveau</b> <i>Level of course</i>                       | : Graduate                                         |                                              |         |

**Compétences attendues :** Maîtriser les concepts de programmation avancée procédurale et étudier le langage C.

**Pré-requis :** Cours d'informatique de première année (INF1)

**Contenu :**

### Langage C

#### Structures de données dynamiques

Cette partie apporte les connaissances des structures suivantes :

- Liste linéaire : spécification, implémentations;
- La structure de table : spécification, adressage fonctionnel, associatif, dispersé;
- La structure d'arbre et son implémentation.

#### Bibliographie :

<http://www-roc.inria.fr/secret/>

Cours 1 & 2 : complexité, tri & récursivité

Cours 3 & 4 : arbres et tas, AVL, ABR

Cours 5 & 6 : graphes et automates

<http://www.infres.enst.fr/>



**Expected competencies:** Understand the concepts of procedural advanced programming with the C language.

**Prerequisites:** 1<sup>st</sup> year course of computer science (INF1)

**Content:**

### C Language

#### Dynamic data structures

Typology of data structures,

- Linear list: specification, implementations,
- Structure of table: specification, functional addressing, associative addressing, hash-code addressing,
- Structure of tree and its implementation.

#### Recommended reading:

<http://www-roc.inria.fr/secret/Matthieu.Finiasz/teaching.html>

Cours 1 & 2 : complexité, tri & récursivité

Cours 3 & 4 : arbres et tas, AVL, ABR

Cours 5 & 6 : graphes et automates

<http://www.infres.enst.fr/>

**Systèmes embarqués - temps-réel**  
**Embedded systems - Real time computer science**

| Code cours Course code: SEM5                 |                                                    | Crédits ECTS ECTS Credits: 2,5 |         |
|----------------------------------------------|----------------------------------------------------|--------------------------------|---------|
| Département Department                       | : IA                                               | Cours Lectures                 | : 13h45 |
| Coordonnateurs Lecturers                     | : E. Grolleau, Y. Ouhammou                         | T.D. Tutorials                 | : 12h30 |
| Période Year of study                        | : 3 <sup>e</sup> année 3 <sup>rd</sup> year        | T.P. Laboratory sessions       | :       |
| Semestre Semester                            | : 5 <sup>e</sup> semestre 5 <sup>th</sup> semester | Projet Project                 | :       |
| Evaluation Assessment method(s)              | : 1 examen 1 written exam                          | Non encadré Homework           | :       |
| Langue d'instruction Language of instruction | : Français French                                  | Horaire global Total hours     | : 26h15 |
| Type de cours Type of course                 | : Obligatoire Compulsory                           |                                |         |
| Niveau Level of course                       | : Graduate                                         |                                |         |

**Compétences attendues :** Développer un système embarqué temps réel sur cible à partir d'une conception multitâche, connaître différents systèmes d'exploitation temps réel type, mettre en œuvre un *toolchain* croisé, valider temporellement un système temps réel.

**Pré-requis :** Architecture et systèmes d'exploitation, algorithmique, bases de la programmation multitâche.

**Contenu :**

**Systèmes d'exploitation temps réel (RTOS)**

- Différences entre RTOS et systèmes d'exploitation généralistes ;
- La norme POSIX temps réel ;
- La norme Osek-AUTOSAR ;
- Un RTOS basé sur le temps : VxWorks
- Aspects temps réel de la norme Ada

**Validation temporelle et analyse de performances**

- Calcul dynamique de pire durée d'exécution, déterminisme ;
- Validation par simulation ;
- Contexte d'optimalité de l'ordonnancement à priorités fixes aux tâches ;
- Calcul de temps de réponse ;
- Facteurs pratiques (exclusions mutuelles, contraintes de précédence) ;
- Introduction à la programmation POSIX ;

**Bibliographie :**

E. Grolleau, J. Hugues, Y. Ouhammou, H. Bauer, « Introduction aux systèmes embarqués temps réel », ed. Dunod, 2018  
E. Grolleau, J. Hugues, S. Tucci, Y. Ouhammou, F. Cottet, S. Gérard, « Systèmes temps réel embarqués : Conception et implémentation », ed. Dunod, 2014.  
F. Cottet, E. Grolleau, « Systèmes temps réel de contrôle-commande », ed. Dunod, 2005  
Y. Trinet, J-P. Elloy, « Systèmes d'exploitation temps réel – exemples d'exécutifs industriels », Techniques de l'Ingénieur dossier S8052  
E. Grolleau, M. Richard, P. Richard, F. Ridouard, « Ordonnancement temps réel – ordonnancement monoprocesseur », Techniques de l'Ingénieur dossier S8055  
P. Richard, E. Grolleau, M. Richard, F. Ridouard, « Ordonnancement temps réel – ordonnancement multiprocesseur », Techniques de l'Ingénieur dossier S8057  
A. Burns, A. Wellings, « Concurrent and Real-Time Programming in Ada », Cambridge Univ.

**Expected competencies:** Program a real-time embedded system on a real-time operating system from a multithreaded-aware ADL. Setup and use a cross-compilation toolchain. Validate a real-time system, study its performances, and the end-to-end delays.

**Prerequisites:** Computer architecture and operating systems, computer programming, basics on multithreading.

**Content:**

**Real-Time Operating Systems (RTOS)**

- Différences RTOS – General Purpose Operating Systems (GPOS) ;
- Real-time POSIX standards ;
- Osek-AUTOSAR standards ;
- A time based RTOS: VxWorks

- Real-time aspects of the Ada standards

#### **Real-time scheduling and performance analysis**

- Dynamic timing analysis, deterministic and less deterministic architectures ;
- Validation using simulation ;
- Optimality of fixed-task priority based schedulers ;
- Response time analysis ;
- Practical factors (mutual exclusion, precedence constraints) ;
- POSIX programming

#### **Recommended reading:**

E. Grolleau, J. Hugues, Y. Ouhammou, H. Bauer, « Introduction aux systèmes embarqués temps réel », ed. Dunod, 2018

E. Grolleau, J. Hugues, S. Tucci, Y. Ouhammou, F. Cottet, S. Gérard, « *Systèmes temps réel embarqués : Conception et implémentation* », ed. Dunod, 2014.

F. Cottet, E. Grolleau, « *Systèmes temps réel de contrôle-commande* », ed. Dunod, 2005

Y. Trinet, J-P. Elloy, « *Systèmes d'exploitation temps réel – exemples d'exécutifs industriels* », Techniques de l'Ingénieur dossier S8052

E. Grolleau, M. Richard, P. Richard, F. Ridouard, « *Ordonnancement temps réel – ordonnancement monoprocesseur* », Techniques de l'Ingénieur dossier S8055

P. Richard, E. Grolleau, M. Richard, F. Ridouard, « *Ordonnancement temps réel – ordonnancement multiprocesseur* », Techniques de l'Ingénieur dossier S8057

A. Burns, A. Wellings, « *Concurrent and Real-Time Programming in Ada* », Cambridge Univ.



| Bureau d'études<br>Advanced Design Project          |                                                    |                                     |          |
|-----------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-------------------------------------|----------|
| Code cours Course code: <b>BET5</b>                 |                                                    | Crédits ECTS ECTS Credits: <b>5</b> |          |
| <b>Département</b> Department                       | : IA                                               | <b>Cours Lectures</b>               | :        |
| <b>Coordonneurs</b> Lecturers                       | : M. Richard, Y. Ouhammou, B. Chardin              | <b>T.D. Tutorials</b>               | :        |
| <b>Période</b> Year of study                        | : 3 <sup>e</sup> année 3 <sup>rd</sup> year        | <b>T.P. Laboratory sessions</b>     | : 120h00 |
| <b>Semestre</b> Semester                            | : 5 <sup>e</sup> semestre 5 <sup>th</sup> semester | <b>Projet Project</b>               | :        |
| <b>Evaluation</b> Assessment method(s)              | : 1 examen 1 written exam                          | <b>Non encadré Homework</b>         | :        |
| <b>Langue d'instruction</b> Language of instruction | : Français French                                  | <b>Horaire global Total hours</b>   | : 120h00 |
| <b>Type de cours</b> Type of course                 | : Obligatoire Compulsory                           |                                     |          |
| <b>Niveau</b> Level of course                       | : Graduate                                         |                                     |          |

**Compétences attendues :** Savoir aborder un problème concret dans son ensemble.

**Pré-requis :**

**Contenu :** Il s'agit de travaux effectués par des groupes d'une dizaine d'élèves.

Les thèmes proposés sont, pour la plupart, établis en collaboration avec des entreprises et font appel aux connaissances théoriques acquises dans un des domaines relevant de l'option choisie pour la troisième année.

C'est l'occasion d'un apprentissage du travail de groupe où chacun doit contribuer à l'aboutissement de l'étude. Ainsi l'élève doit faire preuve d'autonomie tout en apprenant à communiquer et à travailler en équipe. L'encadrement des enseignants n'est pas trop contraignant de façon à permettre le développement des initiatives et de l'imagination des participants tout en maintenant la rigueur scientifique indispensable.

Le rapport de synthèse doit faire apparaître le déroulement du travail et décrire très soigneusement la démarche et l'étude scientifique réalisée.

Sujets :

- Langage de conception pour les drones ardupilot
- Projet Cansat
- Internet des objets et Contrôle des objets connectés

**Bibliographie :**

**Expected competencies:** Solve a practical problem.

**Prerequisites:**

**Content:** Teams of 10 students.

Most subjects are jointly supported with industrial partners and require mastery of one scientific domain that constitutes part of the students' 3rd year major.

Each individual will learn to contribute to collaborative effort. Thus the student must demonstrate his technical expertise as well as his ability to communicate and work in group. Professors supervise the work to ensure the necessary scientific rigour of the development, but will not be directive and will foster initiative and imagination among students.

The final report relates the development of the project, outlines the scientific options and describes carefully the whole work.

Topics:

- Modeling language of UAV
- Cansat Project
- Internet of things and Control of connected objects

**Recommended reading:**



**Applications distribuées et orientées services**  
**Distributed and services-oriented applications**

| <b>Code cours</b> <i>Course code: ADO5</i>                 |                                                    | <b>Crédits ECTS</b> <i>ECTS Credits: 2</i> |
|------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| <b>Département</b> <i>Department</i>                       | : IA                                               | <b>Cours Lectures</b> : 11h15              |
| <b>Coordonnateurs</b> <i>Lecturers</i>                     | : B. Chardin, M. Baron                             | <b>T.D. Tutorials</b> : 12h30              |
| <b>Période</b> <i>Year of study</i>                        | : 3 <sup>e</sup> année 3 <sup>rd</sup> year        | <b>T.P. Laboratory sessions</b> :          |
| <b>Semestre</b> <i>Semester</i>                            | : 5 <sup>e</sup> semestre 5 <sup>th</sup> semester | <b>Projet Project</b> :                    |
| <b>Evaluation</b> <i>Assessment method(s)</i>              | : 1 examen 1 exam                                  | <b>Non encadré Homework</b> :              |
| <b>Langue d’instruction</b> <i>Language of instruction</i> | : Français French                                  | <b>Horaire global Total hours</b> : 23h45  |
| <b>Type de cours</b> <i>Type of course</i>                 | : Obligatoire Compulsory                           |                                            |
| <b>Niveau</b> <i>Level of course</i>                       | : Graduate                                         |                                            |

**Compétences attendues:** Concevoir et développer des applications distribuées orientées services

**Pré-requis :** Conception et Programmation orientée Objet

**Contenu :**

Introduction aux architectures orientées services :

- Services web étendus WSDL et SOAP (via JAX-WS)
- Services REST (via JAX-RS)
- Architectures microservices
- Déploiement et orchestration par conteneurisation (Docker)
- Droits d'accès et authentification
- Gestion des sessions pour des services sans état
- Persistance et accès centralisé aux données
- Clients pour applications orientées services

**Bibliographie :**

Bill Burke, *RESTful Java with JAX-RS 2.0*, 2nd Edition, O'Reilly, 2013.  
 Sam Newman, *Building Microservices*, O'Reilly, 2015.




---

**Expected competencies:** Design and develop distributed and services oriented applications

**Prerequisites:** Object-oriented design and programming (CPO5 course)

**Content:**

Introduction to service oriented architectures:

- Extended web services WSDL and SOAP (using JAX-WS)
- REST services (using JAX-RS)
- Microservices architectures
- Deployment and orchestration by containment (Docker)
- Access rights management and authentication
- Sessions with stateless services
- Persistence and centralized data accesses
- Clients for service oriented applications

**Recommended Reading:**

Bill Burke, *RESTful Java with JAX-RS 2.0*, 2nd Edition, O'Reilly, 2013.  
 Sam Newman, *Building Microservices*, O'Reilly, 2015.



| Applications embarquées dans les dispositifs mobiles<br><i>Embedded applications in mobile equipments</i> |                                                    |                                     |         |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-------------------------------------|---------|
| Code cours <i>Course code: AED5</i>                                                                       |                                                    | Crédits ECTS <i>ECTS Credits: 1</i> |         |
| <b>Département</b> <i>Department</i>                                                                      | : IA                                               | <b>Cours Lectures</b>               | : 06h00 |
| <b>Coordonnateurs</b> <i>Lecturers</i>                                                                    | : M. Richard                                       | <b>T.D. Tutorials</b>               | : 08h00 |
| <b>Période</b> <i>Year of study</i>                                                                       | : 3 <sup>e</sup> année 3 <sup>rd</sup> year        | <b>T.P. Laboratory sessions</b>     | : 01h00 |
| <b>Semestre</b> <i>Semester</i>                                                                           | : 5 <sup>e</sup> semestre 5 <sup>th</sup> semester | <b>Projet Project</b>               | :       |
| <b>Evaluation</b> <i>Assessment method(s)</i>                                                             | : 1 examen 1 written exam                          | <b>Non encadré Homework</b>         | : 20h00 |
| <b>Langue d'instruction</b> <i>Language of instruction</i>                                                | : Français French                                  | <b>Horaire global Total hours</b>   | : 17h30 |
| <b>Type de cours</b> <i>Type of course</i>                                                                | : Obligatoire Compulsory                           |                                     |         |
| <b>Niveau</b> <i>Level of course</i>                                                                      | : Graduate                                         |                                     |         |

**Compétences attendues :** Savoir concevoir et implémenter des applications s'exécutant sur des dispositifs mobiles comme smartphones ou tablettes Android.

**Pré-requis :** Les cours de Conception et Programmation Orienté Objet ainsi que le cours de Systèmes Embarqués (A2) doivent nécessairement avoir été suivis avant celui-ci.

**Contenu :** Ce cours présente les techniques et outils permettant de concevoir et développer des applications embarquées dans des dispositifs mobiles connectés.

Décomposé en trois parties, ce cours présente tout d'abord la conception et la réalisation d'Interfaces Homme-Machine (Java/Swing/JavaFX/Android SDK) dans ce contexte. On abordera ici les boîtes, le fonctionnement des boîtes à outils (toolkit) graphique et les patrons de conception d'architecture tels Seeheim, Arch et MVC.

Dans un deuxième temps, ce cours se focalise sur la réalisation d'applications multithreads, tant en terme de conception que de réalisation, occupant une place majeure dans ce type d'application. Nous aborderons ici les notions de thread et techniques de synchronisation en s'appuyant sur le langage Java.

Enfin dans une troisième partie, ce cours présente les différentes techniques utilisées dans le contexte des applications embarquées sur ce type de périphérique pour mettre en oeuvre simultanément les deux notions vues lors des deux parties précédentes.

A titre d'illustration, le TP réalisé consiste à contrôler les mouvements d'un robot NXT via une application s'exécutant sur une tablette Android.

**Bibliographie :** Aucune.



**Expected competencies:** Design and implement applications running on mobile devices like smartphones or Android tablets.

**Prerequisites:** The Course Design and Object Oriented Programming and the course of Embedded Systems (A2) must necessarily have been followed before.

**Content:** This course presents techniques and tools to design and develop embedded applications in mobile connected devices. Divided into three parts, this course firstly presents the design and implementation of Human Machine Interfaces (Java / Swing / JavaFX / Android SDK) in this context. Here we will discuss about the kits, the operation of graphic toolkits and architectural design patterns such as Seeheim, Arch and MVC.

Secondly, this course focuses on the realization of multi-threaded applications, both in terms of design as implementation, occupying an important place in this type of application. Here we will discuss the concepts and thread synchronization techniques based on the Java language.

Finally in a third part, the course presents the different techniques used in the context of embedded applications on this type of device to simultaneously implement both concepts seen in the previous two parts.

As an illustration, the TP achieved is to control the movement of a NXT robot via an application running on an Android tablet.

**Recommended reading:** None.

**Aspects formels du génie logiciel**  
**Software engineering formal aspects**

| <b>Code cours</b> <i>Course code: AFG5</i>                 |                                                    | <b>Crédits ECTS</b> <i>ECTS Credits: 2</i> |         |
|------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|--------------------------------------------|---------|
| <b>Département</b> <i>Department</i>                       | : IA                                               | <b>Cours</b> <i>Lectures</i>               | : 15h00 |
| <b>Coordonnateurs</b> <i>Lecturers</i>                     | : A. Hadj Ali                                      | <b>T.D.</b> <i>Tutorials</i>               | : 11h15 |
| <b>Période</b> <i>Year of study</i>                        | : 3 <sup>e</sup> année 3 <sup>rd</sup> year        | <b>T.P.</b> <i>Laboratory sessions</i>     | :       |
| <b>Semestre</b> <i>Semester</i>                            | : 5 <sup>e</sup> semestre 5 <sup>th</sup> semester | <b>Projet</b> <i>Project</i>               | :       |
| <b>Evaluation</b> <i>Assessment method(s)</i>              | : 1 examen 1 written exam                          | <b>Non encadré</b> <i>Homework</i>         | :       |
| <b>Langue d'instruction</b> <i>Language of instruction</i> | : Français French                                  | <b>Horaire global</b> <i>Total hours</i>   | : 26h15 |
| <b>Type de cours</b> <i>Type of course</i>                 | : Obligatoire Compulsory                           |                                            |         |
| <b>Niveau</b> <i>Level of course</i>                       | : Graduate                                         |                                            |         |

**Compétences attendues :** Maîtriser les modèles formels de la programmation, de la modélisation et de la spécification constitue l'objectif principal de ce cours. Les styles de programmation aussi bien dans le cas séquentiel que concurrent sont abordés. L'étude des systèmes formels (munis de leur système de preuve) supports des différentes méthodes formelles de vérification et de validation complète l'étude des langages de programmation. Des exemples d'application des méthodes formelles illustrent chaque type de méthode introduite.

**Pré-requis :** Cours d'informatique de base, de programmation, connaissances de logique

**Contenu :**

Ce cours présente les différentes techniques de modélisation formelle utilisées en programmation. Il aborde la construction de programmes selon différentes approches. Après une présentation des différentes notations mathématiques et logiques nécessaires à la modélisation et à la preuve formelle, ce cours s'intéresse aux principales sémantiques et à leurs utilisations dans la validation et la vérification formelles de systèmes informatiques.

Ainsi, la première étude aborde la sémantique opérationnelle et la représentation de programmes à l'aide de systèmes de transitions, la deuxième étude traite de la sémantique axiomatique avec les triplets de Hoare et les plus faibles préconditions de Dijkstra, et enfin la troisième approche étudie les approches fonctionnelle et algébrique. Pour chaque étude, le système de preuve associé est défini et un exemple est présenté.

La seconde partie du cours aborde les techniques précédentes dans le cas des systèmes parallèles et concurrents. Le produit synchronisé est introduit et les différents modes de synchronisation sont définis.

Des séances de travaux pratiques permettent aux élèves d'utiliser, au travers de la méthode B et de l'atelier B, une méthode et un outil de modélisation et de preuves formelles. Des modèles formels sont construits et les obligations de preuve sont déchargées.

**Bibliographie :** Aucune



**Expected competencies:** Have control of formal methods of programming, modelling and specification. Programming styles in the context of sequential and concurrent programming are addressed. The study of formal systems (together with their proof systems) completes this presentation. Examples of formal methods and of formal developments illustrate these techniques.

**Prerequisites:** Basic computer science, programming and some knowledge in logics

**Content:**

This lecture presents different formal modelling techniques used for programming. It addresses the construction of programs with different approaches. After a presentation of the different mathematical and logical notations required for the lecture, this course studies the main formal semantics of programming and their application for formal validation and verification.

The first study presents the operational semantics and the representation of a program by a transition system, the second one deals with axiomatic semantics with Hoare triples and the weakest precondition calculus of Dijkstra, and finally the algebraic and functional approaches are presented.

As second part, this lecture shows how the previous techniques scale up to the concurrent and parallel programs. The synchronised product is introduced and the different synchronisation modes are defined.

Laboratory work is achieved on the B method using the Atelier B tool. Students build formal B models and prove the resulting proof obligations.

**Recommended reading:** None

**Interprétation des langages informatiques**  
**Processing languages**

| <b>Code cours</b> <i>Course code: ILI5</i>                 |                                                    | <b>Crédits ECTS</b> <i>ECTS Credits: 1</i>       |
|------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| <b>Département</b> <i>Department</i>                       | : IA                                               | <b>Cours</b> <i>Lectures</i> : 06h15             |
| <b>Coordonnateurs</b> <i>Lecturers</i>                     | : A. Hadj Ali                                      | <b>T.D.</b> <i>Tutorials</i> : 06h15             |
| <b>Période</b> <i>Year of study</i>                        | : 3 <sup>e</sup> année 3 <sup>rd</sup> year        | <b>T.P.</b> <i>Laboratory sessions</i> :         |
| <b>Semestre</b> <i>Semester</i>                            | : 5 <sup>e</sup> semestre 5 <sup>th</sup> semester | <b>Projet</b> <i>Project</i> :                   |
| <b>Evaluation</b> <i>Assessment method(s)</i>              | : 1 examen 1 written exam                          | <b>Non encadré</b> <i>Homework</i> :             |
| <b>Langue d'instruction</b> <i>Language of instruction</i> | : Français French                                  | <b>Horaire global</b> <i>Total hours</i> : 12h30 |
| <b>Type de cours</b> <i>Type of course</i>                 | : Obligatoire Compulsory                           |                                                  |
| <b>Niveau</b> <i>Level of course</i>                       | : Graduate                                         |                                                  |

**Compétences attendues:** Présenter les notions de compilation et de génération de code

**Pré-requis:** Cours de l'option informatique et avionique

**Contenu :**

Ce cours présente les techniques et outils utilisés pour la compilation, et la génération de code à partir d'un langage informatique.

Sont abordés :

- Les expressions régulières ;
- Les automates ;
- Le langage Lex ;
- Le langage Yacc...

**Bibliographie :** Aucune



**Expected competencies:** Introduce notions of code compilation and generation

**Prerequisites:** Software engineering and avionics specialisation courses

**Content:**

This course introduces the techniques and tools used for the code compilation and generation from a computer language.

Studied topics:

- Regular expressions;
- Automata;
- LEX language,
- YACC language...

**Recommended reading:** None

**Simulation des systèmes embarqués**  
**Embedded systems simulation**

| <b>Code cours</b> <i>Course code: SSE5</i>                 |                                                    | <b>Crédits ECTS</b> <i>ECTS Credits: 1</i> |         |
|------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|--------------------------------------------|---------|
| <b>Département</b> <i>Department</i>                       | : IA                                               | <b>Cours</b> <i>Lectures</i>               | : 6h15  |
| <b>Coordonnateurs</b> <i>Lecturers</i>                     | : O. Fourcade (Airbus)<br>B. Sanchez (SOGETI)      | <b>T.D.</b> <i>Tutorials</i>               | : 6h15  |
| <b>Période</b> <i>Year of study</i>                        | : 3 <sup>e</sup> année 3 <sup>rd</sup> year        | <b>T.P.</b> <i>Laboratory sessions</i>     | :       |
| <b>Semestre</b> <i>Semester</i>                            | : 5 <sup>e</sup> semestre 5 <sup>th</sup> semester | <b>Projet</b> <i>Project</i>               | :       |
| <b>Evaluation</b> <i>Assessment method(s)</i>              | : 1 examen 1 written exam                          | <b>Non encadré</b> <i>Homework</i>         | :       |
| <b>Langue d'instruction</b> <i>Language of instruction</i> | : Français French                                  | <b>Horaire global</b> <i>Total hours</i>   | : 12h30 |
| <b>Type de cours</b> <i>Type of course</i>                 | : Obligatoire Compulsory                           |                                            |         |
| <b>Niveau</b> <i>Level of course</i>                       | : Graduate                                         |                                            |         |

**Compétences attendues:** Avoir des connaissances sur la simulation, la modélisation et la représentativité, la simulation distribuée, la représentation du temps. Les outils utilisés sont Matlab et Simulink.

**Pré-requis :** systèmes embarqués 1, introduction de systèmes embarqués 2, automatique.

**Contenu :**

1. Généralités sur la simulation
2. Classifications (opérationnelle, scientifique, technique, à événements/périodique/continue, statique/dynamique/monolithique/distribuée)
3. Représentation du temps et solveur
4. Simulation distribuée
5. Modélisation et représentativité
6. Outils : Matlab et Simulink

**Bibliographie :**

H. Klee, R. A. Poole *Simulation of Dynamic Systems with Matlab and Simulink*,  
A. Cervin, *The Real-Time Control System simulator* – ref. Manual



**Expected competencies:** Have knowledge of simulation, especially focusing on embedded systems where the control system and the process have to be represented. This course focuses on modeling and representativeness of the model vs. reality. Matlab and Simulink are presented and used to represent case studies.

**Prerequisites:** Embedded Systems, Real-Time embedded systems, automatic control.

**Content:**

1. Introduction to simulation
2. Classifications (operational, scientific, technic, event-based/periodic/continuous, static/dynamic/monolithic/distributed)
3. Time representation and solver
4. Distributed simulation
5. Representativeness
6. Tools: Matlab and Simulink

**Recommended reading:**

H. Klee, R. A. Poole *Simulation of Dynamic Systems with Matlab and Simulink*,  
A. Cervin, *The Real-Time Control System simulator* – ref. Manual

| Systèmes avioniques<br>Avionics systems      |                                                    |                              |         |
|----------------------------------------------|----------------------------------------------------|------------------------------|---------|
| Code cours Course code: SAV5                 |                                                    | Crédits ECTS ECTS Credits: 1 |         |
| Département Department                       | : IA                                               | Cours Lectures               | : 06h15 |
| Coordonnateurs Lecturers                     | : H. Bauer, F. Ridouard                            | T.D. Tutorials               | : 06h15 |
| Période Year of study                        | : 3 <sup>e</sup> année 3 <sup>rd</sup> year        | T.P. Laboratory sessions     | :       |
| Semestre Semester                            | : 5 <sup>e</sup> semestre 5 <sup>th</sup> semester | Projet Project               | :       |
| Evaluation Assessment method(s)              | : 1 examen 1 written exam                          | Non encadré Homework         | :       |
| Langue d'instruction Language of instruction | : Français French                                  | Horaire global Total hours   | : 12h30 |
| Type de cours Type of course                 | : Obligatoire Compulsory                           |                              |         |
| Niveau Level of course                       | : Graduate                                         |                              |         |

**Compétences attendues :** Avoir une connaissance globale de l'avionique, du processus de développement de systèmes avioniques et des interactions entre les systèmes informatiques embarqués et les autres composantes de l'avion.

**Pré-requis :** Les cours d'informatique de base, de programmation, d'Informatique industrielle, d'aspects formels du génie logiciel, de systèmes Temps réel et ingénierie des données.

#### Contenu :

L'avionique étudie les systèmes informatiques embarqués dans le cas particulier de l'avion. Les aéronefs de la dernière génération disposent de tels systèmes. Ils sont en charge de nombreuses fonctions critiques comme le guidage, le pilotage, la commande, l'asservissement, les interfaces homme-machine ... et de fonctions qui le sont moins comme le système d'informations passager ...

Cet enseignement a pour objectif de présenter les systèmes avioniques ainsi que le processus de conception de tels systèmes. Les techniques de spécification, de vérification, de validation, de conception de sûreté de fonctionnement ... de tels systèmes seront abordés et le lien avec d'autres enseignements d'informatique sera effectué quand nécessaire. Une étude de cas pratique sera définie et développée par les élèves.

Les interactions avec les autres sciences de l'ingénieur comme la mécanique, la thermique ou l'aérodynamique seront mises en avant.

Enfin, ce cours ne se concentre pas seulement sur les applications avion, il discute également les applications des méthodes et techniques abordées dans d'autres secteurs comme le secteur automobile.

#### Bibliographie :

- Civil Avionics Systems de Ian MOIR, Allan Seabridge et Malcom Jukes, Éditeur John Wiley & Sons Ltd, 2013
- L'avion... de quoi s'agit-il ? de Pierre Germain, Edition Dassault Aviation, 1991



**Expected competencies:** Have a global knowledge of avionics, of the development process of an avionic system and of the interactions between computer systems embedded in an aircraft and the other aircraft components.

**Prerequisites:** Basic computer science and programming, embedded systems, formal aspects of software engineering, real time systems and data engineering

#### Content:

Avionics studies the embedded computer systems in the particular case of an aircraft. The last generation aircraft are equipped with such systems. They are in charge of several critical functions like flight guidance, piloting, command/slaving, human computer interaction... as well as non critical functions like passenger information systems ...

The objective of this lecture is to present avionic systems together with the development processes of such systems. The commonly used specification, validation, verification and reliability insurance techniques are presented, and the link with the other computer science lectures will be established each time it is necessary. A practical case study will be developed by the students.

The connections of avionics with other engineering sciences like mechanics, energetics or aerodynamics are also discussed.

Finally, this lecture does not only address the applications of avionics to aircraft, but it also shows the applications of such techniques in other domains like automotive applications.

#### Recommended reading:

- Civil Avionics Systems de Ian MOIR, Allan Seabridge et Malcom Jukes, Éditeur John Wiley & Sons Ltd, 2013
- L'avion... de quoi s'agit-il ? de Pierre Germain, Edition Dassault Aviation, 1991

| Travaux pratiques<br>Lab works               |                                                    |                              |         |
|----------------------------------------------|----------------------------------------------------|------------------------------|---------|
| Code cours Course code: TPR5                 |                                                    | Crédits ECTS ECTS Credits: 2 |         |
| Département Department                       | : IA                                               | Cours Lectures               | :       |
| Coordonnateurs Lecturers                     | : M. Richard, E. Grolleau, Y. Ouhammou             | T.D. Tutorials               | :       |
|                                              | : 3 <sup>e</sup> année 3 <sup>rd</sup> year        | T.P. Laboratory sessions     | : 35h00 |
| Période Year of study                        | : 5 <sup>e</sup> semestre 5 <sup>th</sup> semester | Projet Project               | :       |
| Semestre Semester                            | : 1 examen 1 written exam                          | Non encadré Homework         | :       |
| Evaluation Assessment method(s)              | : Français French                                  | Horaire global Total hours   | : 35h00 |
| Langue d'instruction Language of instruction | : Obligatoire Compulsory                           |                              |         |
| Type de cours Type of course                 | : Graduate                                         |                              |         |
| Niveau Level of course                       |                                                    |                              |         |

**Compétences attendues :** Mettre en oeuvre les différentes notions abordées dans les cours des périodes A et B.

**Pré-requis :** Avoir suivi l'ensemble des cours des périodes A et B.

#### Contenu :

La répartition des TP se fait de la manière suivante:

- Temps Réel (3 TP)
  - POSIX temps réel pour l'embarqué, Osek-AUTOSAR pour l'embarqué
- Ingénierie des données (2TP)
  - Ecore, OCL, Xtext, Sirius, Java, EMF, Acceleio
- CPO (3 TP)
  - Java/Pattern Design/TDD
  - SEEHEIM
  - MVC

**Bibliographie :** Aucune



**Expected competencies:** Apply the various concepts studied in the courses of the periods A and B.

**Prerequisites:** All courses of periods A and B.

#### Content:

Content of the 10 TP is as follows:

- Software engineering formal aspects (2TP)
  - B language
- Real time (3 TP)
  - C, Ada TR, OSEK
- Model and data engineering (2 TP)
  - Ecore, OCL, Xtext, Sirius, Java, EMF, Acceleio
- CPO (3TP)
  - Java/Pattern Design/TDD
  - SEEHEIM
  - MVC

**Recommended reading:** None

**COURS ELECTIFS DE TROISIEME ANNEE**  
**Third year elective courses**  
**EN COURS DE MISE A JOUR / TO BE UPDATED**

**SEMESTRE 5**

**Semester 5**

| Intitulé des cours                                                               | Courses title                                                        | Codes | Heures<br>Hours | Crédits ECTS<br>ECTS Credits | Page |
|----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|-------|-----------------|------------------------------|------|
| Aérodynamique et<br>aéroacoustique automobile                                    | <i>Automotive aerodynamics &amp;<br/>aeroacoustics</i>               | AAA5  | 12h30           | 1                            | 183  |
| Aéroélasticité des avions                                                        | <i>Plane Aeroelasticity</i>                                          | AEE5  | 12h30           | 1                            | 184  |
| Automatique pour avionique                                                       | <i>Automatique pour avionique</i>                                    | APA5  | 12h30           | 1                            | 186  |
| Codes de calculs industriels<br>pour la simulation des<br>écoulements turbulents | <i>Industrial codes for CFD</i>                                      | CCI5  | 12h30           | 1                            | 187  |
| Contrôle non-destructif                                                          | <i>Non-destructive testing</i>                                       | CND5  | 12h30           | 1                            | 189  |
| Corrosion des matériaux<br>industriels                                           | <i>Corrosion of engineering<br/>materials</i>                        | COR5  | 12h30           | 1                            | 191  |
| Dimensionnement en fatigue<br>des structures                                     | <i>Fatigue design</i>                                                | DFS5  | 12h30           | 1                            | 192  |
| Droit des affaires                                                               | <i>Business law</i>                                                  | DDA   | 12h30           | 1                            | 193  |
| Energie - Environnement                                                          | <i>Energy -Environment</i>                                           | EEE   | 12h30           | 1                            | 194  |
| Fluage                                                                           | <i>Creep</i>                                                         | FLU5  | 12h30           | 1                            | 196  |
| Initiation à la mise en œuvre<br>d'un projet innovant                            | <i>Initiation to the implementation<br/>of an innovative project</i> | IPR5  | 12h30           | 1                            | 197  |
| Intelligence Economique                                                          | <i>Business Intelligence</i>                                         | IEC   | 12h30           | 1                            | 198  |
| Management de projet                                                             | <i>Project management</i>                                            | MDP5  | 12h30           | 1                            | 200  |
| Mécanique spatiale et<br>propulsion orbitale                                     | <i>Astrodynamics &amp; orbital<br/>propulsion</i>                    | MSP5  | 12h30           | 1                            | 201  |
| Métrologie                                                                       | <i>Metrology</i>                                                     | MET5  | 12h30           | 1                            | 202  |
| Modélisation des chambres de<br>combustion                                       | <i>Combustion chamber modelling</i>                                  | MCC5  | 12h30           | 1                            | 203  |
| Normes pour avionique                                                            | <i>Certification of embedded<br/>software systems</i>                | NPA   | 12h30           | 1                            | 204  |
| Optimisation en<br>Aérodynamique Appliquée                                       | <i>Optimization in Applied<br/>Aerodynamics</i>                      | CE25  | 12h30           | 1                            | 205  |
| Propriété industrielle                                                           | <i>Industrial property</i>                                           | PRI   | 12h30           | 1                            | 207  |
| Qualité                                                                          | <i>Quality</i>                                                       | QLT5  | 12h30           | 1                            | 209  |
| Santé et Sécurité au Travail                                                     | <i>Occupational safety and health</i>                                | CE45  | 12h30           | 1                            | 211  |
| Sécurité incendie                                                                | <i>Fire safety</i>                                                   | SIS5  | 12h30           | 1                            | 212  |

**Etudiants internationaux en programme d'échange :**

Les cours électifs sont donnés en 4 sessions distinctes (2 jours par session sur des dates différentes). Ainsi, certains cours ont lieu au même moment. L'inscription aux cours électifs s'effectue uniquement au mois de décembre. Au moment de la candidature en ligne (pièce à télécharger), il est recommandé d'inscrire uniquement la mention suivante sur le learning agreement:

- Cours électif 1
- Cours électif 2
- Cours électif 3
- Cours électif 4

Pour le transfert des crédits ECTS, la mise à jour du contrat d'études (code et intitulé du cours) s'effectue après l'inscription à ces cours électifs.

**International exchange students :**

Elective courses are given in 4 distinct sessions (2 days per session on different dates). Thus, some courses take place at the same time. Registration for elective courses is only possible in December. When applying online, it is recommended to write only the following statement on the learning agreement:

- Elective course 1
- Elective course 2
- Elective course 3
- Elective course 4

For the transfer of ECTS credits, the update of the learning agreement (code and course title) is done after registration in these elective courses.

**Aérodynamique et aéroacoustique automobile**  
**Automotive aerodynamics & aeroacoustics**

| <b>Code cours</b> <i>Course code: AAA5</i>                 |                                                    | <b>Crédits ECTS</b> <i>ECTS Credits: 1</i> |         |
|------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|--------------------------------------------|---------|
| <b>Coordonnateurs</b> <i>Lecturers</i>                     | : J. Boree, V. Herbert                             | <b>Cours</b> <i>Lectures</i>               | : 12h30 |
| <b>Période</b> <i>Year of study</i>                        | : 3 <sup>e</sup> année 3 <sup>rd</sup> year        | <b>T.D.</b> <i>Tutorials</i>               | :       |
| <b>Semestre</b> <i>Semester</i>                            | : 5 <sup>e</sup> semestre 5 <sup>th</sup> semester | <b>T.P.</b> <i>Laboratory sessions</i>     | :       |
| <b>Evaluation</b> <i>Assessment method(s)</i>              | : 1 examen 1 exam                                  | <b>Projet</b> <i>Project</i>               | :       |
| <b>Langue d’instruction</b> <i>Language of instruction</i> | : Français French                                  | <b>Non encadré</b> <i>Homework</i>         | :       |
| <b>Type de cours</b> <i>Type of course</i>                 | : Electif Elective                                 | <b>Horaire global</b> <i>Total hours</i>   | : 12h30 |
| <b>Niveau</b> <i>Level of course</i>                       | : Graduate                                         |                                            |         |

**Compétences attendues :** Comprendre les enjeux, méthodes et axes de recherche de l’aérodynamique et aéroacoustique automobile

**Pré-requis :** Bases de mécanique des fluides

**Contenu :**

Ce cours est destiné à présenter le domaine de l’aérodynamique et de l’aéroacoustique automobile, ses enjeux, méthodes et axes d’investigation. Les thèmes suivants sont abordés :

- écoulements caractéristiques autour des véhicules, présentation et définitions,
- nature et enjeux des efforts aérodynamiques sur un véhicule,
- outils d’études (souffleries et simulation),
- méthodes expérimentales de caractérisation d’écoulements tridimensionnels,
- stratégies et méthodes de contrôle d’écoulement,
- aéroacoustique générale et appliquée à l’automobile.

Les séances seront successivement animées par :

- Jean-Jacques Lasserre (ex-ingénieur de Recherche en aérodynamique, PSA Peugeot Citroën)
- Jacques Borée (LEA)

**Bibliographie :** Aucune



**Expected competencies:** To understand the stakes, methods and fields of research of vehicle aerodynamics and aeroacoustics

**Prerequisites:** Fundamentals of fluid mechanics

**Content:**

The course is meant to present the field of automotive aerodynamics and aeroacoustics, its stakes, methods and fields of research. The following topics are studied:

- characteristic flows about vehicles, presentation and definitions,
- nature and stakes of the aerodynamic loads on a vehicle,
- study tools (wind tunnels and simulation),
- experimental methods of three-dimensional flow characterization,
- strategies and methods of flow control,
- standard aeroacoustics, aeroacoustics applied to automotive design.

The sessions are successively lectured by:

- Jean-Jacques Lasserre (ex-Research Engineer in aerodynamics, PSA Peugeot Citroën),
- Jacques Borée (LEA),

**Recommended reading:** None



## Aéroélasticité des avions Plane Aeroelasticity

| Code cours Course code: AEE5                        |                                                    | Crédits ECTS ECTS Credits: 1      |         |
|-----------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-----------------------------------|---------|
| <b>Coordonnateurs</b> Lecturers                     | : I. Barber (Extérieur Guest speaker)              | <b>Cours</b> Lectures             | : 12h30 |
| <b>Période</b> Year of study                        | : 3 <sup>e</sup> année 3 <sup>rd</sup> year        | <b>T.D.</b> Tutorials             | :       |
| <b>Semestre</b> Semester                            | : 5 <sup>e</sup> semestre 5 <sup>th</sup> semester | <b>T.P.</b> Laboratory sessions   | :       |
| <b>Evaluation</b> Assessment method(s)              | : 1 examen 1 exam                                  | <b>Projet</b> Project             | :       |
| <b>Langue d'instruction</b> Language of instruction | : Français French                                  | <b>Non encadré</b> Homework       | :       |
| <b>Type de cours</b> Type of course                 | : Electif Elective                                 | <b>Horaire global</b> Total hours | : 12h30 |
| <b>Niveau</b> Level of course                       | : Graduate                                         |                                   |         |

**Compétences attendues :** Comprendre les phénomènes fondamentaux d'aéroélasticité sur les aéronefs, grâce une approche industrielle.

**Pré-requis :** Cours d'aérodynamique, de résistance des matériaux et des vibrations

### Contenu :

#### ▪ Partie 1 : Rappel des notions fondamentales

La première partie permettra de rappeler les notions fondamentales des deux domaines aérodynamique et structure, indispensables à l'étude de l'aéroélasticité : coefficients de pression, pression dynamique, bases modales...

#### ▪ Partie 2 : Couplages divergents statiques et dynamiques

La seconde partie traitera des couplages divergents statiques et dynamiques. Le flutter (flottement) est un phénomène divergent conduisant à la destruction de la structure en quelques secondes. L'excitation aérodynamique entraîne une déformation de la structure qui crée un écoulement aérodynamique amplifiant le mouvement de la structure... Après la mise en équation du phénomène, on s'attachera à comprendre les notions d'amortissement et de raideurs aérodynamiques et leur influence sur ce phénomène. Pour une meilleure compréhension physique, le couplage sera également analysé sur un système à deux degrés de libertés : flexion et torsion d'une aile. Enfin, la démarche appliquée dans l'industrie aéronautique pour étudier et repousser ce phénomène (avec une marge suffisante) en dehors du domaine de vol sera présentée.

#### ▪ Partie 3 : Charges et efficacité des gouvernes

Cette dernière partie s'intéressera aux conséquences de l'aéroélasticité sur les charges de dimensionnement de la structure et sur l'efficacité des gouvernes : potentielle perte d'efficacité pouvant aller jusqu'à son inversion. Le braquage d'une gouverne crée un moment aérodynamique qui modifie la forme de la structure (par exemple, la forme d'une voilure dans le cas du braquage d'un aileron) et peut rendre moins efficace ce braquage, voire conduire à un moment inverse de celui souhaité.

Enfin, la performance d'un avion dépend de sa forme en vol, différente de celle au sol, rendant nécessaire le calcul de la forme au sol qui donnera la forme en vol la plus performante.

### Bibliographie :

R.L. Bisplinghoff and H. Ashley, *Principles of Aeroelasticity*, Dover Publications, 1962

E.H. Dowell, H.C. Curtiss, R.H. Scanlan, F. Sisto, *A modern course in Aeroelasticity*, Sijtoff and Nordhoff, 1978



**Expected competencies:** Understand fundamental phenomena in aeroelasticity of aircraft, thanks to an industrial approach.

**Prerequisites:** Courses in aerodynamics, strength of materials and vibrations

### Content:

#### ▪ Part 1: Reminder of fundamentals

The first part will remember the fundamentals of both aerodynamic and structural domains, essential for the study of aeroelasticity: pressure coefficients, dynamic pressure, modal bases...

#### ▪ Part 2: Diverging static and dynamic couplings

The second part will treat diverging static and dynamic couplings. Flutter is a divergent phenomenon leading to the destruction of the structure in a few seconds. The aerodynamic excitation leads to a deformation of the structure that creates an airflow amplifying the movement of the structure ... After setting equation of the phenomenon, we will seek to understand the concepts of aerodynamic damping and stiffness and their influence on this phenomenon. For a better physical understanding, the coupling will also be analyzed on a system with two degrees of freedom: bending and torsion of a wing. Finally, the approach applied in

the aviation industry to study and push away this phenomenon (with an adequate margin) outside the flight envelope will be presented.

- Part 3: Loads and efficiency of the control surfaces

This last part will focus on the effects of aeroelasticity on the design loads of the structure and the effectiveness of control surfaces: potential loss of efficiency up to its inversion. Deflection of a control surface creates an aerodynamic moment that changes the shape of the structure (for instance the shape of the wing in the case of the aileron deflection) and may make this deflection less effective and even lead to a moment opposite to that desired.

Finally, the performance of an aircraft depends on its shape in flight, different from the one on ground, necessitating the calculation of the shape on the ground that will lead to the most efficient shape in flight.

**Recommended reading:**

R.L. Bisplinghoff and H. Ashley, *Principles of Aeroelasticity*, Dover Publications, 1962

E.H. Dowell, H.C. Curtiss, R.H. Scanlan, F. Sisto, *A modern course in Aeroelasticity*, Sijtoff and Nordhoff, 1978

## Automatique pour avionique Automatics for avionics

| Code cours Course code: APA5                        |                                                    | Crédits ECTS ECTS Credits:                |
|-----------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| <b>Coordonnateurs</b> Lecturers                     | : C. Bérard                                        | <b>Cours</b> Lectures :                   |
|                                                     | : 3 <sup>e</sup> année 3 <sup>rd</sup> year        | <b>T.D.</b> Tutorials :                   |
| <b>Période</b> Year of study                        | : 5 <sup>e</sup> semestre 5 <sup>th</sup> semester | <b>T.P.</b> Laboratory sessions :         |
| <b>Semestre</b> Semester                            | :                                                  | <b>Projet</b> Project :                   |
| <b>Evaluation</b> Assessment method(s)              | :                                                  | <b>Non encadré</b> Homework :             |
| <b>Langue d'instruction</b> Language of instruction | : Français French                                  | <b>Horaire global</b> Total hours : 12h30 |
| <b>Type de cours</b> Type of course                 | : Electif Elective                                 |                                           |
| <b>Niveau</b> Level of course                       | : Graduate                                         |                                           |

### Compétences attendues :

L'objectif visé à l'issue de cet enseignement est d'asseoir les connaissances de base de l'automatique, par l'application sur un cas concret, d'élargir ces connaissances à des techniques plus avancées et d'aborder les problèmes de mise en oeuvre des lois de commande embarquées. Ce cours s'adresse aux étudiants, spécialistes ou non, mais intéressés par cette discipline fortement présente dans le développement des avions d'aujourd'hui et de demain.

### Pré-requis :

#### Contenu :

On se propose dans ce module d'appliquer et d'étendre autant que faire se peut les concepts d'automatique qui ont été introduits en 2<sup>e</sup> année. Il s'agira ici de traiter le cas concret du réglage des commandes de vol et des lois de pilotage d'un avion de transport civil, dans le plan longitudinal. Le système à étudier est par nature multi entrées (multi sorties MIMO) puisque l'on dispose de la commande moteur et de la gouverne de profondeur pour assurer le contrôle de l'avion.

Pour synthétiser les lois, une première approche consistera à faire des hypothèses de découplage de manière à se ramener au traitement d'un problème mono entrée sur lequel les techniques de bases de l'automatique pourront s'appliquer. Ensuite, nous introduirons des notions relatives aux systèmes (MIMO) de manière à pouvoir lever les hypothèses de découplage. La problématique de l'implémentation des lois de commande dans les calculateurs sera également abordée. Après quelques rappels théoriques, la principale activité de ce module consistera en l'analyse du modèle et du cahier des charges, pour ensuite mener la synthèse des lois de commande. Le modèle et le cahier des charges correspondent tous deux à des données réelles. Les méthodes qui seront appliquées sont-elles aussi- directement issues des techniques utilisées à ce jour pour régler les commandes de vols et loi de pilotage des avions de la famille AIRBUS. Le module se déroulera en grande partie sur Matlab Simulink. Les principaux fichiers seront fournis de manière à limiter le temps de programmation pour focaliser le travail sur la synthèse et l'analyse des lois.

### Bibliographie :



### Expected competencies:

The objective of this course is to acquire the fundamentals of automatic control, by applying them to a specific case study, then move further with more advanced techniques and to address problems in the implementation of avionics control laws. This course is for students - whether specialists or not - interested in this discipline which is strongly represented in the development of today's and tomorrow's aircraft.

### Prerequisites:

To synthesize the laws, a first approach will be to make decoupling assumptions in order to reduce the problem to the treatment of a single input problem on which the basic techniques of automatic control may apply. Then, we will introduce notions related to MIMO systems in order to remove the decoupling hypotheses. The problem of the implementation of control laws in ECUs will also be discussed.

After some theoretical reminders, the main activity of this module will consist of the analysis of the model and of the specifications, and then the synthesis of the control laws will be carried out. The model and the specifications both correspond to accurate data. The methods that will be used also derive from the techniques used today to set the flight control and flight law of AIRBUS aircraft.

The module will largely make use of Matlab Simulink. The main files will be provided in order to limit the programming time so as to focus work on the synthesis and analysis of the laws.

### Recommended reading:

| Codes de calculs industriels pour la simulation des écoulements turbulents<br><i>Industrial codes for CFD</i> |                                                          |                                          |         |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|------------------------------------------|---------|
| Code cours <i>Course code: CCI5</i>                                                                           |                                                          | Crédits ECTS <i>ECTS Credits: 1</i>      |         |
| <b>Coordonnateurs</b> <i>Lecturers</i>                                                                        | : R. Manceau (extérieur <i>guest speaker</i> )           | <b>Cours</b> <i>Lectures</i>             | : 12h30 |
| <b>Période</b> <i>Year of study</i>                                                                           | : 3 <sup>e</sup> année <i>3<sup>rd</sup> year</i>        | <b>T.D.</b> <i>Tutorials</i>             | :       |
| <b>Semestre</b> <i>Semester</i>                                                                               | : 5 <sup>e</sup> semestre <i>5<sup>th</sup> semester</i> | <b>T.P.</b> <i>Laboratory sessions</i>   | :       |
| <b>Evaluation</b> <i>Assessment method(s)</i>                                                                 | : 1 examen <i>1 exam</i>                                 | <b>Projet</b> <i>Project</i>             | :       |
| <b>Langue d'instruction</b> <i>Language of instruction</i>                                                    | : Anglais <i>English</i>                                 | <b>Non encadré</b> <i>Homework</i>       | :       |
| <b>Type de cours</b> <i>Type of course</i>                                                                    | : Electif <i>Elective</i>                                | <b>Horaire global</b> <i>Total hours</i> | : 12h30 |
| <b>Niveau</b> <i>Level of course</i>                                                                          | : Graduate                                               |                                          |         |

**Compétences attendues :** Connaître l'état de l'art des méthodes utilisées couramment dans les codes industriels et connaître les pistes de recherche les plus actives qui constitueront les standards de demain.

**Pré-requis :** Ce cours ne nécessite comme base que le cours d'introduction à la turbulence de 2<sup>e</sup> année.

**Contenu :** La simulation numérique en mécanique des fluides (ou CFD) est devenue un des outils standards à disposition des ingénieurs.

Les principaux points qui seront abordés sont les suivants :

#### Introduction à la CFD (Computational Fluid Dynamics)

- Différents phases et points durs de la simulation : modélisation géométrique, maillage, modélisation physique, calcul, post-traitement,
- Evaluation des coûts de calcul liés à la turbulence, puissance de calcul disponible aujourd'hui et conclusions à en tirer pour la modélisation,
- Différentes méthodes disponibles (RANS, hybrides, LES, DNS) : objectifs, formalisme, modélisation, maturité, champs d'application,
- Codes de calculs : codes commerciaux (Fluent, StarCD, CFX, Powerflow...), codes industriels « maison », codes open-source (Open-Foam, Code\_Saturne).

#### Méthode standard dans les projets industriels : la modélisation RANS (modélisation aux moyennes de Reynolds)

- Problème de fermeture, différents niveaux de modélisation, historique,
- Similitude avec la mécanique des milieux continus classique (lois de comportement), principes physiques guidant la modélisation,
- Modélisation au premier ordre : hypothèses, choix de la loi de comportement, k-epsilon, k-oméga, Spalart-Almaras, etc. : limitations, corrections, variantes,
- Modèles au second ordre : hypothèses, avantages, limitations, modélisation algébrique,
- La région de proche paroi : difficulté physique, choix du couple maillage/modèle, lois de paroi, modèles bas-Reynolds,
- Problèmes liés à la thermique (convection forcée, mixte, naturelle).

#### Les méthodes plus coûteuses

- La simulation des grandes échelles (LES) : formalisme de filtrage, tensions de sous-maille, modélisation, champs d'application aujourd'hui,
- Les méthodes hybrides RANS/LES :
  - méthodes zonales : principe, modélisation aux interfaces,
  - méthodes continues : formalisme, URANS, OES, VLES, SNS, DES, SAS, PANS, PITM

**Bibliographie :** P. Chassaing, *Turbulence en mécanique des fluides. Analyse du phénomène en vue de sa modélisation à l'usage de l'ingénieur*, Collection Polytech. Cépaduès-Editions, Toulouse, France, 2000  
S. Pope, *Turbulent Flows*, Cambridge University Press, Cambridge, UK, 2000

**Expected competencies:** Know the methods often used in industrial codes and master the most active research strategies which will be the future standards.

**Prerequisites:** For this course, it is necessary to have attended the course of introduction to turbulence (2<sup>nd</sup> year of study course).

**Content:** Numerical simulation in fluid mechanics (or CFD) has become one of the basic tools used by engineers.

The main tackled points are:

#### Introduction to CFD (Computational Fluid Dynamics)

- Different phases and important points of simulation: geometric modelling, meshing, physical modelling, calculus, post-processing,

- Evaluation of calculus costs linked with turbulence, computer performance available today and conclusions for modelling,
- Different existing methods (RANS, hybrids, LES, DNS) : objectives, formalism, modelling, ripening, fields of application,
- Calculus codes: commercial codes (Fluent, StarCD, CFX, Powerflow...), « in-house » industrial codes, open-source codes (Open-Foam, Code\_Saturne).

**Standard method used in industrial projects: RANS modelling (Reynolds-average modelling)**

- Closing problem, different levels of modelling, history,
- Similarity with continuum mechanics (behaviour laws), physical principles in modelling,
- First-order modelling: hypothesis, selection of behaviour law, k-epsilon, k-oméga, Spalart-Almaras, etc.: limits, corrections, variations,
- Second order modelling: hypothesis, advantages, limits, algebraic modelling,
- Wall region: physical difficulty, selection of mesh/model couple, laws of the wall, low Reynolds models,
- Problems linked with heat transfer (forced, mixed and natural convection).

**The most expensive methods**

- Large-scales simulations (LES): filtering formalism, under mesh tensions, modelling, current fields of application,
- Hybrid methods RANS/LES:
- zonal methods: principle, interfaces modelling,
- continuous methods: formalism, URANS, OES, VLES, SNS, DES, SAS, PANS, PITM

**Recommended reading:**

S. Pope, *Turbulent Flows*, Cambridge University Press, Cambridge, UK, 2000

P. Chassaing, *Turbulence en mécanique des fluides. Analyse du phénomène en vue de sa modélisation à l'usage de l'ingénieur*, Collection Polytech. Cépaduès-Editions, Toulouse, France, 2000

| Contrôle non-destructif<br>Non-destructive testing  |                                                                               |                                   |         |
|-----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|---------|
| Code cours Course code: CND5                        |                                                                               | Crédits ECTS ECTS Credits: 1      |         |
| <b>Coordonnateurs Lecturers</b>                     | : Y. Esquerre, R. Ecault<br>(intervenants extérieurs, <i>guest speakers</i> ) | <b>Cours Lectures</b>             | : 12h30 |
| <b>Période Year of study</b>                        | : 3 <sup>e</sup> année 3 <sup>rd</sup> year                                   | <b>T.D. Tutorials</b>             | :       |
| <b>Semestre Semester</b>                            | : 5 <sup>e</sup> semestre 5 <sup>th</sup> semester                            | <b>T.P. Laboratory sessions</b>   | :       |
| <b>Evaluation Assessment method(s)</b>              | : 1 examen 1 exam                                                             | <b>Projet Project</b>             | :       |
| <b>Langue d'instruction Language of instruction</b> | : Français French                                                             | <b>Non encadré Homework</b>       | :       |
| <b>Type de cours Type of course</b>                 | : Electif Elective                                                            | <b>Horaire global Total hours</b> | : 12h30 |
| <b>Niveau Level of course</b>                       | : Graduate                                                                    |                                   |         |

**Compétences attendues :** Connaître des différentes techniques de CND et leurs applications industrielles

**Pré-requis :** Aucun

**Contenu :**

### RAYONS X ET $\gamma$

#### -1- Applications des CND en maintenance aéronautique

- 1-1- Avantages - Inconvénients des méthodes CND
- 1-2- NDT crack detection capabilities
- 1-3- Domaines d'application

#### -2- Les rayons X - 8/11/1895 : Conrad RÖNTGEN

- 2-1- Nature et propriétés des Rayons X
- 2-2- Energie d'une onde électromagnétique
- 2-3- Grandeurs liées aux rayonnements ionisants
- 2-4- Emission de Rayons X
- 2-4-1- Spectre de rayonnement
- 2-5- Tubes de Rayons X
- 2-5-1- Foyer optique - Foyer thermique
- 2-5-1-1- Refroidissement du tube
- 2-5-2- Autres types d'anodes
- 2-5-3- La Haute Tension
- 2-5-4- Les types de tubes
- 2-5-5- Faisceaux et rayonnements divers
- 2-5-6- Le groupe Radiogène
- 2-6- Influence des KV et mA sur le spectre de Rayonnement
- 2-6-1- Influence des KV
- 2-6-2- Influence des mA
- 2-7- Interactions des Rayons X avec la matière
- 2-7-1- Effet photoélectrique
- 2-7-2- Effet Compton
- 2-7-3- Répartition des phénomènes
- 2-8- Loi d'absorption des Rayons X
- 2-8-1- Cas d'un rayonnement monochromatique
- 2-8-2- Cas d'un rayonnement polychromatique
- 2-8-3- Epaisseurs de demi- et déci- absorption
- 2-9- Principe de la radiographie
- 2-9-1- Projection elliptique
- 2-9-1-1- Contrôle de soudures circulaires
- 2-9-1-2- Contrôle de soudures longitudinales
- 2-9-2- Flou géométrique
- 2-10- Exemples de prise de clichés en maintenance
- 2-11- Le Film Radiographique
- 2-12- Les Ecrans Renforceurs

- 2-12-1- Actions des écrans au plomb
- 2-12-2- Les écrans renforceurs ont donc pour effet
- 2-12-3- Epaisseurs d'écrans renforceurs préconisées
- 2-13- Le traitement du film radiographique
- 2-13-1- Le révélateur
- 2-13-2- Bain d'arrêt
- 2-13-3- Le rinçage
- 2-13-4- Le fixateur
- 2-13-5- Lavage
- 2-13-6- Agent mouillant
- 2-13-7- Séchage
- 2-13-8- Importance du traitement
- 2-14- Sensitométrie rappels de définitions
- 2-14-1- Densité optique
- 2-14-1-1- Densitomètre
- 2-14-2- Sensibilité "S" d'un film radiographique
- 2-15- La qualité d'image
- 2-15-1- Facteurs influençant la qualité d'image
- 2-16- Les indicateurs de qualité d'image IQI
- 2-16-1- Choix et positionnement des IQI

#### -3- Les Rayons $\gamma$ , $\alpha$ et $\beta$ - 1896 BECQUEREL

- 3-1- Fabrication
- 3-2- Activité d'un Radioisotope Période
- 3-3- Unités d'activité
- 3-4- Décroissance Radioactive : Période T
- 3-5- Calcul d'activité
- 3-6- Porte - Source
- 3-7- Appareillages
- 3-8- Exemple de prise de clichés en maintenance

#### -4- Notions de Radioprotection

- 4-1- Dangers des rayonnements
- 4-1-1- Sur l'individu
- 4-1-2- Sur la descendance de l'individu

#### -5- Les appareils de détection

#### -6- Réglementation

#### -7- La certification

**Bibliographie :** Aucune

**Expected competencies:** Know the different non destructive testing techniques as well as their industrial applications.

**Prerequisites:** None

**Content:**

## **RAYONS X ET $\gamma$**

### **-1- NDT applications in aircraft maintenance**

- 1-1- Advantages - Disadvantages of NDT methods
- 1-2- NDT crack detection capabilities
- 1-3- Areas of applications

### **-2- X-Ray - 8/11/1895 : Conrad RÖNTGEN**

- 2-1- Nature and properties of X-Rays
- 2-2- Energy of an electromagnetic wave
- 2-3- Quantities related to ionizing radiation
- 2-4- Emission of X-Rays
  - 2-4-1- Radiation spectrum
- 2-5- X-Rays tubes
  - 2-5-1- Focal spot – Thermal spot
    - 2-5-1-1- Cooling of the tube
    - 2-5-2- Other type of Anode
    - 2-5-3- The High Voltage
    - 2-5-4- The type of tubes
    - 2-5-5- Various Beams and Radiations
    - 2-5-6- The X-Ray group
  - 2-6- Influence of KV and mA on the radiation spectrum
    - 2-6-1- Influence of KV
    - 2-6-2- Influence of mA
  - 2-7- Interactions of X-Rays with materials
    - 2-7-1- Photoelectric effect
    - 2-7-2- Compton effect
    - 2-7-3- Distribution of phenomena
  - 2-8- Act of absorption of X-rays
    - 2-8-1- Case of a monochromatic radiation
    - 2-8-2- Case of a polychromatic radiation
    - 2-8-3- Thicknesses of Half- and Tenth- absorption
  - 2-9- Principle of Radiography
    - 2-9-1- Elliptical projection
      - 2-9-1-1- Control of circular welds
      - 2-9-1-2- Control of long longitudinal welds
    - 2-9-2- Unsharpness (UG)
  - 2-10- Examples of taking pictures in maintenance
  - 2-11- The X-Ray film
  - 2-12- The intensifying screens

- 2-12-1- Actions of lead shielding
- 2-12-2- The intensifying screens have therefore the effect...
- 2-12-3- Recommended thicknesses of intensifying screens
- 2-13- The X-Ray film processing
  - 2-13-1- The developer
  - 2-13-2- The stop bath
  - 2-13-3- The rinsing
  - 2-13-4- The fixer
  - 2-13-5- Washing
  - 2-13-6- Wetting agent
  - 2-13-7- Drying
  - 2-13-8- Importance of the treatment
- 2-14- Sensitometry reminders of the definition
  - 2-14-1- Optical density
    - 2-14-1-1- Densitometer
    - 2-14-2- Sensitivity "S" of a X-Ray film
  - 2-15- Picture quality
    - 2-15-1- Factors affecting picture quality
  - 2-16- Picture quality indicators IQI
    - 2-16-1- Choice and positioning of the IQI

### **-3- The $\gamma$ , $\alpha$ and $\beta$ Rays - 1896 BECQUEREL**

- 3-1- Manufacturing
- 3-2- Activity of a Period Radioisotope
- 3-3- Units of activity
- 3-4- Radioactive decay : Period T
- 3-5- Calculation of activity
- 3-6- Source holder
- 3-7- Fixtures
- 3-8- Examples of taking pictures in maintenance

### **-4- Fundamentals of Radiation Safety**

- 4-1- Dangers of Radiation
  - 4-1-1- On the individual
  - 4-1-2- On the individual's descendance

### **-5- X-Ray scanners**

### **-6- Regulation**

### **-7- Certification**

**Recommended reading:** None



**Corrosion des matériaux industriels**  
**Corrosion of engineering materials**

| <b>Code cours</b> <i>Course code: COR5</i>                 |                                                    | <b>Crédits ECTS</b> <i>ECTS Credits: 1</i> |
|------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| <b>Département</b> <i>Department</i>                       | : MSISI                                            | <b>Cours Lectures</b> : 12h30              |
| <b>Coordonnateurs</b> <i>Lecturers</i>                     | : L. Chocinski, G. Henaff                          | <b>T.D. Tutorials</b> :                    |
| <b>Période</b> <i>Year of study</i>                        | : 3 <sup>e</sup> année 3 <sup>rd</sup> year        | <b>T.P. Laboratory sessions</b> :          |
| <b>Semestre</b> <i>Semester</i>                            | : 5 <sup>e</sup> semestre 5 <sup>th</sup> semester | <b>Projet Project</b> :                    |
| <b>Evaluation</b> <i>Assessment method(s)</i>              | : 1 examen 1 exam                                  | <b>Non encadré Homework</b> :              |
| <b>Langue d’instruction</b> <i>Language of instruction</i> | : Français French                                  | <b>Horaire global Total hours</b> : 12h30  |
| <b>Type de cours</b> <i>Type of course</i>                 | : Electif Elective                                 |                                            |
| <b>Niveau</b> <i>Level of course</i>                       | : Graduate                                         |                                            |

**Compétences attendues :** Comprendre l’importance de la corrosion en milieu industriel et les liens avec d’autres domaines de la formation ENSMA.

**Pré-requis :** Notions générales de science des matériaux

**Contenu :**

**Introduction et notions de base**

- Définition,
- Importance industrielle et enjeu économique,
- Notions de base (couples rédox...).

**Corrosion sèche : oxydation à haute température**

- Mécanismes et exemples

**Corrosion humide**

1.1. Mécanismes et aspects électrochimiques

1.2. Modes de corrosion

- Corrosion uniforme, galvanique, par piqûre, caverneuse,
- Interactions corrosion-déformation (corrosion sous contrainte, fatigue-corrosion, fragilisation par l’hydrogène).

**Corrosion en milieu industriel**

- Aéronautique (cellule : alliages d’aluminium, moteurs (Ti, Ni), revêtements),
- Production d’énergie (aciers, matériaux du nucléaire),
- Construction mécanique.

**Bibliographie :** Aucune



**Expected competencies:** To understand the importance of corrosion in industrial conditions and the links between other fields studied at ENSMA.

**Prerequisites:** Elementary knowledge in materials science

**Content:**

**Introduction and elementary knowledge**

- Definition,
- Industrial importance and economy issue,
- Elementary knowledge (redox couples...).

**Dry corrosion: high temperature oxidation**

- Mechanisms and examples

**Wet corrosion**

3.1. Mechanisms and electrochemical aspects

3.2. Modes of corrosion

- Uniform corrosion, galvanic corrosion, pitting corrosion, crevice corrosion
- Corrosion-deformation interactions (stress corrosion cracking, corrosion fatigue, hydrogen embrittlement)

**Corrosion in industrial field**

- Aeronautics (cell: aluminium alloys, engines (Ti, Ni), coatings)
- Power industry (steels, nuclear materials)
- Mechanical engineering

**Recommended reading:** None



## Dimensionnement en fatigue des structures

### Fatigue design

| Code cours Course code: DFS5                        |                                                                          | Crédits ECTS ECTS Credits: 1      |         |
|-----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|---------|
| <b>Département</b> Department                       | : MSISI                                                                  | <b>Cours Lectures</b>             | : 5h00  |
| <b>Coordonnateurs</b> Lecturers                     | : G. Hénaff, Yves Nadot, D. Delaux (Valeo),<br>E. Morteau-Rivet (Airbus) | <b>T.D. Tutorials</b>             | : 2h30  |
| <b>Période</b> Year of study                        | : 3 <sup>e</sup> année 3 <sup>rd</sup> year                              | <b>T.P. Laboratory sessions</b>   | :       |
| <b>Semestre</b> Semester                            | : 5 <sup>e</sup> semestre 5 <sup>th</sup> semester                       | <b>Projet Project</b>             | : 5h00  |
| <b>Evaluation</b> Assessment method(s)              | : 1 examen 1 exam                                                        | <b>Non encadré Homework</b>       | :       |
| <b>Langue d'instruction</b> Language of instruction | : Français et Anglais French and English                                 | <b>Horaire global Total hours</b> | : 12h30 |
| <b>Type de cours</b> Type of course                 | : Electif Elective                                                       |                                   |         |
| <b>Niveau</b> Level of course                       | : Graduate                                                               |                                   |         |

**Compétences attendues :** Savoir utiliser les principaux critères de fatigue et de tolérance aux dommages utilisés dans l'industrie pour le dimensionnement en fatigue des structures.

**Pré-requis :** Notions de base en mécanique du solide (contrainte, déformation) et mécanique de la rupture

**Contenu :** Il sera divisé en une partie de cours et une partie applications.

#### Tolérance aux dommages des structures aéronautiques

- Notions de résistance résiduelle,
- Tailles critiques de défauts,
- Intervalles d'inspection,
- Chargements à amplitude variable,
- Spectres standard (FALSTAFF/ TWIST),
- Prise en compte des effets d'interaction (modèles PREFAS, FASTRAN),

Etudes de cas à l'aide du logiciel AFGROW.

#### Dimensionnement en durée de « vie sure » (safe life)

- Critères d'endurance – chargement multiaxial,
- Effet d'entaille,
- Tolérance aux défauts,
- Durée de vie à grand nombre de cycles,
- Chargement complexe (variable dans le temps et dans l'espace),

**Bibliographie :** *Fatigue des Structures* – G. Hénaff et F. Morel – Editions Ellipses

**Expected competencies:** To learn how to use the basic fatigue life criteria for structures - aeronautical and automotive applications

**Prerequisites:** Basic level in solid mechanics (stress and strain) and fracture mechanics

**Content:** it will be divided in two parts: a course part and an applications part

#### Damage tolerance of aeronautical structures

- Residual strength,
- Defect critical sizes,
- Inspection intervals,
- Variable amplitude loadings,
- Standard spectra (FALSTAFF/ TWIST),
- Load history models (PREFAS, FASTRAN models),
- Case study with the AFGROW software.

#### Safe lifetime design and fatigue criterion in automotive industry

- Endurance criteria – Multi-axial loading,
- Notch effect,
- Defect tolerance design,
- High cycle fatigue design life computation,
- Complex load (variable in time and space),

**Recommended reading:** *Fatigue des Structures* – G. Hénaff et F. Morel – Editions Ellipses

| Droit des affaires<br>Business law                  |                                                      |                                   |         |
|-----------------------------------------------------|------------------------------------------------------|-----------------------------------|---------|
| Code cours Course code: DDA                         |                                                      | Crédits ECTS ECTS Credits: 1      |         |
| <b>Coordonnateurs</b> Lecturers                     | : M. Lorin (extérieur <i>guest speaker</i> )         | <b>Cours</b> Lectures             | : 12h30 |
| <b>Période</b> Year of study                        | : 3ème année 3 <sup>rd</sup> year                    | <b>T.D.</b> Tutorials             | :       |
| <b>Semestre</b> Semester                            | : 5 <sup>ème</sup> semestre 5 <sup>th</sup> semester | <b>T.P.</b> Laboratory sessions   | :       |
|                                                     | : 1 examen 1 exam                                    | <b>Projet</b> Project             | :       |
| <b>Evaluation</b> Assessment method(s)              | : Français French                                    | <b>Non encadré</b> Homework       | :       |
| <b>Langue d'instruction</b> Language of instruction | : Electif Elective                                   | <b>Horaire global</b> Total hours | : 12h30 |
| <b>Type de cours</b> Type of course                 | : n/a                                                |                                   |         |
| <b>Niveau</b> Level of course                       |                                                      |                                   |         |

**Compétences attendues :** Connaître le fonctionnement du droit des sociétés en France et parvenir à faire la différence entre les types de sociétés utilisés en France (Société Anonyme, SARL, SA...). Acquérir et comprendre le vocabulaire du droit des sociétés (ex : dividende, fusion-absorption). Mettre en commun le régime juridique du droit des sociétés avec d'autres matières comme la comptabilité, le droit fiscal, le droit social et donc apporter certains éclaircissements dans ces différentes matières. Apporter les éléments fondamentaux du droit des sociétés.

**Pré-requis :** Aucun

**Contenu :**

1. La nature juridique de la société : c'est-à-dire le tronc commun entre toutes les sociétés
2. Les différents types de sociétés : à savoir les particularités de chaque société (SA, SAS, SARL, SNC...)
3. Les opérations de restructuration et de regroupement et de transformation des sociétés

**Bibliographie :** Bruno Petit, *Droit des Sociétés*, Editions Lexis Nexis, Collection Objectif Droit

**Expected competencies:** Understanding the fundamentals of corporate law and being able to differentiate the various types of companies that exist in France (Société Anonyme, SARL, SA ...). Acquiring and understanding the vocabulary of corporate law (for example: dividend, merger). Understanding the interactions between the legal regime of corporate law and other areas such as accounting, tax law, labor law and therefore providing clarification in these matters.

**Prerequisites:** None

**Content:**

1. The legal nature of the company: that is to say, the common core between all companies
2. Different types of companies: namely the specificities of each company (SA, SAS, SARL, SNC ...)
3. Restructuring, mergers and transformation of companies

**Recommended reading:** Bruno Petit, *Droit des Sociétés*, Editions Lexis Nexis, Collection Objectif Droit

**Energie - Environnement**  
**Energy -Environment**

| <b>Code cours</b> <i>Course code: EEE</i>                  |                                                      | <b>Crédits ECTS</b> <i>ECTS Credits: 1</i> |
|------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| <b>Département</b> <i>Department</i>                       | : ET                                                 | <b>Cours Lectures</b> : 12h30              |
| <b>Coordonnateurs</b> <i>Lecturers</i>                     | : Y. Bertin                                          | <b>T.D. Tutorials</b> :                    |
| <b>Période</b> <i>Year of study</i>                        | : 3ème année 3 <sup>rd</sup> year                    | <b>T.P. Laboratory sessions</b> :          |
|                                                            | :                                                    | <b>Projet Project</b> :                    |
| <b>Semestre</b> <i>Semester</i>                            | : 5 <sup>ème</sup> semestre 5 <sup>th</sup> semester | <b>Non encadré Homework</b> :              |
| <b>Evaluation</b> <i>Assessment method(s)</i>              | : 1 examen 1 exam                                    | <b>Horaire global Total hours</b> : 12h30  |
| <b>Langue d'instruction</b> <i>Language of instruction</i> | : Français French                                    |                                            |
| <b>Type de cours</b> <i>Type of course</i>                 | : Electif Elective                                   |                                            |
| <b>Niveau</b> <i>Level of course</i>                       | : Graduate                                           |                                            |

**Compétences attendues :** Acquérir des éléments d'analyse actualisés répondant à plusieurs objectifs qui concernent :

- les ressources énergétiques et la consommation d'énergie : approvisionnement, pic de production, nouvelles ressources....
- la transformation : technologies actuelles, en devenir et à venir....
- les conséquences environnementales de l'usage des énergies en général et fossiles en particulier et les procédures réglementaires envisagées.

**Pré-requis :** Aucun

**Contenu :**

Abordant une période de transition énergétique, un premier objectif est de fournir des bilans comparatifs et de bons ordres de grandeurs relatifs à l'approvisionnement, la transformation et la consommation énergétique. Ceci sera effectué en regardant l'évolution passée, l'état du moment présent et également par une première analyse des tendances à venir et des différentes prévisions encore très hypothétiques. Ces bilans seront menés en différenciant de nombreux facteurs (géographique, technologique, secteurs de consommation, etc...). Seront également fournis des éléments des principales technologies de transformations de l'énergie, de leurs caractéristiques et de leur potentiel pour les années à venir (thermique classique, nucléaire, énergies renouvelables...).

Un second objectif concerne un sujet d'actualité brûlante aujourd'hui, celui de l'impact des différents usages de l'énergie sur le réchauffement climatique et le traitement de celui-ci. Après une revue des analyses et conclusions issues des travaux de différentes spécialistes (experts indépendants et groupements internationaux tels que le GIEC en particulier), on évoquera les contraintes induites ainsi que les premières conséquences réglementaires, quelques solutions technologiques envisagées et leur potentiel.

Finalement, une mise en perspective des bilans et des besoins énergétiques envisagés face aux évolutions environnementales et à leurs contraintes associées sera proposée en mettant l'accent en particulier sur le transport et la production d'énergie.

**Bibliographie :** L'ensemble de ce cours s'appuie sur de nombreuses sources documentaires (rapports et bilans gouvernementaux, conférences et rapports d'experts, travaux de commission et d'organismes internationaux et autres cours universitaires...).



**Expected competencies:** To acquire updated information and testing elements fitting to several objectives that concern:

- energetic resources and energy-consuming: supplying, peak output, new resources...
- conversion: current and future technologies....
- environmental consequences due to the use of energies in general and fossil energies in particular and reglementary procedures engaged.

**Prerequisites:** None

**Content:**

Broaching a transitional energetic period, a first objective is to give comparative reports and good rough estimates relative to the energy supply, transformation and use. This part will be carried out taking into account the past, current and future performances, even those still very hypothetical. These reports will be led by using several criteria (geographical, technological, consumption sectors...). Elements will be also given on main energy transformation technologies, their characteristics and their prospective for the future (conventional thermal power, nuclear power, renewable energies...).

The second objective relates to a current burning issue: the impact of the different use of energy on global warming and the solutions. After a study of analysis and conclusions from works of different experts (independent experts and international groups like GIEC especially), the induced constraints will be discussed as well as the first regulation consequences, some possible technological solutions and their prospective.

Finally, the perspective of reports and possible energy requirements coping with environmental evolutions and their associated constraints will be offered, pointing out the transport and production energy.

**Recommended reading:** this course is linked with several document resources (reports and government reports, conferences and expert reports, works from international commissions and institutions and other university courses...).

| <b>Fluage<br/>Creep</b>                                    |                                                    |                                            |         |
|------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|--------------------------------------------|---------|
| <b>Code cours</b> <i>Course code: FLU5</i>                 |                                                    | <b>Crédits ECTS</b> <i>ECTS Credits: 1</i> |         |
| <b>Coordonnateurs</b> <i>Lecturers</i>                     | : J. Cormier, M. Cavarroc                          | <b>Cours</b> <i>Lectures</i>               | : 12h30 |
| <b>Période</b> <i>Year of study</i>                        | : 3 <sup>e</sup> année 3 <sup>rd</sup> year        | <b>T.D.</b> <i>Tutorials</i>               | :       |
| <b>Semestre</b> <i>Semester</i>                            | : 5 <sup>e</sup> semestre 5 <sup>th</sup> semester | <b>T.P.</b> <i>Laboratory sessions</i>     | :       |
| <b>Evaluation</b> <i>Assessment method(s)</i>              | : 1 examen 1 exam                                  | <b>Projet</b> <i>Project</i>               | :       |
| <b>Langue d’instruction</b> <i>Language of instruction</i> | : Français French                                  | <b>Non encadré</b> <i>Homework</i>         | :       |
| <b>Type de cours</b> <i>Type of course</i>                 | : Electif Elective                                 | <b>Horaire global</b> <i>Total hours</i>   | : 12h30 |
| <b>Niveau</b> <i>Level of course</i>                       | : Graduate                                         |                                            |         |

**Compétences attendues :** Avoir connaissance des outils de l’ingénieur pour le dimensionnement sous sollicitation mécanique de fluage

**Pré-requis :** aucun

**Contenu :**

Ce cours a pour principaux objectifs de :

1. Présenter les divers mécanismes de déformation en fluage d’un point de vue microstructural
2. Présenter des modèles phénoménologiques et physiques permettant de décrire les fluages en termes de comportement et de durée de vie (avec prise en compte du couplage comportement-endommagement)
3. Introduire la prise en compte des transitoires thermiques et des interactions avec d’autres types de sollicitation (fatigue, oxydation, corrosion)
4. Mettre en application les outils de l’ingénieur permettant de tenir compte du fluage dans la conception des structures (calculs de durées de vies par des approches de type Larson-Miller ou d’endommagement ; lois de comportement de type Chaboche et Dyson/M<sup>c</sup> Lean).

Les exemples traités dans cet enseignement seront essentiellement les matériaux métalliques utilisés dans les turbines aéronautiques.

**Bibliographie :** Aucune



**Expected competencies:** Knowledge of engineering tools for the design under creep mechanical loading

**Prerequisites:** None

**Content:**

This course mainly intends to:

1. Introduce the different creep strain mechanisms from a microstructural perspective
2. Introduce phenomenological and physical models allowing to describe creep in terms of behavior and life-time (by taking into account the behavior-damage coupling)
3. Introduce the consideration of thermal transients and the interactions with other types of loadings (fatigue, oxidation, corrosion)
4. Implement the engineering tools allowing taking into account creep in the design of structures (life-time estimation with Larson-Miller type or damage approaches; Chaboche and Dyson/M<sup>c</sup> Lean type behavior laws).

The given examples in this course will mainly be the metallic materials used in aeronautical turbines.

**Recommended reading:** None

| Initiation à la mise en œuvre d'un projet innovant<br>Initiation to the implementation of an innovative project |                                                    |                                   |         |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-----------------------------------|---------|
| Code cours Course code: IPR5                                                                                    |                                                    | Crédits ECTS ECTS Credits: 1      |         |
| <b>Coordonnateurs</b> Lecturers                                                                                 | : T. Derrey (extérieur <i>guest speaker</i> )      | <b>Cours</b> Lectures             | : 12h30 |
| <b>Période</b> Year of study                                                                                    | : 3 <sup>e</sup> année 3 <sup>rd</sup> year        | <b>T.D.</b> Tutorials             | :       |
| <b>Semestre</b> Semester                                                                                        | : 5 <sup>e</sup> semestre 5 <sup>th</sup> semester | <b>T.P.</b> Laboratory sessions   | :       |
| <b>Evaluation</b> Assessment method(s)                                                                          | : 1 examen 1 exam                                  | <b>Projet</b> Project             | :       |
| <b>Langue d'instruction</b> Language of instruction                                                             | : Français French                                  | <b>Non encadré</b> Homework       | :       |
| <b>Type de cours</b> Type of course                                                                             | : Electif Elective                                 | <b>Horaire global</b> Total hours | : 12h30 |
| <b>Niveau</b> Level of course                                                                                   | : Graduate                                         |                                   |         |

**Compétences attendues :** Savoir produire un dossier sur une idée, un marché, un produit innovant en situation d'entreprise, c'est-à-dire dans une situation où il faut convaincre d'abord la direction du développement pour obtenir le budget et le feu vert pour déployer le projet. Savoir prendre en compte les aspects cofinancement.

**Pré-requis :** Aucun

**Contenu :**

#### Apport théorique

- Définition d'une activité de recherche industrielle : approche par les enjeux,
- Cadre de la recherche en industrie : service de recherche (s'il existe), lien avec la recherche académique, lien avec les autres aspects de l'activité industrielle,
- L'approche par le résultat et les objectifs de résultats,
- Recherche des solutions, mode comparé et programmation (approche en mode de comparaison, recherche des solutions existantes, notion de valeur ajoutée),
- Revue des différents dispositifs de soutien à la recherche industrielle existant : crédit d'impôt, aide à l'innovation, convention CIFRE...,
- Articulation avec les différents modes de financement de la recherche institutionnelle : CPER, ANR...

#### Etude de cas

Travail par petit groupe : les étudiants travailleront à l'élaboration du dossier recherche et développement sur la base d'une idée ou d'un projet innovant en lien avec leurs compétences. Ils devront définir une stratégie de recherche appropriée en s'appuyant sur les connaissances acquises dans la première partie du cours. Le résultat de chaque étude sera présenté, commenté et éventuellement comparé à des solutions effectivement mises en œuvre. Cette phase s'adressera à l'ensemble des étudiants.

**Bibliographie :** Aucune



**Expected competencies:** Create a project from an idea, a market, or an innovative product. Convince the directors regarding the development in order to obtain the necessary budget and the final assessment decision to launch the project. Take into account the co-financing aspects.

**Prerequisites:** None

**Content:**

#### Theoretical approach

- Definition of an industrial research activity through the stakes,
- Research scheme in industry: research service (if applicable), links with academic research, links with other aspects of industrial activity,
- Approach through the results and result area,
- Alternatives search, comparison and forward planning through models of comparison, search for existing solutions, notion of added value,
- Study of the different existing supports for industrial research: tax credit, support for innovation, CIFRE agreement...,
- Link with the different terms of financing of institutional research: CPER, ANR...

#### Case study

Work in small groups: the students will work on the creation of a R&D project based on an innovative idea or project linked with their competencies. They will have to define an appropriate research strategy thanks to the knowledge acquired during the first part of the course. The students will give a talk on their study that will be discussed and compared with implemented solutions. All students are concerned.

**Recommended reading:** None

**Intelligence Economique  
Business Intelligence**

| <b>Code cours</b> <i>Course code: IEC</i>                  |                                                             | <b>Crédits ECTS</b> <i>ECTS Credits: 1</i>       |
|------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| <b>Coordonnateurs</b> <i>Lecturers</i>                     | : N. Moinet (IAE Poitiers), F. Baron (CRC Poitou Charentes) | <b>Cours</b> <i>Lectures</i> : 12h30             |
| <b>Période</b> <i>Year of study</i>                        | : 3 <sup>ème</sup> année 3 <sup>rd</sup> year               | <b>T.D.</b> <i>Tutorials</i> :                   |
| <b>Semestre</b> <i>Semester</i>                            | : 5 <sup>ème</sup> semestre 5 <sup>th</sup> semester        | <b>T.P.</b> <i>Laboratory sessions</i> :         |
| <b>Evaluation</b> <i>Assessment method(s)</i>              | : 1 examen 1 exam                                           | <b>Projet</b> <i>Project</i> :                   |
| <b>Langue d'instruction</b> <i>Language of instruction</i> | : Français French                                           | <b>Non encadré</b> <i>Homework</i> :             |
| <b>Type de cours</b> <i>Type of course</i>                 | : Electif Elective                                          | <b>Horaire global</b> <i>Total hours</i> : 12h30 |
| <b>Niveau</b> <i>Level of course</i>                       | : n/a                                                       |                                                  |

**Compétences attendues :** Comprendre l'importance de l'information extérieure qui, jointe à la créativité, conduit aux idées nouvelles et à l'innovation permanente. Connaître les techniques d'intelligence économique qui permettent la maîtrise de l'accès aux informations et à la création d'outils d'aide à la décision stratégique.

**Pré-requis :** Aucun

**Contenu :**

1. Veille
  - Méthodes et outils
  - Exercice pratique sur Internet
2. Protection du patrimoine immatériel
  - Liste des menaces et exemples
  - Déstabilisation par l'information
3. Management des connaissances
  - Principes et mise en œuvre
  - L'intelligence collective
4. Influence
  - Méthodes du lobbying
  - Stratégies d'influence et réseaux humains

**Bibliographie :**

F.Jakobiak, *Intelligence économique, la comprendre, l'implanter, l'utiliser*, Editions d'Organisation, juillet 2004

F.Jakobiak, *De l'idée au produit*, Editions d'Organisation, 2005

*L'intelligence économique, Techniques et outils*, Editions d'Organisation, 2009

---

**Expected competencies:** Understanding the importance of external information which, in conjunction with creativity, leads to new ideas and continuous innovation. Knowing economic intelligence techniques that allow the control of the information and the creation of tools for supporting strategic decisions.

**Prerequisites:** None

**Content:**

1. Scanning
  - Methods and tools
  - Practical exercises on the Internet
2. Protection of intangible assets
  - List of threats and examples
  - Destabilization through information

3. Knowledge management
  - Principles and implementation
  - Collective intelligence
4. Influence
  - Lobbying methods
  - Strategies for influencing and networking

**Recommended reading:**

F.Jakobiak, *Intelligence économique, la comprendre, l'implanter, l'utiliser*, Editions d'Organisation, juillet 2004

F.Jakobiak, *De l'idée au produit*, Editions d'Organisation, 2005

*L'intelligence économique, Techniques et outils*, Editions d'Organisation, 2009



| Management de projet<br>Project management          |                                                    |                                   |         |
|-----------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-----------------------------------|---------|
| Code cours Course code: MDP5                        |                                                    | Crédits ECTS ECTS Credits: 1      |         |
| <b>Coordonnateurs</b> Lecturers                     | : P. Giovannini (Extérieur Guest speaker)          | <b>Cours</b> Lectures             | : 12h30 |
| <b>Période</b> Year of study                        | : 3 <sup>e</sup> année 3 <sup>rd</sup> year        | <b>T.D.</b> Tutorials             | :       |
| <b>Semestre</b> Semester                            | : 5 <sup>e</sup> semestre 5 <sup>th</sup> semester | <b>T.P.</b> Laboratory sessions   | :       |
| <b>Evaluation</b> Assessment method(s)              | : 1 examen 1 exam                                  | <b>Projet</b> Project             | :       |
| <b>Langue d'instruction</b> Language of instruction | : Français French                                  | <b>Non encadré</b> Homework       | :       |
| <b>Type de cours</b> Type of course                 | : Electif Elective                                 | <b>Horaire global</b> Total hours | : 12h30 |
| <b>Niveau</b> Level of course                       | : Graduate                                         |                                   |         |

**Compétences attendues :** Connaître les objectifs et aux enjeux du management de projet dans les entreprises, savoir en définir les composantes essentielles, c'est-à-dire clarifier ce que recouvre le management de projet, et avoir connaissance de quelques uns des référentiels principaux et pertinents.

**Pré-requis :** Aucun

**Contenu :** Séminaire sur 2 journées. Les étudiants seront ainsi intéressés à :

- Comprendre les raisons pour lesquelles le management est une composante indispensable de la réussite de projets
- Comment est organisé le partage des rôles et des responsabilités au sein d'un projet
- Comment construit-on un projet (aspect structural et aspect temporel)
- Découvrir les principes essentiels de quelques méthodes de base du management de projet : l'organisation d'une équipe de projet, le découpage du projet en lots d'activités, la maîtrise des risques projet, la maîtrise de la configuration, la maîtrise des coûts et des délais, la maîtrise de la documentation
- Découvrir des disciplines techniques telles que l'Ingénierie des Exigences, le Soutien Logistique Intégré, la Sûreté de Fonctionnement ou la maîtrise de la configuration qui concourent à la fois au design des grands systèmes et au management des projets
- Maîtriser le vocabulaire de base associé au management de projet (Maîtrise d'Ouvrage, Maîtrise d'œuvre, Chef de Projet, organisation matricielle, logique de déroulement, structuration de projet, organigramme des tâches/ WBS, Cahier des Charges Fonctionnel, Spécification Technique de Besoin...)

Ce cours sera ponctué d'exemples oraux issus de situations réelles dans des projets de secteurs variés (Défense, Transports ferrés, voiries routières).

Ces 2 journées d'interventions s'achèvent par un QCM d'une durée de 1h.

**Bibliographie :** RG Aéro 0040

**Expected competencies:** Be aware of the objectives and stakes of project management in companies, be able to define essential points, that is to say clarify what project management entails, and to know about some of the main relevant reference systems.

**Prerequisites:** None

**Content:** 2-day seminar. Students address the following:

- Understanding the reasons why management is an important part of a project's success
- How is the distribution of roles and responsibilities set up within a project
- How is a project defined (structure and time aspects)
- Discovering the essential principles of some fundamental project management methods: the organization of a project team, sharing out the project in work packages, the control of project risks, the control of configuration, cost control and planning/scheduling, the control of documentation
- Discovering the main technical activities such as Requirement Management, Integrated Logistic Support, Reliability & Availability studies, and Change Management which contribute to the design of large systems and to the management of projects
- Master basic vocabulary associated with project management (client, project management, project leader, matrix organization, development logic, project structuring, tasks diagram/ WBS, Scope of work, User needs specifications and technical requirement...)

**Recommended reading:** RG Aéro 0040



**Mécanique spatiale et propulsion orbitale**  
***Astrodynamics & orbital propulsion***

**Code cours** *Course code:* **MSP5**

**Crédits ECTS** *ECTS Credits:* **1**

|                                                            |                                                                     |                                          |         |
|------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|---------|
| <b>Coordonnateurs</b> <i>Lecturers</i>                     | N.Tchintcharadzé, T. Lienart<br>(Extérieurs <i>Guest speakers</i> ) | <b>Cours</b> <i>Lectures</i>             | : 12h30 |
| <b>Période</b> <i>Year of study</i>                        | : 3 <sup>e</sup> année 3 <sup>rd</sup> year                         | <b>T.D.</b> <i>Tutorials</i>             | :       |
| <b>Semestre</b> <i>Semester</i>                            | : 5 <sup>e</sup> semestre 5 <sup>th</sup> semester                  | <b>T.P.</b> <i>Laboratory sessions</i>   | :       |
| <b>Evaluation</b> <i>Assessment method(s)</i>              | : 1 examen 1 exam                                                   | <b>Projet</b> <i>Project</i>             | :       |
| <b>Langue d'instruction</b> <i>Language of instruction</i> | : Français et anglais <i>French &amp; English</i>                   | <b>Non encadré</b> <i>Homework</i>       | :       |
| <b>Type de cours</b> <i>Type of course</i>                 | : Electif <i>Elective</i>                                           | <b>Horaire global</b> <i>Total hours</i> | : 12h30 |
| <b>Niveau</b> <i>Level of course</i>                       | : Graduate                                                          |                                          |         |

**Compétences attendues :** Acquérir les notions de base en mécanique spatiale (mécanique du vol pour un engin spatial) et sur les systèmes de propulsion des satellites.

**Pré-requis :** Mécanique générale, cinématique, dynamique du point, propulsion

**Contenu :**

**La Propulsion Orbitale, technologie et applications**

Notions de base en propulsion. Modes d'utilisation sur satellite.

La propulsion chimique : propulsion gaz froids, monergol, bi-liquide. Concepts avancés.

La propulsion électrique : les différents types de propulseurs.

Le sous-système de propulsion chimique et électrique et sa mise en œuvre.

Applications : satellites scientifiques en orbite basse, plates-formes géostationnaires de télécommunication, missions interplanétaires.

**Mécanique Spatiale**

Les manœuvres orbitales : quelques exemples (transfert de Hohmann, modification de l'inclinaison).

Les satellites d'observation. L'héliosynchronisme, le phasage géographique. Exemple de mission.

**Mécanique Spatiale**

Les rendez-vous orbitaux. Le phasage, les opérations de proximité. Exemple de la mission ATV.

L'interplanétaire : les manœuvres, les swing-by, les orbites autour des Points de Lagrange

**Bibliographie :** Mécanique Spatiale 2 tomes. CNES 1995. Editions Cépadès. [www.cepades.com](http://www.cepades.com)

"Rocket Propulsion Elements" de Biblarz & Sutton, John Wiley & Sons Editions



**Expected competencies:** Know the basic elements in space mechanics (flight mechanics for a spacecraft) and in satellite propulsion systems.

**Prerequisites:** General mechanics, propulsion in astronautics

**Content:**

**1. Orbital Propulsion, technology and application – T. Liénart**

Basic knowledge of propulsion. Methods of use on satellite.

Chemical propulsion: Propulsion of cold gas, Monergol, bi-liquid. Advanced concepts.

Electric propulsion: the different types of thrusters.

The subsystem of chemical and electric propulsion and its implementation.

Applications: scientific satellites in low orbit, geostationary telecommunications platforms, interplanetary missions

**2. Flight Dynamics – N. Tchintcharadzé**

The orbital maneuvers: some examples (Hohmann transfer, change of inclination).

The observation satellites. The heliosynchronism, geographic phasing. Example of mission.

**3. Flight Dynamics – N. Tchintcharadzé**

The orbital rendez-vous. Phasing, proximity operations. Example of the ATV mission.

Interplanetary maneuvers: swing-by, orbits around Lagrange Points

**Recommended reading:** Mécanique Spatiale 2 tomes. CNES 1995. Editions Cépadès. [www.cepades.com](http://www.cepades.com)

"Rocket Propulsion Elements" by Biblarz & Sutton, John Wiley & Sons Editions

| Métrologie<br>Metrology                      |                                                    |                              |         |
|----------------------------------------------|----------------------------------------------------|------------------------------|---------|
| Code cours Course code: MET5                 |                                                    | Crédits ECTS ECTS Credits: 1 |         |
| Département Department                       | : ET                                               | Cours Lectures               | : 12h30 |
| Coordonnateurs Lecturers                     | : M. Fénot                                         | T.D. Tutorials               | :       |
| Période Year of study                        | : 3 <sup>e</sup> année 3 <sup>rd</sup> year        | T.P. Laboratory sessions     | :       |
| Semestre Semester                            | : 5 <sup>e</sup> semestre 5 <sup>th</sup> semester | Projet Project               | :       |
| Evaluation Assessment method(s)              | : 1 examen 1 exam                                  | Non encadré Homework         | :       |
| Langue d'instruction Language of instruction | : Français et anglais French & English             | Horaire global Total hours   | : 12h30 |
| Type de cours Type of course                 | : Electif Elective                                 |                              |         |
| Niveau Level of course                       | : Graduate                                         |                              |         |

**Compétences attendues :** Comprendre les techniques de mesure couramment utilisées en mécanique des fluides.

**Pré-requis :** Bases en mécanique des fluides, thermique et combustion

**Contenu :**

Ce cours de métrologie en mécanique des fluides aborde des notions de caractérisation d'écoulements au sens large, aussi bien du point de vue de la dynamique que de la thermique ainsi que des concentrations dans les écoulements réactifs.

Différentes techniques de visualisation et méthodes de mesure de vitesse, de pression, de concentration, de température et de flux sont présentées dans ce module. Ces techniques sont précisées ci-dessous, regroupées par grands thèmes :

- **Visualisation :** strioscopie, ombroscopie, interférométrie, BOS,
- **Mesure de pression :** manomètre liquide, tube de Bourdon, manomètre à membrane, jauge piézorésistive et piézoélectrique, microphone
- **Mesure de concentration :** diffusion Rayleigh, fluorescence induite par laser,
- **Mesure de vitesse :** mesures intrusives (hélice, Pitot, fil chaud), Vélocimétrie Doppler Laser (VDL), Vélocimétrie par Images de Particules (PIV),
- **Mesure thermique :** thermocouple, fil froid, thermographie infrarouge, fluxmètres.

**Bibliographie :** Aucune



**Expected competencies:** To understand measurement techniques commonly used in fluid mechanics.

**Prerequisites:** Basic knowledge in fluid mechanics, heat transfer and combustion

**Content:**

This course in metrology in fluid mechanics deals with notions of characterization of flows in the broad sense, from the point of view of dynamics as well as from the thermal as well as the concentrations in the reactive flows.

Several methods for the visualization and measurement of fluid velocity, of pressure, of concentration, of temperature and of heat flux are presented in this course. These methods are more precisely described below, divided into several parts:

- **Vizualisation:** schlieren, shadowgraphy, interferometry, BOS
- **Pressure measurement :** liquid manometer, Bourdon's probe, membrane manometer, piezoresistive and piezoelectric probe, microphone
- **Concentration measurement:** chromatography, Planar Laser Induced Fluorescence , spectroscopy,
- **Velocity measurement:** Laser Doppler Velocimetry (LDV) and Particle image velocimetry (PIV),
- **Temperature and heat transfer measurement:** thermocouple, cold wire, infrared thermometry, heat flux gauges.

**Recommended reading:** None

**Modélisation des chambres de combustion**  
**Combustion chamber modelling**

| Code cours <i>Course code: MCC5</i>                 |   |                                                        | Crédits ECTS <i>ECTS Credits: 1</i> |   |       |
|-----------------------------------------------------|---|--------------------------------------------------------|-------------------------------------|---|-------|
| Département <i>Department</i>                       | : | ET                                                     | Cours <i>Lectures</i>               | : | 12h30 |
| Coordonnateurs <i>Lecturers</i>                     | : | D. Karmed                                              | T.D. <i>Tutorials</i>               | : |       |
| Période <i>Year of study</i>                        | : | 3 <sup>e</sup> année <i>3<sup>rd</sup> year</i>        | T.P. <i>Laboratory sessions</i>     | : |       |
| Semestre <i>Semester</i>                            | : | 5 <sup>e</sup> semestre <i>5<sup>th</sup> semester</i> | Projet <i>Project</i>               | : |       |
| Evaluation <i>Assessment method(s)</i>              | : | 1 examen <i>1 exam</i>                                 | Non encadré <i>Homework</i>         | : |       |
| Langue d'instruction <i>Language of instruction</i> | : | Français <i>French</i>                                 | Horaire global <i>Total hours</i>   | : | 12h30 |
| Type de cours <i>Type of course</i>                 | : | Electif <i>Elective</i>                                |                                     |   |       |
| Niveau <i>Level of course</i>                       | : | Graduate                                               |                                     |   |       |

**Compétences attendues :** Avoir une idée de la modélisation de phénomènes physiques (turbulence, combustion, transfert de chaleur, polluants) et les méthodes numériques utilisées dans le calcul des chambres de combustion à l'aide de ces modèles.

**Pré-requis :** Combustion, turbulence

**Contenu :**

Ce cours est dédié à la modélisation numérique des chambres de combustion (fours industriels, moteurs à combustion interne, foyers de turboréacteurs).

La modélisation numérique des écoulements réactifs est abordée après avoir présenté des modèles physiques censés représenter les phénomènes physiques rencontrés dans les chambres de combustion.

Des modèles de combustion en régime turbulent (pré-mélange et diffusion) sont présentés ainsi que des modèles d'hydrodynamique, de transferts de chaleur et de production des espèces polluantes (NO<sub>x</sub>, HC ...).

Le traitement numérique des modèles physiques sera présenté à travers des méthodes numériques adaptées en insistant notamment sur le maillage, les conditions limites, les conditions initiales et les traitements de paroi. Deux codes de calcul sont utilisés dans ce cours.

1 - Un code de calcul 0D est utilisé pour modéliser la combustion dans un moteur à combustion interne à allumage commandé où l'on note évidemment la variation du volume (variation de pression et maillage mobile)

2 - Le code CFD STAR-CCM+ est utilisé pour modéliser la combustion dans une chambre de combustion représentative des foyers de turboréacteur (pression constante et volume fixe).

**Bibliographie :** Aucune.



**Expected competencies:** To understand the physical phenomena modelling (turbulence, combustion, heat transfer, pollutants) and the numerical methods used in combustion chambers.

**Prerequisites:** Combustion, turbulence

**Content:**

The course is dedicated to combustion chamber numerical modelling (industrial furnaces, internal combustion engines, turbojets combustion chambers).

Reactive flows numerical modelling is studied after an introduction to physical models that represent physical phenomena seen in combustion chambers. Models of combustion in turbulent flow (premixed and diffusion) are presented as well as models of hydrodynamics, heat transfer and production of polluting bodies.

The numerical approach of physics models will be introduced through adapted numerical methods laying stress on the network, the boundary conditions, the initial conditions and the wall processing.

1 – A thermodynamic 0-D code is used to model the combustion in a spark ignition engine which obviously presents a volume variation (variation in pressure variation and moving mesh)

2 – The CFD code STAR-CCM + is used to model combustion in a combustion chamber representative of turbojet combustion chamber (constant pressure and fixed volume).

**Recommended reading:** None.

**Normes pour avionique**  
**Certification of embedded software systems**

| <b>Code cours</b> <i>Course code: NPA</i>                  |                                                    | <b>Crédits ECTS</b> <i>ECTS Credits: 1</i> |         |
|------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|--------------------------------------------|---------|
| <b>Coordonnateurs</b> <i>Lecturers</i>                     | : P. Baufreton (extérieur/ <i>guest speaker</i> )  | <b>Cours</b> <i>Lectures</i>               | : 12h30 |
| <b>Période</b> <i>Year of study</i>                        | : 3 <sup>e</sup> année 3 <sup>rd</sup> year        | <b>T.D.</b> <i>Tutorials</i>               | :       |
| <b>Semestre</b> <i>Semester</i>                            | : 5 <sup>e</sup> semestre 5 <sup>th</sup> semester | <b>T.P.</b> <i>Laboratory sessions</i>     | :       |
| <b>Evaluation</b> <i>Assessment method(s)</i>              | : 1 examen 1 exam                                  | <b>Projet</b> <i>Project</i>               | :       |
| <b>Langue d'instruction</b> <i>Language of instruction</i> | : Français <i>French</i>                           | <b>Non encadré</b> <i>Homework</i>         | :       |
| <b>Type de cours</b> <i>Type of course</i>                 | : Electif <i>Elective</i>                          | <b>Horaire global</b> <i>Total hours</i>   | : 12h30 |
| <b>Niveau</b> <i>Level of course</i>                       | : Graduate                                         |                                            |         |

**Compétences attendues :** Savoir expliquer le rôle de la certification dans l'industrie aéronautique incluant des systèmes électroniques et des logiciels embarqués, le but des documents normatifs en vigueur, l'importance des processus et des activités de développement, vérification et validation y compris en utilisant des outils logiciels, les clés de la réussite d'un projet incluant du logiciel embarqué.

**Pré-requis :** Aucun

**Contenu :**

Le cours expose les fondamentaux de la certification pour les équipements électroniques avion embarqués incluant du logiciel. Il explicite l'importance de la réglementation du domaine aéronautique en regard des exigences de sûreté et décrit les différences étapes nécessaires pour mener à bien un projet incluant du logiciel.

Part 1 : Les grands principes de la certification, le contexte réglementaire avion (CS-25), systèmes (ARP 4754 / 476) et logiciel (DO-178).

Part 2 : Les aspects logiciels de la certification (DO-178) et les cinq principes fondamentaux

Part 3 : Développement, vérification et validation (V&V) et outils logiciels qualifiés (DO-330)

Part 4 : L'assurance qualité et les modèles de maturité (CMMI, SPICE).

**Bibliographie :** Aucune



**Expected competencies:** explain the role of certification in the aeronautical industry including electronic systems and embedded software, the purpose of the normative documents in force, the importance of processes and activities of development, verification and validation including using software tools, the keys to the success of a project including embedded software.

**Prerequisites:** None

**Content:**

The course outlines the fundamentals of certification for embedded aircraft electronics equipment including embedded software. It explains the importance of aeronautical regulation in relation to safety requirements and describes the different steps required to carry out a project including software.

Part 1: Fundamentals of certification, aircraft regulatory context (CS-25), systems (ARP 4754 / 476) and software (DO-178)

Part 2: Software aspects of certification (DO-178) and the 5 fundamentals

Part 3: Development, control and validation (V&V) and certified software (DO-330)

Part 4: QA/QC and maturity models (CMMI, SPICE)

**Recommended reading:** None

**Optimisation en Aérodynamique Appliquée**  
**Optimization in Applied Aerodynamics**

| <b>Code cours</b> <i>Course code: CE25</i>                 |                                                    | <b>Crédits ECTS</b> <i>ECTS Credits: 1</i> |         |
|------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|--------------------------------------------|---------|
| <b>Coordonnateurs</b> <i>Lecturers</i>                     | : I. Salah El Din                                  | <b>Cours</b> <i>Lectures</i>               | : 12h30 |
| <b>Période</b> <i>Year of study</i>                        | : 3 <sup>e</sup> année 3 <sup>rd</sup> year        | <b>T.D.</b> <i>Tutorials</i>               | :       |
| <b>Semestre</b> <i>Semester</i>                            | : 5 <sup>e</sup> semestre 5 <sup>th</sup> semester | <b>T.P.</b> <i>Laboratory sessions</i>     | :       |
| <b>Evaluation</b> <i>Assessment method(s)</i>              | : Examen Ecrit / <i>written exam</i>               | <b>Projet</b> <i>Project</i>               | :       |
| <b>Langue d'instruction</b> <i>Language of instruction</i> | : Français <i>French</i>                           | <b>Non encadré</b> <i>Homework</i>         | :       |
| <b>Type de cours</b> <i>Type of course</i>                 | : Electif <i>Elective</i>                          | <b>Horaire global</b> <i>Total hours</i>   | : 12h30 |
| <b>Niveau</b> <i>Level of course</i>                       | : Graduate                                         |                                            |         |

**Compétences attendues :**

- notions théoriques et pratiques concernant le domaine de l'optimisation
- mise en oeuvre d'algorithmes sur des cas académiques et appliqués
- initiation au codage interprété python pour le prototypage rapide

**Pré-requis :** Aucun

**Contenu :**

**Partie 1 : Introduction à l'optimisation**

Notions générales (domaines, finalités...)  
Définitions et notations  
Stratégies d'optimisations

**Partie 2 : Optimisation stochastique globale**

Principes  
Algorithme génétique  
Applications

**Partie 3 : Optimisation déterministe locale**

Principes  
Algorithme déterministe ordre 0  
Algorithmes de descente par gradient  
Applications

Le cours proposé est interactif avec une alternance entre la présentation des éléments théoriques et pratiques et des travaux dirigés/pratiques sur des postes informatiques mis à disposition. Les étudiants seront amenés à programmer des algorithmes et à effectuer des analyses d'optimisations.

**Bibliographie :** Aucune



**Expected competencies:**

Theoretical and practical notions concerning the field of optimization  
Implementation of algorithms on academic and applied cases  
Introduction to python interpreted coding for rapid prototyping

**Prerequisites:** None

**Content:**

**Part 1 : Introduction to optimization**

General notions (domains, purposes ...)  
Definitions and notations  
Optimization strategies

## **Part 2 : Global stochastic optimization**

Principles  
Genetic algorithm  
Applications

## **Part 3: Local deterministic optimization**

Principles  
Deterministic algorithm order 0  
Gradient Descent Algorithms  
Applications

The proposed course is interactive with an alternation between the presentation of the theoretical and practical elements and the directed / practical work on computers. Students will be required to program algorithms and perform optimization analyzes.

**Recommended reading:** None

| Propriété industrielle<br>Industrial property       |                                                     |                                   |         |
|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|-----------------------------------|---------|
| Code cours Course code: PRI                         |                                                     | Crédits ECTS ECTS Credits: 1      |         |
| <b>Coordonnateurs</b> Lecturers                     | : M. Bihya<br>(Intervenant extérieur Guest speaker) | <b>Cours</b> Lectures             | : 12h30 |
| <b>Période</b> Year of study                        | : 3 <sup>e</sup> année 3 <sup>rd</sup> year         | <b>T.D.</b> Tutorials             | :       |
|                                                     | : 5 <sup>e</sup> semestre 5 <sup>th</sup> semester  | <b>T.P.</b> Laboratory sessions   | :       |
| <b>Semestre</b> Semester                            | : 1 examen 1 exam                                   | <b>Projet</b> Project             | :       |
|                                                     |                                                     | <b>Non encadré</b> Homework       | :       |
| <b>Evaluation</b> Assessment method(s)              | : Français French                                   | <b>Horaire global</b> Total hours | : 12h30 |
| <b>Langue d'instruction</b> Language of instruction | : Electif Elective                                  |                                   |         |
| <b>Type de cours</b> Type of course                 | : n/a                                               |                                   |         |
| <b>Niveau</b> Level of course                       |                                                     |                                   |         |

**Pré-requis :** Aucun

**Compétences attendues et Contenu :** connaître les enjeux de la propriété industrielle pour un entrepreneur

## 2. Présentation des droits de la Propriété Industrielle

- Histoire
- Enjeux
- Différentes protections à envisager
  - Protection accordée par le droit d'auteur
  - Protection accordée par le droit des dessins et modèles
  - Protection accordée par le droit des marques
  - Protection accordée par le droit des brevets

## 3. La Propriété Industrielle dans les projets

- Identifier ce qui peut être protégé
- Prendre date
- Définir les rapports avec les partenaires
- Faire état de la technique
- Déterminer la ou les protections à envisager
- Etablir une stratégie PI en fonction de l'avancée de votre projet
- Valoriser et défendre vos droits
- La PI à l'international : Chine, USA...

## 4. La contrefaçon

- Qui sont les contrefacteurs, qui sont les victimes ?
- Quelles sanctions à la contrefaçon ?
- Comment se prémunir ?

**Bibliographie :** Aucune

**Prerequisites:** None

**Expected competencies and Content:** being aware of the issues associated with industrial property for an entrepreneur

## 1. Presentation of Industrial Property rights

- History
- Issues
- Various protections to consider
  - Protection granted by copyright



- Protection granted by Trademark Law
- Protection granted by Patent Law

## 2. **Industrial Property in Projects**

- Identifying what can be protected
- Defining the relations with partners
- Defining the technique
- Determining which protections to consider
- Establishing an IP strategy based on the progress of your project
- Promoting and defending your rights
- IP abroad: China, the USA ...

## 3. **Counterfeiting**

- Who are the counterfeiters, who are the victims?
- What sanctions for counterfeiting?
- How to prevent?

**Recommended reading:** None

| Qualité<br>Quality                                  |                                                    |                                   |         |
|-----------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-----------------------------------|---------|
| Code cours Course code: QLT5                        |                                                    | Crédits ECTS ECTS Credits: 1      |         |
| <b>Coordonnateurs</b> Lecturers                     | : P. Meunier (extérieur <i>guest speaker</i> )     | <b>Cours</b> Lectures             | : 12h30 |
| <b>Période</b> Year of study                        | : 3 <sup>e</sup> année 3 <sup>rd</sup> year        | <b>T.D.</b> Tutorials             | :       |
| <b>Semestre</b> Semester                            | : 5 <sup>e</sup> semestre 5 <sup>th</sup> semester | <b>T.P.</b> Laboratory sessions   | :       |
| <b>Evaluation</b> Assessment method(s)              | : 1 examen 1 exam                                  | <b>Projet</b> Project             | :       |
| <b>Langue d'instruction</b> Language of instruction | : Français French                                  | <b>Non encadré</b> Homework       | :       |
| <b>Type de cours</b> Type of course                 | : Electif Elective                                 | <b>Horaire global</b> Total hours | : 12h30 |
| <b>Niveau</b> Level of course                       | : Graduate                                         |                                   |         |

**Compétences attendues :** Comprendre le rôle, l'intérêt et le fonctionnement de la qualité dans l'entreprise. Savoir utiliser les outils qualité opérationnels permettant de structurer et d'optimiser les activités professionnelles.

**Pré-requis :** Aucun

**Contenu :**

## I. LES FONDAMENTAUX DE LA QUALITE

Définitions/ Objectifs – Historique – Nécessités.

### 1. Le Management de la Qualité

Positionnement et reponsabilités Qualité dans l'entreprise et l'organisation.

### 2. Le Système Qualité

Documentation, application.

### 3. La Normalisation (ISO 9001, ISO 14001)

Rôle et objectifs.

### 4. Les processus

(constitution, définitions, indicateurs d'efficacité, objectifs), l'amélioration continue.

- Processus : Développement
- Processus : Maîtrise du produit non-conforme
- Processus : Mesures, Analyse et Amélioration continue
- Processus : Management de l'Environnement

Autres éléments du Système de Management de la Qualité

## II. LES OUTILS DE LA QUALITE

### Le système de management de la qualité

(PARETO -5 Pourquoi – Diagramme d'ISHIKAWA – Matrice Grain/Effort – Votes Simples et Pondérés – QQQQCPC – Matrices de Pondération et Multicritères – Brainstorming – Graphiques).

**Simulation sur les 4 outils soulignés.**

### La Méthode 8D

Méthodologie de résolution de problème.

### La Méthode 5S

Méthodologie d'organisation.

### La M.S.P. (Maîtrise Statistique des Procédés)

- Analyse statistique et maîtrise de fonctionnement des systèmes
- Distributions Normales (Gaussienne), pré-requis
- 5M (pré-requis à la maîtrise du procédé)
- Capabilités (Cm, Cmk, Cp, Cpk)
- Interprétations, Applications, Pilotage, Maîtrise du procédé

### L'analyse des Risques projet

Méthodologie, Identification, Quantification, Actions...

### **Bibliographie :**

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

De nombreux dossiers sur tous les thèmes Qualité.

**Expected competencies:** understanding the role, interest of quality in a company and how it is implemented. Being capable of using effective quality tools that aim at structuring and optimizing professional activities.

**Prerequisites:** None

**Content:**

## I. **FUNDAMENTALS OF QUALITY**

Definitions/ Objectives – Background – Requirements.

### ☐ Quality **Management**

The place and duties of quality in a company and its organization.

### ☐ Quality **Management System**

Documentation, application.

### ☐ Standards **(ISO 9001, ISO 14001)**

Role and objectives.

### ☐ Processes

(Constitution, definitions, performance indicators, objectives). Continuous improvement.

☐ Process: development

☐ Process: control of non-conforming products

☐ Process: measurements, analysis and continuous improvement

☐ Process: environment management (EMS)

## II. **QUALITY TOOLS**

### 1. **The Quality Management System**

(PARETO - 5 whys – Ishikawa diagram – Gain-Pain Matrix – Simple and weighted votes – QQQQCPC (Who, What, Where, When, How, Why), Weight Matrix and multi-key – Brainstorming – Charts).

**Simulated use of the 4 following tools.**

#### 2. **The 8D method**

Problem solving methodology.

#### 3. **The 5S Method**

Workplace organization method.

#### 4. **The S.P.C. (Statistical Process Control)**

☐ Statistical analysis and operational control of processes.

☐ Normal distributions (Gaussian), pre-requisites

☐ 5M (pre-requisite for process monitoring)

☐ Capabilities (Cm, Cmk, Cp, Cpk)

☐ Interpretations, applications, steering, process control

#### 5. **Project risk analysis**

Methodology, identification, quantification, actions...

### **Recommended reading:**

<http://www.qualiteonline.com/> Numerous documents on all subjects pertaining to Quality.

**Santé et Sécurité au Travail (S&ST)**  
**Occupational safety and health**

| <b>Code cours</b> <i>Course code: CE45</i>                 |                                                                         | <b>Crédits ECTS</b> <i>ECTS Credits: Non</i> |       |
|------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|-------|
| <b>Coordonnateurs</b> <i>Lecturers</i>                     | Samuel Lenoir                                                           | <b>Cours</b> <i>Lectures</i>                 | 12h30 |
| <b>Période</b> <i>Year of study</i>                        | : 3 <sup>ème</sup> année / 3 <sup>rd</sup> year                         | <b>T.D.</b> <i>Tutorials</i>                 |       |
| <b>Semestre</b> <i>Semester</i>                            | : 5 <sup>ème</sup> semestre / 5 <sup>th</sup> semester                  | <b>T.P.</b> <i>Laboratory sessions</i>       |       |
| <b>Évaluation</b> <i>Assessment method(s)</i>              | : Evaluation travaux de groupes / QCM /<br>group work assessment / quiz | <b>Projet</b> <i>Project</i>                 |       |
| <b>Langue d'instruction</b> <i>Language of instruction</i> | : Français/ French                                                      | <b>Non encadré</b> <i>Homework</i>           |       |
| <b>Type de cours</b> <i>Type of course</i>                 | : Electif <i>Elective</i>                                               | <b>Horaire global</b> <i>Total hours</i>     | 12h30 |
| <b>Niveau</b> <i>Level of course</i>                       | : Graduate                                                              |                                              |       |

**Compétences attendues :**

- Repérer dans l'entreprise les enjeux humains, sociaux, économiques et juridiques de la S&ST
- Intégrer la S&ST dans la gestion de ses activités et la conduite de projets
- Contribuer au management de la santé et de la sécurité au travail

**Pré-requis :** Aucun

**Contenu :**

Compétences du BES&ST (Bases essentielles en Santé et en Sécurité au Travail) voir référentiel BES&ST

[https://www.cti-commission.fr/wp-content/uploads/2017/03/Referentiel\\_de\\_compétences\\_BESST.pdf](https://www.cti-commission.fr/wp-content/uploads/2017/03/Referentiel_de_compétences_BESST.pdf)

**Bibliographie :**

**Expected competencies:**

- Identify human, social, economic and legal issues concerning occupational safety and health in the company
- Integrate occupational safety and health at work in management & project management
- Contribute to the management of occupational safety and health at work

**Prerequisites:** None

**Content:**

Competences of the BES&ST (essentials in occupational safety and health) see supporting text BES&ST

[https://www.cti-commission.fr/wp-content/uploads/2017/03/Referentiel\\_de\\_compétences\\_BESST.pdf](https://www.cti-commission.fr/wp-content/uploads/2017/03/Referentiel_de_compétences_BESST.pdf)

**Recommended reading:**



| Sécurité incendie<br><i>Fire safety</i>                    |                                                                         |                                          |         |
|------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|---------|
| Code cours <i>Course code:</i> SIS5                        |                                                                         | Crédits ECTS <i>ECTS Credits:</i> 1      |         |
| <b>Coordonnateurs</b> <i>Lecturers</i>                     | : J-P Garro, A. Thiry, N. Dreuille<br>(Extérieur <i>Guest speaker</i> ) | <b>Cours</b> <i>Lectures</i>             | : 4h00  |
| <b>Période</b> <i>Year of study</i>                        | : 3 <sup>e</sup> année 3 <sup>rd</sup> year                             | <b>T.D.</b> <i>Tutorials</i>             | :       |
| <b>Semestre</b> <i>Semester</i>                            | : 5 <sup>e</sup> semestre 5 <sup>th</sup> semester                      | <b>T.P.</b> <i>Laboratory sessions</i>   | : 8h30  |
| <b>Evaluation</b> <i>Assessment method(s)</i>              | : 1 examen + 1 rapport 1 exam + 1 report                                | <b>Projet</b> <i>Project</i>             | :       |
| <b>Langue d'instruction</b> <i>Language of instruction</i> | : Français <i>French</i>                                                | <b>Non encadré</b> <i>Homework</i>       | :       |
| <b>Type de cours</b> <i>Type of course</i>                 | : Electif <i>Elective</i>                                               | <b>Horaire global</b> <i>Total hours</i> | : 12h30 |
| <b>Niveau</b> <i>Level of course</i>                       | : Graduate                                                              |                                          |         |

**Compétences attendues :** Connaître les phénomènes physiques rencontrés lors d'un incendie compartimenté, les approches expérimentales et les outils de prédiction et de simulation.

**Pré-requis :** *Aucun.*

**Contenu :**

➤ **1ère partie par Jean-Pierre GARO, Professeur des Universités, Poitiers – Institut PPRIME – Officier Expert Incendie du SDIS86**

Le feu a toujours exercé une grande fascination sur l'homme et c'est à juste titre que sa « conquête » passe légendairement pour être un événement primordial. Toutefois, lorsqu'il n'est pas géré avec prudence, le feu peut être destructeur (mise en danger directe des biens et des personnes, source de polluants pour l'atmosphère, etc...) Aussi, apparaît-il important de développer une véritable approche scientifique et fondamentale des phénomènes mis en jeu par ce processus de combustion, afin d'être en mesure de mieux le maîtriser, tant dans ses effets bénéfiques que néfastes.

La sécurité incendie constitue un grand domaine d'application, avec des travaux à une échelle globale portant sur la phénoménologie des feux, notamment en espace confiné, ou les techniques pour les maîtriser, mais aussi l'étude de situations modèles visant à mieux comprendre certains aspects des flammes de diffusion.

Les sujets qui seront traités comptent parmi les préoccupations sécuritaires prioritaires du moment : les feux de nappe accidentels, les feux en tunnel tant routier que ferroviaire, les dangers présentés par les situations de feux ventilés. Les différentes opérations de ce thème sont relatives à la problématique de la phénoménologie et de la caractérisation des feux et des fumées dans des situations d'incendie divers (feux libres, feux soumis à des conditions de ventilation naturelle ou forcée ou feux sous-ventilés (flashover, backdraft)). Ces études permettent d'élaborer des mesures et des stratégies de prévention sur des situations modèles.

➤ **2ème partie par Aurélien THIRY, Ingénieur, Laboratoire Central de la Préfecture de Police de Paris (LCPP), Section Ingénierie du feu, Pôle des mesures physiques et sciences de l'incendie, Expert près de la cour d'Appel de Paris.**

Le LCPP est une direction de la Préfecture de police rattachée directement au cabinet du Préfet de Police et reconnu pour :

- L'expertise et la prévention des risques technologiques et domestiques
- Le concours à la sécurité des personnes et des biens
- L'évaluation de l'activité urbaine et industrielle sur l'environnement

Dans le cadre principal d'une mission de service public en Ile de France.

Les missions du LCPP sont fixées par l'arrêté du Préfet de Police du 9 avril 2003. Le LCPP offre un large éventail de services au bénéfice des directions de la Préfecture de police, du Ministère chargé de l'Intérieur, des administrations parisiennes et territoriales, principalement de petite couronne, ou encore des autorités judiciaires. Les industriels et les experts judiciaires lui confient des travaux d'analyse ou d'essai, effectués à titre onéreux.

En matière d'incendie, ses missions sont les suivantes :

- Contrôles préventifs, études en matière de prévention et d'ingénierie de la sécurité incendie, participation à la réglementation
- Essais de comportement au feu de matériaux de matériels électrotechniques faisant partie de systèmes de sécurité incendie (SSI)
- Ingénierie du feu et modélisation de scénarios d'incendie
- Essais de matériels électriques prélevés sur les lieux de sinistres

L'enseignement proposé traitera du cadre légal d'intervention des experts pour réaliser des actions de police scientifique au profit des autorités judiciaires et de la Sécurité Civile. Suivra une présentation rapide des méthodes de

terrain liées à l'interprétation des constatations sur site. Enfin, quelques cas de retour d'expérience liés à la prévention incendie seront présentés.

- **3<sup>ème</sup> partie** par Laurent AUDOUIN, Docteur, Chef du Laboratoire d'Expérimentation des Feux, Institut de Radioprotection et de Sécurité Nucléaire (IRSN), Cadarache.

**« Les outils de calcul pour l'incendie : de la norme ISO aux codes de calcul CFD »**

Après un rappel sur la problématique de l'incendie (l'aspect réglementaire, les acteurs du domaine, les outils de l'ingénierie de l'incendie), cet exposé se propose de présenter les différentes approches utilisées en ingénierie de l'incendie pour estimer les conséquences de scénarii d'incendie pour des feux de compartiments en milieu semi-confiné, en ventilation naturelle (simple porte ouverte) ou en convection forcée (réseau de ventilation). Le contenu de ce cours aborde les points suivants :

- Quels sont les besoins de sécurité et sûreté dans le domaine de l'incendie ? Qui est en charge de répondre à ces besoins ? Et quels sont les moyens techniques pour y répondre ?
- Dans ce contexte, quels sont les outils de calcul disponibles pour l'ingénieur depuis l'approche normalisée jusqu'aux codes de calcul CFD ?
- En s'appuyant sur des cas d'application, une étude critique concernant ces différents outils est proposée en montrant les qualités et les limites de chacun ainsi que le domaine d'application des différents outils de l'ingénierie de l'incendie (quel outil, pour quel usage).

Les notions abordées permettront d'être sensibilisé à l'ingénierie de l'incendie à travers les outils de calculs pour estimer les conséquences d'un incendie dans les milieux confinés et ventilés (tels que les compartiments industriels/nucléaires, mes locaux domestiques -maison, appartement-, les locaux recevant du public –hôtels, hôpitaux-, etc...).

**Bibliographie :** SFPE (2015), 'Handbook of Fire Protection Engineering', National Fire Protection Association (USA), 5th Ed. ; Karlson & Quintiere (1999), 'Enclosure Fire Dynamics' ; Yeoh (2009), 'Computational Fluid Dynamics in Fire Engineering'.



**Expected competencies:** Understanding the physical phenomena encountered during a confined fire, experimental approaches and tools for prediction and simulation.

**Prerequisites:** None

**Content:**

- **1<sup>st</sup> Part** by Jean-Pierre GARO, University Professor, Poitiers – PPRIME Institute – Fire Protection Expert of SDIS86

Fire has always been a great fascination for humans and is rightly that its "conquest" is legendarily going to be an essential event. However, when not managed carefully, the fire can be destructive (direct endangerment of property and persons, source of pollutants to the atmosphere, etc ...) also, it is important to develop a real scientific and fundamental approach to the phenomena involved in the combustion process, in order to be able to better control, both in its positive effects than negative.

Fire safety is a major application area, with works on a global scale on the phenomenology of fires, especially in confined spaces, or techniques to control, but also the study of model situations to understand better some diffusion flames aspects.

The topics to be covered include current major safety concerns: accidental pool fire, both road and rail tunnel fire, the hazards of the cases of under-vented fires. The various operations of this theme relate to the problems of phenomenology and characterization of fires and smoke in different fire situations (open fires, fires exposed to natural or forced ventilation conditions or under-vented fires (flashover, backdraft)). These studies enable the development of preventative measures and strategies regarding modeling.

- **2<sup>nd</sup> part** by Aurélien THIRY, Engineer, Laboratoire Central Laboratory of the Paris Police Headquarters (Préfecture de Police de Paris (LCPP)), Fire Engineering Section, Center of Fire Physical Measurements and Science, Expert at the Paris Court of Appeal.

LCPP is one of the national police headquarters's directorate directly linked to the bureau of the Police Prefect and recognized for:

- Expertise and prevention of technological and domestic risks
- The assistance to safety of persons and property
- Assessment of urban and industrial activity on the environment

in the main part of a public service mission in Ile de France.

The LCPP duties are set by the decree of the Prefect of Police of April 9, 2003 LCPP offers a wide range of services for the benefit of the Police Headquarters directions, the Interior Ministry, Paris and territorial governments or judicial authorities. Industrial and legal experts rely on the LCPP analytical work or tests.

In regard to fire, its tasks are:

- Preventive controls, studies in the field of prevention and fire safety engineering, participation in regulation

- Testing of fire behavior of electrotechnical equipment materials part of the Fire Safety Systems (SSI)
- Fire Engineering and modeling of fire scenarios
- Testing of electrical equipment collected on disaster locations

The education offered will deal with the legal framework of the intervention of experts in order to carry out actions of the Forensic experts in favor of judicial authorities and public safety. A brief presentation of field methods linked to the interpretation of the in situ findings will follow. Finally, a few cases studies linked to fire prevention will be presented.

- **3<sup>rd</sup> part by Laurent AUDOUIN, PhD, Head of the Laboratory for Fire Experimentation, Insitute for Radiological Protection and Nuclear Safety (IRSN), Cadarache.**

**“Computational tools for fire: from the ISO standard to the CFD codes”**

After a review of the main issues regarding fire (the legal context, the actors in the field, tools for Fire Protection engineering), this presentation aims to show the different approaches used in Fire engineering to estimate the consequences of fire scenarios for compartments' fires in semi-confined spaces, in natural ventilation (simple open door) or forced convection (ventilation system).

The content of this course covers the following points:

- What are the safety and security needs in the area of the fire? Who is responsible for meeting these needs? And what are the technical means to meet?
- In this context, what are the computational tools available to the engineer from the standardized approach to CFD codes?
- Based on cases of application, a critical study of these various tools is offered by showing the qualities and limitations of each as well as the scope of the various tools of fire engineering (which tool for what use).

The concepts discussed will allow the students to be aware of Fire engineering through the computational tools to estimate the consequences of a fire in confined and ventilated environments (such as industrial / nuclear compartments, domestic spaces - houses , apartments -, premises open to the public -hotels, hospitals-, etc ...).

**Recommended reading:** SFPE (2015), 'Handbook of Fire Protection Engineering', National Fire Protection Association (USA), 5th Ed. ; Karlson & Quintiere (1999), 'Enclosure Fire Dynamics' ; Yeoh (2009), 'Computational Fluid Dynamics in Fire Engineering'.

**COURS SPÉCIFIQUES MASTER AERONAUTIQUE ET ESPACE**  
**PARCOURS « TRANSPORTS AÉRONAUTIQUES ET TERRESTRES » (TAT)**

**SPECIFIC COURSES MSc AERONAUTICS AND SPACE**  
**TRACK « AIR AND GROUND TRANSPORTATION »**

| <b>Intitulé des cours</b>                                   | <b>Courses title</b>                                              | <b>Heures<br/>Hours</b> | <b>Crédits ECTS<br/>ECTS Credits</b> | <b>Page</b> |
|-------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|-------------------------|--------------------------------------|-------------|
| Dynamique tourbillonnaire – Instabilité                     | <i>Dynamique tourbillonnaire –<br/>Instabilité</i>                | 30h00                   | 6                                    | 216         |
| Contrôle des écoulements et des transferts                  |                                                                   | 30h00                   | 6                                    | 218         |
| Combustion diphasique - Combustion turbulente               | <i>Two-phase flow combustion -<br/>Turbulent combustion</i>       | 30h00                   | 6                                    | 219         |
| Nanotransferts - Méthodes inverses en thermique             | <i>Nanotransfers - Inverse Methods<br/>in Heat Transfer</i>       | 30h00                   | 6                                    | 222         |
| Mécanique du contact - Comportement des matériaux sous choc | <i>Contact Mechanics - Behaviour<br/>of materials under shock</i> | 30h                     | 6                                    | 223         |





**Dynamique tourbillonnaire – Instabilité**  
**Vortex dynamics- Instability**

**Code cours** *Course code:*

**Crédits ECTS** *ECTS Credits:* **6**

|                                                            |                                                    |                                          |         |
|------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|------------------------------------------|---------|
| <b>Département</b> <i>Department</i>                       | : Master Aéronautique et Espace Parcours TAT       | <b>Cours</b> <i>Lectures</i>             | : 30h00 |
| <b>Coordonneurs</b> <i>Lecturers</i>                       | : Eric Lamballais, P. Jordan                       | <b>T.D.</b> <i>Tutorials</i>             | :       |
| <b>Période</b> <i>Year of study</i>                        | : 3 <sup>e</sup> année 3 <sup>rd</sup> year        | <b>T.P.</b> <i>Laboratory sessions</i>   | :       |
| <b>Semestre</b> <i>Semester</i>                            | : 5 <sup>e</sup> semestre 5 <sup>th</sup> semester | <b>Projet</b> <i>Project</i>             | :       |
| <b>Evaluation</b> <i>Assessment method(s)</i>              | : 1 examen 1 written exam                          | <b>Non encadré</b> <i>Homework</i>       | :       |
| <b>Langue d'instruction</b> <i>Language of instruction</i> | : Français <i>French</i>                           | <b>Horaire global</b> <i>Total hours</i> | : 30h00 |
| <b>Type de cours</b> <i>Type of course</i>                 | : Obligatoire <i>Compulsory</i>                    |                                          |         |
| <b>Niveau</b> <i>Level of course</i>                       | : Master                                           |                                          |         |

**Compétences attendues :**

**Pré-requis :** Aucun

**Contenu :**

- Partie 1 : Dynamique tourbillonnaire (E.Lamballais)**

Cinématique et dynamique de la vorticité – Théorème de Helmholtz – Théorème de Kelvin – Tourbillons fondamentaux (Rankine Lamb-Oseen, Burgers) – Identification tourbillonnaire

*Ecoulements en milieu tournant*

Equilibre géostrophique – Théorème de Taylor-Proudman – Couche limite d'Ekman – Vent thermique – Onde d'inertie-gravité

*Simulations des grandes échelles*

Filtrage homogène ou inhomogène – Equations filtrées – Tenseur sous-maille – Modélisation sous-maille (modèle de Smagorinsky, procédure dynamique, modèle de similarité d'échelles, modèle mixte) – Viscosité numérique et sous-maille – Choix de l'échelle de coupure – Modélisation pariétale

- Partie 2 : Instabilité (P. Jordan)**

*Introduction à l'instabilité*

Le pendule simple - décomposition propre des opérateurs linéaires - instabilités hydrodynamiques classiques.

*Instabilité de cisaillement d'écoulement*

Instabilité Kelvin-Helmholtz - évolution spatio-temporelle - Flux de cisaillement continu - les effets visqueux et non-linéaires.

*Transition vers le chaos*

Modèle Lorentz - Trajectoires - Sensibilité aux conditions initiales.

*Convection*

Mécanismes physiques – Instabilité Rayleigh-Bénard - convection binaire.

*Flux délimités*

Rôle ambigu de la viscosité –  quations d'Orr-Sommerfeld - La couche limite.

*Transition vers la turbulence*

Le sentier linéaire de transition - Le passage de dérivation - évolution non-linéaire

*L'instabilité et l'aéroacoustique*

Une brève histoire de structures cohérentes - analogies acoustiques - mécanismes de source sonore - paquets d'ondes et le bruit de jet.

**Bibliographie :** Aucune



**Expected competencies:**

**Prerequisites:** None

**Content:**

- Part 1: Vortex dynamics (E. Lamballais)**

Kinematics and dynamics of the vorticity - Helmholtz theorem - Kelvin theorem - Fundamental Vortices (Lamb-Oseen Rankine, Burgers) - Identification vortex.

*Flow in turning middle*

Geostrophic balance - Taylor-Proudman theorem - boundary layer Ekman - Thermal Wind - inertia-gravity wave.

*Large Eddy Simulations*

Homogeneous or inhomogeneous filter - filtered Equations - Tensor subgrid - Modeling subgrid (Smagorinsky model, dynamic process, model of scale similarity, mixed model) - Digital viscosity and subgrid - Choice of scale cutoff – Parietal modeling.

- Part 2 : Instability (P. Jordan)**

*Introduction to instability*

The simple pendulum – eigen-decomposition of linear operators – classical hydrodynamic instabilities.

*Shear-flow instability*

Kelvin-Helmholtz instability – spatiotemporal evolution – continuous shearflow – viscous and non-linear effects.

*Transition to chaos*

Lorentz model – Trajectories – Sensitivity to initial conditions.

*Convection*

Physical mechanisms – Rayleigh-Bénard instability – Binary convection.

*Wall-bounded flows*

Ambiguous role of viscosity – Orr-Sommerfeld equations – The boundary layer.

*Transition to turbulence*

The linear path to transition – The bypass transition – Non-linear evolution

*Instability and aeroacoustics*

A brief history of coherent structures – acoustic analogies – sound-source mechanisms – wavepackets and jet noise.

**Recommended reading:** None

## Contrôle des écoulements et des transferts

| Code cours <i>Course code:</i>                             |                                                    | Crédits ECTS <i>ECTS Credits: 6</i>      |         |
|------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|------------------------------------------|---------|
| <b>Département</b> <i>Department</i>                       | : Master Aéronautique et Espace Parcours TAT       | <b>Cours</b> <i>Lectures</i>             | : 30h00 |
| <b>Coordonnateurs</b> <i>Lecturers</i>                     | :                                                  | <b>T.D.</b> <i>Tutorials</i>             | :       |
| <b>Période</b> <i>Year of study</i>                        | : 3 <sup>e</sup> année 3 <sup>rd</sup> year        | <b>T.P.</b> <i>Laboratory sessions</i>   | :       |
| <b>Semestre</b> <i>Semester</i>                            | : 5 <sup>e</sup> semestre 5 <sup>th</sup> semester | <b>Projet</b> <i>Project</i>             | :       |
| <b>Evaluation</b> <i>Assessment method(s)</i>              | :                                                  | <b>Non encadré</b> <i>Homework</i>       | :       |
| <b>Langue d’instruction</b> <i>Language of instruction</i> | : Français <i>French</i>                           | <b>Horaire global</b> <i>Total hours</i> | : 30h00 |
| <b>Type de cours</b> <i>Type of course</i>                 | : Obligatoire <i>Compulsory</i>                    |                                          |         |
| <b>Niveau</b> <i>Level of course</i>                       | : Master                                           |                                          |         |

**Compétences attendues :**

**Pré-requis :**

**Contenu :**

**Bibliographie :**

**Expected competencies:**

**Prerequisites:**

**Content:**

**Recommended reading:**



| <b>Combustion diphasique - Combustion turbulente</b><br><b>Two-phase flow combustion - Turbulent combustion</b> |                                                    |                                                   |         |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|---------------------------------------------------|---------|
| <b>Code cours</b> <i>Course code:</i>                                                                           |                                                    | <b>Crédits ECTS</b> <i>ECTS Credits:</i> <b>6</b> |         |
| <b>Département</b> <i>Department</i>                                                                            | : Master Aéronautique et Espace Parcours TAT       | <b>Cours</b> <i>Lectures</i>                      | : 30h00 |
| <b>Coordonnateurs</b> <i>Lecturers</i>                                                                          | : Z. Bouali, A. Mura                               | <b>T.D.</b> <i>Tutorials</i>                      | :       |
| <b>Période</b> <i>Year of study</i>                                                                             | : 3 <sup>e</sup> année 3 <sup>rd</sup> year        | <b>T.P.</b> <i>Laboratory sessions</i>            | :       |
| <b>Semestre</b> <i>Semester</i>                                                                                 | : 5 <sup>e</sup> semestre 5 <sup>th</sup> semester | <b>Projet</b> <i>Project</i>                      | :       |
| <b>Evaluation</b> <i>Assessment method(s)</i>                                                                   | : 1 examen 1 written exam                          | <b>Non encadré</b> <i>Homework</i>                | :       |
| <b>Langue d'instruction</b> <i>Language of instruction</i>                                                      | : Français <i>French</i>                           | <b>Horaire global</b> <i>Total hours</i>          | : 30h00 |
| <b>Type de cours</b> <i>Type of course</i>                                                                      | : Obligatoire <i>Compulsory</i>                    |                                                   |         |
| <b>Niveau</b> <i>Level of course</i>                                                                            | : Master                                           |                                                   |         |

### • Combustion diphasique (Z. Bouali)

**Compétences attendues** : D'une part, connaître les principaux processus physiques régissant la combustion d'un spray et d'autre part, posséder les outils nécessaires à la modélisation et l'analyse des écoulements diphasiques réactifs.

**Pré-requis** : mécanique des fluides, transferts de chaleur et de masse, combustion.

#### Contenu :

- ❖ **Introduction générale**
- ❖ **Combustion d'une goutte isolée**
  - ✓ Thermodynamique de changement de phase
  - ✓ Transferts de chaleur et masse entre une goutte et son environnement
- ❖ **Combustion d'un spray**
  - ✓ Formation d'un spray
  - ✓ Dispersion des gouttelettes - ségrégation préférentielle
  - ✓ Structure des flammes diphasiques.
  - ✓ Flamme de prémélange et flamme de diffusion
  - ✓ Diagrammes de combustion de sprays
- ❖ **Modélisation de la combustion diphasique**
  - ✓ Description théorique des sprays
  - ✓ Modèles d'allumage et de combustion
  - ✓ Dérivation de l'équation de transport de la variance de la fraction de mélange

#### Bibliographie:

W. A. Sirignano, Fluids dynamics and transport of droplet and sprays, Cambridge University Press, 1999  
R. Borghi and M. Destriau, La combustion et les flammes, Technip, 1997.  
R. Borghi and M. Champion, Modélisation et théorie des flammes, Technip, 2000.  
K.K. Kuo, R. Acharya, Fundamentals of turbulent and multiphase combustion, Wiley, 2012.

### • Combustion turbulente (A. Mura)

**Compétences attendues** : L'objectif de ce cours est de fournir aux étudiants les bases nécessaires à l'analyse et à la compréhension de la combustion telle qu'elle s'opère dans la plupart des dispositifs d'intérêt pratiques c'est-à-dire en écoulement turbulent.

#### Contenu:

**Rappels élémentaires concernant les structures de flamme laminaire** : équations de conservation à faible nombre de Mach, simplification à nombre de Lewis unitaires, mise en évidence des différents couplages. Réacteurs agités (flammes épaissies) : effet cinétique, nombre de Damköhler. Flammes pré-mélangées : épaisseur de flamme et vitesse de propagation du front, effet de l'étirement et de la courbure, introduction de la variable de mélange, diagramme de phase et domaine permis, effets de l'étirement, illustration sur le cas d'une flamme stabilisée dans un écoulement divergent. Notions élémentaires de turbulence et fermeture pour le scalaire réactif.

**Caractérisation de la turbulence :** notion d'échelles spatiales et temporelles, éléments de dynamique spectrale, simulation directe et modélisation, modèles usuels : RANS ( $k-\epsilon$ ), simulation des grandes échelles. Taux de réaction moyen, tentative de fermeture, analyse de cas limite : chimie infiniment rapide ou infiniment lente, transport turbulent du scalaire réactif.

**Flammes turbulentes pré-mélangées :** effet de la turbulence, aspects phénoménologiques (expérience de Bradley), notion de vitesse de propagation turbulente et pertinence de cette quantité, régimes de combustion et structures de flamme, cas limites des flammes juste plissées (flammelettes) et des flammes épaissies, panorama des modélisations associées, principes de modélisation et caractéristiques communes, limitations des différentes approches.

**Flammes turbulentes non pré-mélangées :** régimes de combustion et structures de flamme, couplages flamme/turbulence, combustion à l'équilibre chimique, effets de cinétique chimique non infiniment rapide et extinctions, modélisations associées : algébriques, équations de transport, méthode de PDF, principes, panorama et limitations des différentes approches, le problème de la stabilisation illustrée sur le cas de la flamme liftée.

**Combustion partiellement pré-mélangée :** Le cas élémentaire de la flamme triple, combustion stratifiée, influence des hétérogénéités de richesse.



- **Two-phase flow combustion (Z. Bouali)**

**Expected competencies:** Be introduced to the main physical processes governing the combustion of spray and on the other hand, be provided with the necessary tools to model and analyse the reactive two-phase flows.

**Prerequisites:** Fluid mechanics, heat and mass transfer, combustion.

**Content:**

❖ **General Introduction**

❖ **Isolated droplet combustion**

- ✓ Thermodynamics of phase change
- ✓ Heat and mass transfer between a drop and its surrounding

❖ **Spray combustion**

- ✓ Spray formation
- ✓ Droplets dispersion – preferential segregation
- ✓ Two-phase flow flame structure
- ✓ Premixed flame and diffusion flame
- ✓ Spray combustion diagrams

❖ **Modeling of two-phase flow combustion**

- ✓ Theoretical description of sprays
- ✓ Ignition and combustion models
- ✓ Derivation of the transport equation for the variance of the mixture fraction

**Recommended reading:**

W. A. Sirignano, Fluids dynamics and transport of droplet and sprays, Cambridge University Press, 1999

R. Borghi and M. Destriau, La combustion et les flammes, Technip, 1997.

R. Borghi and M. Champion, Modélisation et théorie des flammes, Technip, 2000.

K.K. Kuo, R. Acharya, Fundamentals of turbulent and multiphase combustion, Wiley, 2012.

- **Turbulent combustion (A. Mura)**

**Expected competencies:** The objective of this course is to provide students with the necessary foundation analysis and understanding of combustion as occurs in most practical devices of interest that is to say in turbulent flow.

**Content:**

**Basic reminders for laminar flame structure:** conservation equations for low Mach number, simplification unit Lewis number, highlighting the different couplings. Stirred reactors (thickened flame): kinetic effect, Damköhler number. Premixed flames flame thickness and velocity of the front, the effect of stretching and bending, the introduction of variable mixing phase diagram and domain permit effects of stretching, illustration on the case a flame stabilized in a divergent flow. Basics of turbulence closure for the reactive scalar.

**Characterization of turbulence:** the notion of spatial and temporal scales, dynamic spectral elements, direct simulation and modeling, conventional models: RANS ( $k-\epsilon$ ), large eddy simulation. Average rate of reaction, attempted closure case analysis limit: infinitely fast or infinitely slow chemistry, turbulent transport of reactive scalar.

**Turbulent premixed flames:** effect of turbulence, phenomenological aspects (Bradley experience), notion of turbulent velocity and relevance of this quantity, combustion regime and flame structure, borderline cases of flamelets and thickened flames, panorama of associated modelings, modeling principles and common characteristics, limitations of these different approaches.

**Turbulent non-premixed flames:** combustion regimes and structures flame, flame/turbulence couplings, combustion with chemical equilibrium, chemical kinetics effects not infinitely fast and extinctions, associated modelings: algebraic equations,

transport, PDF method, panorama et limitations to the different approaches, the problem of stabilization illustrated with the example of a lifted flame.

**Partially premixed combustion:** The basic case of the triple flame, stratified combustion, influence of heterogeneities of the equivalence ratio.

**Nanotransferts - Méthodes inverses en thermique**  
**Nanotransfers - Inverse Methods in Heat Transfer**

**Code cours** *Course code:*

**Crédits ECTS** *ECTS Credits:* **6**

|                                                            |                                                    |                                          |         |
|------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|------------------------------------------|---------|
| <b>Département</b> <i>Department</i>                       | : Master Aéronautique et Espace Parcours TAT       | <b>Cours</b> <i>Lectures</i>             | : 30h00 |
| <b>Coordonnateurs</b> <i>Lecturers</i>                     | : E. Videcoq, Y. Ezzahri                           | <b>T.D.</b> <i>Tutorials</i>             | :       |
| <b>Période</b> <i>Year of study</i>                        | : 3 <sup>e</sup> année 3 <sup>rd</sup> year        | <b>T.P.</b> <i>Laboratory sessions</i>   | :       |
| <b>Semestre</b> <i>Semester</i>                            | : 5 <sup>e</sup> semestre 5 <sup>th</sup> semester | <b>Projet</b> <i>Project</i>             | :       |
| <b>Evaluation</b> <i>Assessment method(s)</i>              | : 1 examen 1 written exam                          | <b>Non encadré</b> <i>Homework</i>       | :       |
| <b>Langue d'instruction</b> <i>Language of instruction</i> | : Français <i>French</i>                           | <b>Horaire global</b> <i>Total hours</i> | : 30h00 |
| <b>Type de cours</b> <i>Type of course</i>                 | : Obligatoire <i>Compulsory</i>                    |                                          |         |
| <b>Niveau</b> <i>Level of course</i>                       | : Master                                           |                                          |         |

**Compétences attendues :**

**Pré-requis :**

**Contenu :**

- Partie 1 : Méthodes inverses en thermique (E. Videcoq)**

Après un rappel des hypothèses conduisant à l'établissement des lois régissant les transferts de chaleur à l'échelle macroscopique, ce cours s'attache à décrire les transferts thermiques lorsque les tailles typiques des systèmes sont plus petites que certaines échelles caractéristiques comme le libre parcours moyen des porteurs de chaleur ou la longueur d'onde du rayonnement. De nouvelles lois sur les transferts sont établies à partir des premiers principes comme la théorie cinétique des gaz ou les équations de Maxwell.

- Partie 2 : Nanotransferts (Y. Ezzahri)**

Généralités sur les problèmes inverses.  
 Les différents types de problèmes inverses en thermique.  
 Les méthodes de résolution.  
 Les techniques de régularisation.  
 Exemples de résolution de problèmes inverses par méthode séquentielle et globale.

**Bibliographie :**

**Expected competencies:**

**Prerequisites:**

**Content:**

- Part 1: Inverse Methods in Heat Transfer (E. Videcoq)**

After recalling the assumptions leading to the establishment of laws governing heat transfer on the macroscopic scale, this course aims to describe the heat transfer when the typical system sizes are smaller than some characteristic scales such as mean free path of the heat transfer or the wavelength of the radiation. New transfer laws are based on the first principles as the kinetic theory of gases or Maxwell's equations.

- Part 2: Nanotransfers (Y. Ezzahri)**

Overview of inverse problems.  
 The different types of reverse thermal problems.  
 Solving methods.  
 Regularization techniques.  
 Examples of solving inverse problems by sequential and global method.

**Recommended reading:**



| <b>Mécanique du contact - Comportement des matériaux sous choc</b><br><b>Contact Mechanics - Behaviour of materials under shock</b> |                                                    |                                   |         |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-----------------------------------|---------|
| Code cours Course code:                                                                                                             |                                                    | Crédits ECTS ECTS Credits: 6      |         |
| <b>Département</b> Department                                                                                                       | : Master Aéronautique et Espace Parcours TAT       | <b>Cours</b> Lectures             | : 30h00 |
| <b>Coordonnateurs</b> Lecturers                                                                                                     | : T. de Resseguier, M. Fillon                      | <b>T.D.</b> Tutorials             | :       |
| <b>Période</b> Year of study                                                                                                        | : 3 <sup>e</sup> année 3 <sup>rd</sup> year        | <b>T.P.</b> Laboratory sessions   | :       |
| <b>Semestre</b> Semester                                                                                                            | : 5 <sup>e</sup> semestre 5 <sup>th</sup> semester | <b>Projet</b> Project             | :       |
| <b>Evaluation</b> Assessment method(s)                                                                                              | : 1 examen 1 written exam                          | <b>Non encadré</b> Homework       | :       |
| <b>Langue d'instruction</b> Language of instruction                                                                                 | : Français French                                  | <b>Horaire global</b> Total hours | : 30h00 |
| <b>Type de cours</b> Type of course                                                                                                 | : Obligatoire Compulsory                           |                                   |         |
| <b>Niveau</b> Level of course                                                                                                       | : Master                                           |                                   |         |

#### Compétences attendues :

#### Pré-requis :

#### Contenu :

- Partie 1 : Comportement des matériaux sous choc (T. de Resseguier)**

Ce cours décrit les lois de la Mécanique et de la Thermodynamique qui régissent la propagation des ondes de choc dans les matériaux solides. Il permet de traiter des problèmes pratiques tels que la transmission et la réflexion d'un choc entre deux milieux, les instabilités liées à une transformation de phase, ou l'apparition locale de contraintes de traction et l'endommagement dynamique qui s'ensuit. Il fournit divers exemples d'applications scientifiques et techniques de ces problèmes dans des domaines de recherche variés, notamment pour les "Transports Aéronautiques et Terrestres".

- Partie 2 : Mécanique du contact (M. Fillon)**

La mécanique du contact constitue une partie essentielle de la "TRIBOLOGIE". Cette dernière comprend, d'une façon générale, l'ensemble des aspects usure, frottement et lubrification. Les problèmes tribologiques se rencontrent dans de nombreux contacts pour lesquels les éléments sont en mouvement relatif. Dans ce cours, nous nous proposons de sensibiliser les personnes sur les problèmes généraux et de développer les deux points importants que constituent la lubrification hydrodynamique et la lubrification hydrostatique.

#### Bibliographie :



#### Expected competencies:

#### Prerequisites:

#### Content:

- Part 1: Behaviour of materials under shock (T. de Resseguier)**

This course describes the laws of mechanics and thermodynamics that govern the propagation of shock waves in solid materials. It allows to deal with practical problems such as transmission and reflection of a shock between two communities, instabilities related to a phase transformation, or local tensile constraints and the occurred dynamic damage. It provides various examples of scientific and technical problems in these areas from varied research applications, including the "Air and Ground Transportation."

- Part 2: Contact Mechanics (M. Fillon)**

Contact mechanics is an essential part of the "TRIBOLOGY". The latter includes, in general, all aspects of wear, friction and lubrication. Tribological problems are found in many contacts for which the elements are in relative motion. In this course, we intend to educate people about general issues and develop two important points that are the hydrodynamic lubrication and hydrostatic lubrication.

#### Recommended reading:



**Stage ingénieur**  
**Junior Engineer Training**

**Code cours** *Course code:* **STI6**

**Crédits ECTS** *ECTS Credits:* **13**

|                                               |                                                              |                                          |   |
|-----------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|------------------------------------------|---|
| <b>Coordonnateurs</b> <i>Lecturers</i>        | : None                                                       | <b>Cours</b> <i>Lectures</i>             | : |
| <b>Période</b> <i>Year of study</i>           | : 3 <sup>e</sup> année 3 <sup>rd</sup> year                  | <b>T.D.</b> <i>Tutorials</i>             | : |
| <b>Semestre</b> <i>Semester</i>               | : 6 <sup>e</sup> semestre 6 <sup>th</sup> semester           | <b>T.P.</b> <i>Laboratory sessions</i>   | : |
| <b>Evaluation</b> <i>Assessment method(s)</i> | : 1 rapport et 1 soutenance 1 report and 1 oral presentation | <b>Projet</b> <i>Project</i>             | : |
| <b>Type de cours</b> <i>Type of course</i>    | : Obligatoire Compulsory                                     | <b>Non encadré</b> <i>Homework</i>       | : |
| <b>Niveau</b> <i>Level of course</i>          | : Undergraduate                                              | <b>Horaire global</b> <i>Total hours</i> | : |

**Compétences attendues :** Occuper le poste d'ingénieur en entreprise. Préciser son projet professionnel grâce à cette découverte du métier d'ingénieur en entreprise et orienter ses choix de formation en troisième année.

**Pré-requis :** Aucun

**Contenu :** Ce stage, effectué en entreprise ou dans un organisme, en France ou à l'étranger, encadré par un ingénieur "Maître de Stage", permet à l'élève de découvrir le métier d'ingénieur et lui offre l'occasion d'une première initiation.

Ce stage est effectué à l'issue de la 2<sup>ème</sup> année. Les étudiants possèdent alors la formation généraliste de base dans les spécialités de l'Ecole (aérodynamique/ mécanique des fluides ; thermique ; combustion/énergétique ; structures ; matériaux ; informatique industrielle) qui leur permet de remplir, au cours du stage, les fonctions d'ingénieur débutant dans une entreprise.

Il peut également être effectué dans un laboratoire, sur un sujet de recherche appliquée.

Le stage donne lieu à un rapport qui sera noté et une soutenance.

Durée du stage : 3 à 4 mois, de juin à septembre

**Bibliographie :** Aucune

**Expected competencies:** Work as junior engineers. Clarify what field of engineering is the most attractive and therefore, choose the third-year specialisation.

**Prerequisites:** None

**Content:** This internship is carried out within a company or a research organisation, in France or abroad, and is supervised by an engineer. Through this placement, they discover first-hand what the work of an engineer entails.

This internship is carried out at the end of the 2<sup>nd</sup> year of studies. Students should apply their basic scientific and engineering knowledge gained in the topics studied at ENSMA (aerodynamics/ fluid mechanics; heat transfer; combustion/ energetics; structures; materials; computer science applied to engineering) to an engineering problem in industry, as a junior engineer. Students can also work in a laboratory or a research topic.

Duration of the intership: 3 to 4 months, from June to September

**Recommended reading:** none



| Projet de fin d'études<br>Graduation Project |                                                              |                               |   |
|----------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|-------------------------------|---|
| Code cours Course code: PFE6                 |                                                              | Crédits ECTS ECTS Credits: 17 |   |
| Coordonnateurs Lecturers                     | : None                                                       | Cours Lectures                | : |
| Période Year of study                        | : 3 <sup>e</sup> année 3 <sup>rd</sup> year                  | T.D. Tutorials                | : |
| Semestre Semester                            | : 6 <sup>e</sup> semestre 6 <sup>th</sup> semester           | T.P. Laboratory sessions      | : |
| Evaluation Assessment method(s)              | : 1 rapport et 1 soutenance 1 report and 1 oral presentation | Projet Project                | : |
| Type de cours Type of course                 | : Obligatoire Compulsory                                     | Non encadré Homework          | : |
| Niveau Level of course                       | : Graduate                                                   | Horaire global Total hours    | : |

**Compétences attendues :** Participer activement à la réalisation d'un projet technique industriel (conception, modélisation, suivi et analyse d'essais...).

**Pré-requis :** Aucun

#### Contenu :

Inscrit à la fin du cursus scolaire de l'élève ingénieur, ce dernier stage peut s'effectuer en entreprise ou dans un organisme de recherche, en France ou à l'étranger.

Chargé d'une étude pour ingénieur débutant, l'étudiant complète sa formation suivant l'orientation de son projet professionnel. Placé en fin de cursus, ce dernier stage est un véritable tremplin pour l'insertion professionnelle des jeunes diplômés.

Le stage de PFE peut aussi valoir en tant que Master Recherche, après validation préalable du sujet par un correspondant ENSMA co-encadrant. De tels stages combinés PFE+Master Recherche peuvent être l'occasion d'associer les compétences en recherche de l'ENSMA aux besoins des entreprises.

Durée du stage : 3 à 6 mois, d'avril à septembre

**Bibliographie :** Aucune



**Expected competencies:** See the project through, from the design stage to test analysis.

**Prerequisites:** None

#### Content:

Placed at the end of the academic training, this last internship can be carried out within a company or a research institution, in France or abroad. Students are given charge of a study which a junior engineer should be able to conduct. This last internship is a real springboard for the integration of young graduates onto the labour market.

Should an ENSMA co-supervisor agree to it, the graduation project can also count as a Research Master Project. Such internships (graduation cum Research Master Project) can be the opportunity for companies to make the most of ENSMA's research skills.

Duration of the internship: 3 to 6 months, from April to September

**Recommended reading:** None

# STAGES

## *Internships*

---

### **Stages pour les étudiants internationaux en programme d'échange uniquement** ***Internships for International Exchange Students only***

Les étudiants internationaux en programme d'échange peuvent accéder à un stage court ou long dans la limite de 70 crédits ECTS validés dans l'année académique (cours + stage).

*International exchange students can have access to short-term & long-term internships within the limit of 70 ECTS credits validated during the academic year (course + internship).*

| Module | Intitulé des cours          | Courses title                         | Heures<br>Hours | Crédits ECTS<br>ECTS Credits | Page                |
|--------|-----------------------------|---------------------------------------|-----------------|------------------------------|---------------------|
| STC    | <a href="#">Stage court</a> | <a href="#">Short-term Internship</a> | -               | 17                           | <a href="#">227</a> |
| STL    | <a href="#">Stage long</a>  | <a href="#">Long-term Internship</a>  | -               | 30                           | <a href="#">228</a> |



| <b>Stage court</b><br><b>Short-term Internship</b> |                                                                     |
|----------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| <b>Code cours</b> <i>Course code:</i> <b>STC</b>   | <b>Crédits ECTS</b> <i>ECTS Credits:</i> <b>17</b>                  |
| <b>Durée :</b>                                     | : de 3 à 4 mois                                                     |
| <i>Duration:</i>                                   | : from 3 to 4 months                                                |
| <b>Evaluation</b> <i>Assessment method(s)</i>      | : 1 rapport et 1 soutenance <i>1 report and 1 oral presentation</i> |

#### Compétences attendues :

**Pré-requis :** Aucun

**Contenu :** Les étudiants possédant la formation généraliste de base dans les spécialités de l'Ecole (aérodynamique/ mécanique des fluides ; thermique ; combustion/énergétique ; structures ; matériaux ; informatique industrielle) peuvent exercer, au cours du stage, les fonctions d'ingénieur débutant.

#### Dans le cadre d'une période d'études comprenant un stage :

Ce stage sera effectué en entreprise ou dans un organisme, en France ou à l'étranger, encadré par un ingénieur dit "Maître de Stage".

Il peut également être effectué dans un laboratoire, sur un sujet de recherche appliquée.

Le stage donne lieu à un rapport qui sera noté et une soutenance.

#### Dans le cadre d'un stage en laboratoire à l'ISAE-ENSMA uniquement :

Ce stage sera effectué dans l'un des 2 laboratoires de l'ISAE-ENSMA :

- Institut P'Prime

-Département FTC (Fluides Thermique et Combustion)

-Département PMM (Physique et Mécanique des Matériaux)

- LIAS (Laboratoire d'Informatique et d'Automatique pour les Systèmes)

Le stagiaire travaillera sur un projet de recherche du laboratoire.

Le stage peut donner lieu à un rapport sur demande expresse du Maître de stage.

Le stage donnera lieu à une évaluation et notation du Maître de stage.

**Bibliographie :** Aucune



#### Expected competencies:

**Prerequisites:** None

**Content:** Students who have basic scientific and engineering knowledge in the topics studied at ISAE-ENSMA (aerodynamics/ fluid mechanics; heat transfer; combustion/ energetics; structures; materials; computer science applied to engineering) can do the same tasks as a junior engineer during their internship.

#### In the frame of a study period including an internship:

This internship is carried out within a company or a research organisation, in France or abroad, and is supervised by an engineer called "Internship supervisor".

Students can also work in a laboratory or a research topic.

Upon completion of the internship, a report will be written and provided by the trainee. This report will be evaluated and the trainee will have to present his work to a board of ISAE-ENSMA professors.

#### In the frame of an internship in an ISAE-ENSMA laboratory only:

This internship is carried out in one of the 2 ISAE-ENSMA laboratories:

- P'Prime Institute:

-FTC Department (Fluids Thermal and Combustion Sciences)

-PMM Department (Physics and Mechanics of Materials)

- LIAS Laboratory (Laboratory of Computer Science and Automatic Control for Systems).

Students will work on a research project in one of the laboratories and they may be asked to write a report by the supervisor. The supervisor will assess the trainee's work and will give him/her a grade.

**Recommended reading:** None

| <b>Stage long</b><br><i>Long-term Internship</i> |                                                                     |
|--------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| <b>Code cours</b> <i>Course code: STL</i>        | <b>Crédits ECTS</b> <i>ECTS Credits: 30</i>                         |
| <b>Durée :</b>                                   | : de 5 à 6 mois                                                     |
| <i>Duration:</i>                                 | : from 5 to 6 months                                                |
| <b>Evaluation</b> <i>Assessment method(s)</i>    | : 1 rapport et 1 soutenance <i>1 report and 1 oral presentation</i> |

#### **Compétences attendues :**

**Pré-requis :** Aucun

**Contenu :** Les étudiants possédant la formation généraliste de base dans les spécialités de l'Ecole (aérodynamique/ mécanique des fluides ; thermique ; combustion/énergétique ; structures ; matériaux ; informatique industrielle) peuvent exercer, au cours du stage, les fonctions d'ingénieur débutant.

#### *Dans le cadre d'une période d'études comprenant un stage :*

Ce stage sera effectué en entreprise ou dans un organisme, en France ou à l'étranger, encadré par un ingénieur dit "Maître de Stage".

Il peut également être effectué dans un laboratoire, sur un sujet de recherche appliquée.

Le stage donne lieu à un rapport qui sera noté et une soutenance.

#### *Dans le cadre d'un stage en laboratoire à l'ISAE-ENSMA uniquement :*

Ce stage sera effectué dans l'un des 2 laboratoires de l'ISAE-ENSMA :

- Institut P'Prime
- Département FTC (Fluides Thermique et Combustion)
- Département PMM (Physique et Mécanique des Matériaux)
- LIAS (Laboratoire d'Informatique et d'Automatique pour les Systèmes)

Le stagiaire travaillera sur un projet de recherche du laboratoire.

Le stage peut donner lieu à un rapport sur demande expresse du Maître de stage.

Le stage donnera lieu à une évaluation et notation du Maître de stage.

**Bibliographie :** Aucune



#### **Expected competencies:**

**Prerequisites:** None

**Content:** Students that have gained basic scientific and engineering knowledge in the topics studied at ISAE-ENSMA (aerodynamics/ fluid mechanics; heat transfer; combustion/ energetics; structure; materials; computer science applied to engineering) can, during their internship, be assigned the tasks and duties of a junior engineer.

#### *In the frame of a study period including an internship:*

This internship is carried out within a company or a research organization, in France or abroad, and is supervised by a mentor engineer called "Internship supervisor".

Students can also work in a laboratory on an applied research topic.

Upon completion of the internship, a report will be written and provided by the trainee. This report will be evaluated and the trainee will have to present his work to a jury of ISAE-ENSMA professors.

#### *In the frame of an internship in an ISAE-ENSMA laboratory only:*

This internship is carried out in one of the 2 ISAE-ENSMA laboratories:

- The P'Prime Institute:
  - FTC Department (Fluids, Thermal and Combustion Sciences)
  - PMM Department (Physics and Mechanics of Materials)
- The LIAS Laboratory (Laboratory of Computer Science and Automation for Systems).

Students will work on a research project in one of the laboratories and they may be asked to write a report by the supervisor. The supervisor will assess the trainee's work and will grade him/her.

**Recommended reading:** None

