

# 2ème année formation SUPAERO

## Année scolaire 2012-2013

2ème année formation SUPAERO .....	2
Présentation .....	2
Conditions de validation .....	2
Harmonisation et découverte de l'entreprise .....	3
Harmonisation .....	3
Découverte de l'entreprise .....	4
Tronc commun scientifique .....	5
Tronc commun non scientifique .....	9
Projet 2A .....	11
Modules électifs économie - gestion .....	12
Modules électifs .....	14
Unité de formation aérodynamique .....	14
Unité de formation Automatique .....	17
Unité de formation Dynamique du vol .....	19
Unité de formation électroniques et télécoms .....	20
Unité de formation génie industriel .....	21
Unité de formation informatique .....	23
Unité de formation ingénierie des systèmes spatiaux .....	24
Unité de formation mathématiques appliquées .....	26
Unité de formation énergétique et propulsion .....	28
Unité de formation physique .....	30
Unité de formation structures et matériaux .....	32

# 2ème année formation SUPAERO

Responsable de programmes : Christophe BOUVET – Joseph Morlier

Inspecteur d'étude : Martine MARLOT

## Présentation

---

Précédée d'une phase d'harmonisation de trois semaines (fin août/début septembre) pour les étudiants admis sur titres et les étudiants étrangers provenant d'établissements partenaires, la deuxième année débute par un tronc commun, d'une durée de six mois, couvrant l'ensemble des sciences de l'ingénieur pertinentes au secteur aéronautique et spatial :

- électronique,
- informatique (conception et programmation orientées objet),
- automatique, systèmes et traitement du signal (représentation des systèmes et asservissements linéaires continus, filtrage, approche systèmes),
- mécanique et thermodynamique (aérodynamique, propulsion aéronautique et spatiale, mécanique des structures, mécanique spatiale, qualités de vol de l'avion),
- calculs scientifiques.

L'ensemble de ces modules constitue le « tronc commun scientifique ». La partie non-scientifique du tronc commun se compose des modules de communication et de marketing, des cours obligatoires d'anglais et d'une autre langue vivante, des séminaires de culture générale et du sport obligatoire. La seconde partie de l'année est organisée autour d'un projet 2A et d'enseignements électifs proposés par les unités de formation SUPAERO.

Le Projet 2A est soit un projet de recherche, qui nominaleme nt s'effectue seul ou bien à deux, soit un projet en équipe intégrée sur un sujet plus technique ou technologique, avec un groupe constitué de 4 étudiants. On distingue donc clairement deux orientations possibles. Une orientation recherche qui devra donner lieu à une étude bibliographique conséquente. Une orientation projet en équipe où devra être mis en avant la gestion du projet d'un point de vue temporel et du point de vue humain.

## Conditions de validation

---

Les critères de suffisance portent sur les notes attribuées après rattrapage. Ils restent valables après examen de rappel éventuel.

Les critères de suffisance conduisant à la validation de la 2ème année d'études sont les suivants :

- aucune note R (refus de noter) ;
- aucune note de module inférieure à la « barre minimale » de 7/20 (ce critère démontre l'absence de lacune rédhibitoire dans l'une des matières du cursus), barre servant également de seuil pour les crédits ECTS ;
- moyenne générale de l'année supérieure ou égale à 12/20 (ce critère démontre le niveau global de l'étudiant, en tenant compte en particulier de ses points forts) ;
- moyenne supérieure ou égale à 12/20 sur l'ensemble des matières scientifiques du tronc commun (ce critère démontre le niveau scientifique global de l'étudiant) ;
- moyenne supérieure ou égale à 12/20 sur l'ensemble des matières non- scientifiques du tronc commun (ce critère démontre le niveau de l'étudiant dans les autres disciplines) ;
- moyenne supérieure ou égale à 12/20 sur l'ensemble des modules électifs.

# Harmonisation et découverte de l'entreprise

## Harmonisation

---

Destinée aux élèves admis sur titres en 2ème année (titulaire d'un master 1, ingénieurs diplômés d'une autre école, titulaires de diplômes équivalents) et aux officiers envoyés par leur armée ou leur gouvernement, cette période de 3 semaines permet de dresser un bilan des lacunes de chacun relativement au programme de 1ère année, de commencer à les combler et, par ailleurs, de permettre une adaptation rapide aux méthodes et rythmes de travail propres à l'École. Elle comprend des cours d'aérodynamique, d'électronique, de mécanique du vol, de mathématiques, de mécanique des structures ainsi qu'une introduction aux moyens informatiques et un vol découverte.

### Aérodynamique

AE221

Responsable du module : Allan BONNET

Volume horaire: 17.5 h

### Mécanique du vol

DV221

Responsable du module : Jean-Luc BOIFFIER

Volume horaire: 10 h

### Vol moteur

DV222

Responsable du module : Daniel VACHER

Volume horaire: 2.5 h

Correspondant ISAE : Jean-Luc BOIFFIER

### Electronique

ET221

Responsable du module : Vincent GOIFFON

Volume horaire: 12.5 h

### Informatique

IN221

Responsable du module : Pierre SIRON

Volume horaire: 5 h

### Optimisation

MA221

Responsable du module : Emmanuel ZENOU

Volume horaire: 5 h

### Analyse harmonique

MA222

Responsable du module : Denis MATIGNON

Volume horaire: 7.5 h

### Mécanique des structures

SM221

Responsable du module : Yves GOURINAT

Volume horaire: 5 h

## Découverte de l'entreprise

---

Découverte de l'entreprise

EG221

Responsable du module : Dominique SERIO

Volume horaire: 3 semaines

Ects: 3

### Descriptif

Le stage sensibilise l'élève à la vie au travail d'une catégorie de personnel de l'entreprise. Il est l'occasion, avant l'entrée dans la vie active, de saisir avec recul la différence de point de vue que peuvent avoir des catégories de personnel sur le fonctionnement de leur entreprise. Cette connaissance vécue de la variation des points de vue (au sein de l'entreprise) est un des fondements de l'art du management.

Pour atteindre cet objectif, l'élève doit être incorporé dans une équipe dont il partage le travail, les relations humaines et hiérarchiques. Ce stage d'au moins trois semaines a lieu au cours de l'été.

Avant leur départ en stage, l'Ecole dispense des éléments de méthode aux élèves de façon à ce qu'ils puissent saisir le plus objectivement possible le fonctionnement humain dans l'entreprise. Ils apprendront tout d'abord à s'immerger dans leur milieu professionnel pour le comprendre « de l'intérieur », puis à prendre de la distance par rapport à cette fusion compréhensive en replaçant les discours et comportements recueillis dans le « jeu » des positions à l'œuvre dans l'entreprise.

# Tronc commun scientifique

## Aérodynamique : fluide parfait

**AE201 – Semestre 3**

**Responsable du module :** Allan BONNET

**Volume horaire:** 23.75 h

**Ects:** 1.5

### **Descriptif**

En partant des équations d'Euler, le cours montre l'enchaînement des hypothèses conduisant à l'approche potentielle linéarisée. C'est dans ce cadre simplifié que sont obtenus la majorité des résultats analytiques, indispensables à la fois pour aider à la compréhension des phénomènes physiques et pour le calcul de l'aérodynamique d'un obstacle au stade avant-projet.

## Effets visqueux et turbulence

**AE202 – Semestre 3**

**Responsable du module :** Emmanuel BENARD

**Volume horaire:** 20 h

**Ects:** 1.5

### **Descriptif**

Cet enseignement complète celui sur la modélisation des écoulements en fluide parfait en fournissant la contribution visqueuse et en donnant une vision générale des effets de la viscosité et de la turbulence en aérodynamique. En visant typiquement les applications à l'écoulement autour d'un profil d'aile, le cours a deux objectifs :

- Présenter une analyse physique des effets de la viscosité, de la turbulence et des échanges de chaleur convectifs,
- Donner un aperçu sur les méthodes de calcul de la couche limite et autres écoulements cisailés.

## Représentation, analyse et commande des systèmes linéaires continus

**AU201 – Semestre 3**

**Responsable du module :** Caroline BERARD

**Volume horaire:** 43.75 h

**Ects:** 2.5

### **Descriptif**

Le programme proposé dans ce tronc commun constituera les seules connaissances d'Automatique, aspect modélisation, analyse et commande, pour une grande majorité des élèves. Il s'agit là de la base minimale, que tout ingénieur doit posséder.

Le cours aborde les aspects modélisation, analyse et commande des systèmes continus et mono entrée. Les concepts introduits sont illustrés et mis en œuvre sur une étude de cas, qui se veut réaliste et qui permet de mieux assimiler la discipline. Cette étude de cas se déroule sur la totalité du module et vient éclairer les notions théoriques introduites.

Les techniques de synthèse de lois de commande abordées sont basées sur les modèles fréquentiels au travers de lois de type PID et sur les modèles d'état au travers de loi de commande modale par retour d'état et retour de sortie.

## Signal, image et filtrage

**AU202 – Semestre 3**

**Responsable du module :** C. CUMER, P. MOUYON

**Volume horaire:** 33.75 h

**Correspondant ISAE :** Caroline BERARD

**Ects:** 2.5

### **Descriptif**

Ce cours présente les techniques et les outils de base utilisés en traitement du signal. La première partie est consacrée à la représentation des signaux et systèmes discrets avec une première application au filtrage analogique et au filtrage numérique. La deuxième application est tournée vers l'imagerie avec entre autre la mise en place d'un bureau d'étude. La dernière partie, porte sur les processus aléatoires et l'application au filtrage optimal dans le cadre de modèles dynamiques linéaires et d'un critère d'erreur quadratique. Un bureau d'étude commun avec le cours d'automatique vient illustrer cette partie du cours.

## Qualités de vol de l'avion

DV201 – Semestre 3

Responsable du module : Jean-Luc BOIFFIER

Volume horaire: 26.5 h

Ects: 2

### Descriptif

Les qualités de vol d'un avion traduisent sa pilotabilité, essentiellement associée à la notion de stabilité. En somme en première année, avec les équilibres, nous nous assurons que l'avion était performant, en deuxième année, nous allons vérifier si le pilote peut maîtriser cet avion performant.

Les qualités de vol seront traitées en cours par une approche analytique. Cette méthode permet de déterminer explicitement les paramètres influents et ainsi d'accéder à une compréhension physique des phénomènes. Avec la dynamique du vol vous aurez l'occasion d'appréhender, par un exemple applicatif, une méthode générale d'analyse de la dynamique des systèmes.

L'approche analytique est complétée par une approche numérique plus précise, pendant les Bureaux d'Etudes. Ce sera l'occasion d'effectuer des simulations temporelles du mouvement de l'avion soumis à diverses perturbations. L'exploitation de ces résultats pour l'analyse des qualités de vol vous permettra également de valider l'approche analytique. Si en première année vous avez traité les équilibres de l'avion, en seconde année le but visé est de vous donner la capacité d'analyser et de régler les qualités de vol d'un avion.

## Technique de conception pour un avant-projet

DV202 – Semestre 4

Responsable du module : Christian COLONGO, Stéphanie LIZY-DESTREZ

Volume horaire: 20 h

Ects: 1.5

### Descriptif

L'objet du module est de faire découvrir dans le cadre d'un avant-projet d'avion ou de lanceur satellite les interactions entre les différentes disciplines qui interviennent dans le processus de conception.

6 avant projets sont proposés au choix de l'élève :

Avion de transport biréacteur, avion d'affaire, avion léger, drone, avion de combat, lanceur satellite.

Chacun d'eux est encadré par des équipes d'industriels du domaine.

## Electronique

ET201 – Semestre 3

Responsable du module : Pierre MAGNAN

Volume horaire: 17.5 h

Ects: 1.5

### Descriptif

Fonctions Electroniques

Cette partie du module d'électronique présente les principales fonctions électroniques que l'on rencontre dans les systèmes de transmission de l'information, notamment les techniques de modulation analogiques et numériques.

## Conception et programmation orientées objet

IN201 – Semestre 3

Responsable du module : Christophe GARION

Volume horaire: 41.25 h

Ects: 2.5

### Descriptif

Les objectifs de ce module sont de permettre aux étudiants de comprendre le paradigme objet en informatique, que ce soit au niveau de l'analyse, de la conception d'une application ou de la programmation.

Ce cours présente aux élèves les différentes étapes de conception de logiciels complexes. Il permet de maîtriser les différentes étapes du cycle de vie du logiciel, depuis l'élaboration du cahier des charges jusqu'à son exploitation.

Cet enseignement complète l'enseignement d'informatique de première année en introduisant les notions orientées objet et en montrant les avantages d'une telle approche. Il présente aux élèves un cadre

méthodologique pour la conception de logiciels complexes en s'appuyant sur la notation orientée objet UML (Unified Modeling Language). De plus, il permet d'élargir les connaissances des élèves en utilisant un langage support orienté objet, Java. Les bonnes pratiques du test unitaire seront présentées aux étudiants et systématiquement utilisées. Une première approche des méthodes formelles pour l'informatique sera vue via la programmation par contrat et un langage support, JML. Quelques design patterns seront également abordés en cours et en TP.

### Conception fonctionnelle

IS201 – Semestre 3

**Responsable du module :** Jean-Charles CHAUDEMAR, Stéphanie LIZY-DESTREZ **Volume horaire:** 19.5 h

**Ects:** 1.5

#### Descriptif

Le but de cet enseignement est de sensibiliser les étudiants à l'approche système, tout en leur présentant les bases de la conception fonctionnelle à partir de l'étude des exigences fonctionnelles et les bases de la conception organique.

Ces techniques seront appliquées à partir d'études de cas (en PC) et mises en pratique lors d'un TP.

### Conception pour un avant-projet spatial

IS202 – Semestre 4

**Responsable du module :** Stéphanie LIZY-DESTREZ

**Volume horaire:** 20 h

**Ects:** 1.5

#### Descriptif

L'objectif de ce bureau d'études est de mettre en application les concepts d'ingénierie système acquis lors du module IS201, sur l'étude d'un cas concret et d'expérimenter les contraintes d'une équipe projet intégrée. Ce projet permettra de démontrer les interactions entre les différents domaines enseignés en tronc commun (automatique, structure, physique, électronique, aérodynamique, informatique...).

### Mécanique spatiale

IS203 – Semestre 3

**Responsable du module :** Bénédicte ESCUDIER

**Volume horaire:** 22.5 h

**Ects:** 1.5

#### Descriptif

Le but de cette unité de mécanique spatiale est de présenter aux élèves les bases et les caractéristiques des trajectoires des véhicules spatiaux pour leur permettre de comprendre les besoins et contraintes des systèmes spatiaux. Les trajectoires orbitales associées aux principales missions spatiales (communications, observation de la terre, science...), leur évolution, leur connaissance et les manœuvres nécessaires à leur contrôle seront particulièrement étudiées et illustrées par des exemples concrets.

### Analyse numérique et équations aux dérivées partielles

MA201 – Semestre 3

**Responsable du module :** Denis MATIGNON, F. ROGIER

**Volume horaire:** 37.5 h

**Ects:** 2.5

#### Descriptif

Le but de ce cours est, d'une part, l'étude de certaines équations aux dérivées partielles que l'on rencontre fréquemment dans les applications (notamment en lien avec la mécanique des structures, l'aérodynamique, ou l'électromagnétisme...) et d'autre part l'initiation à quelques méthodes courantes de résolution numérique de ces équations.

Le métier d'ingénieur nécessite des évaluations quantitatives précises que ce soit pour la tenue mécanique de tel objet, le bruit rayonné, les émissions polluantes, les performances électromagnétiques des antennes, les trajectoires des satellites, l'ingénierie financière etc. Cette évaluation passe presque toujours par un calcul numérique à réaliser par ordinateur. Ce cours a pour objectif de donner un premier aperçu de trois des principales méthodes actuellement mises en œuvre. L'accent est mis sur l'aspect EDP : conditions aux

limites, schéma numérique, précision, stabilité, consistance. Les trois méthodes détaillées ensuite sont : les différences finies, les volumes finis et les éléments finis. Le cours se poursuit par un exposé sur la question du stockage et de l'inversion des « très grandes » matrices. Enfin, un exposé sur l'architecture des calculateurs modernes (précision, parallélisme) donne le point de vue des moyens informatiques.

### **Propulsion aéronautique et spatiale**

**PE201 – Semestre 3**

**Responsable du module :** Jérémie GRESSIER

**Volume horaire:** 20 h

**Ects:** 1.5

#### **Descriptif**

Ce module est destiné à donner aux étudiants les bases de la propulsion aéronautique et spatiale. Après une présentation des différents systèmes actuels et futurs le détail du fonctionnement des turbomachines et des moteurs fusée est présenté (cycle fonctionnement en vol, dimensionnement et utilisation).

### **Mécanique des structures**

**SM201 – Semestre 3**

**Responsable du module :** Yves GOURINAT

**Volume horaire:** 40 h

**Ects:** 2.5

#### **Descriptif**

L'objectif de cet enseignement est de connaître et maîtriser les techniques de dimensionnement et de calcul des structures légères de type aérospatial. Pour répondre aux besoins liés à la qualification des systèmes complexes contemporains, on insiste dans cet objectif sur l'assimilation des hypothèses et fondements mécaniques - indispensable pour la mise en œuvre robuste des outils numériques - et sur les analyses fondamentales de cas typiques. Le module couvre le domaine fondamental de la statique linéaire des structures minces, avec des extensions vers l'analyse thermique et dynamique.

Plus précisément, ce module complète le module SM104 (statique des poutres). Il traite donc les calculs statiques de plaques et coques développables et non-développables, avec une introduction à la thermoélasticité linéaire des éléments minces, aux matériaux orthotropes et aux modèles éléments finis. L'approche modale en dynamique linéaire complète les calculs statiques.

### **Projet 2A - partie I : bibliographie**

**XX202 – Semestre 4**

**Responsable du module :** Emmanuel ZENOU

**Volume horaire:** 40 h

**Ects:** 2

#### **Descriptif**

Ce module est la première partie du projet 2A, et est fortement orienté vers la recherche bibliographique sur un sujet donné.



# Tronc commun non scientifique

## Culture

AC201 – Semestre 3/4

Responsable du module : Yves CHARNET

Volume horaire: 32.5 h

Ects: 2

### Descriptif

Une brochure présentant dans le détail l'ensemble des enseignements et activités en culture générale est remise à chaque élève aux amphis de présentation.

L'étudiant choisit deux séminaires parmi la liste proposée en début d'année.

## Principes de la stratégie d'entreprise

EG201 – Semestre 3

Responsable du module : Pierre JEANBLANC

Volume horaire: 17.5 h

Ects: 1

### Descriptif

Création de richesse, concurrence, mondialisation, délocalisation, restructuration, productivité, innovation, hyper compétition, ... constituent les mots clés de notre système économique.

L'objectif de ce cours est de présenter les fondements économiques de la démarche stratégique afin de permettre une meilleure compréhension des logiques économiques, technologiques et sociales des entreprises. A partir de logiques économiques qui déterminent largement le comportement des firmes, ce cours présentera les différents paradigmes autour desquels se construiront les choix stratégiques des firmes.

Le cours s'attachera à expliquer que la mission de création de richesse actionnariale de la firme conduira la firme à prendre le contrôle du marché, que la construction de cette position concurrentielle s'appuiera sur l'élaboration d'un modèle économique valorisant un avantage concurrentiel.

Ce cours analysera ensuite la logique que doit respecter la firme pour développer sa stratégie de la valeur. Ceci permettra de comprendre le principe de l'analyse de l'industrie et du diagnostic par activité. La présentation de la logique du processus de croissance de la firme permettra d'aborder le principe de l'analyse de portefeuille.

## LV1 Anglais

LV210 – Semestre 3/4

Responsable du module : Jean-Claude JACQUES, Anne O'MAHONEY, Claude ALLARD

Volume horaire: 57.5 h

Ects: 4

### Descriptif

Ce cours vise à améliorer les compétences (la compréhension et l'expression orales sont privilégiées) et met l'accent sur les domaines spécifiques de la carrière d'ingénieur : communication, anglais technique et scientifique, mais aussi cultures du monde anglophone.

Pratique de la conduite de réunions et des présentations. Rédaction de CV et lettres de motivation.

Les élèves ont également la possibilité de préparer des examens internationaux : Cambridge, TOEFL, DBE, GRE et radiotéléphonie du pilotage, et de faire des projets scientifiques en anglais.

## Langue vivante 1

LV211-219 – Semestre 3/4

Responsable du module : Jean-Claude JACQUES, Ausias GAMISANS

Volume horaire: 50 h

Ects: 4

### Descriptif

LV1 autre que l'anglais.

## Langue vivante 2

LV220-229 – Semestre 3/4

Responsable du module : Jean-Claude JACQUES, Ausias GAMISANS

Volume horaire: 46,25 h

Ects: 3

### Descriptif

Ce cours de Langue Vivante 2 obligatoire est destiné à compléter la palette linguistique d'un ingénieur qui sera amené à travailler au niveau international.

Le cours permet aux élèves de renforcer les connaissances théoriques acquises dans le secondaire et en classes préparatoires ou bien de commencer l'apprentissage d'une nouvelle langue. Il vise à pratiquer le plus souvent possible de manière intensive et interactive la langue orale (compréhension et expression).

La correction de l'expression écrite est aussi visée et des travaux personnels en dehors des cours sont demandés. Des aspects essentiels de la civilisation, des arts et de la littérature sont abordés.

Les étudiants ont le choix parmi toutes les langues dispensées à SUPAERO : allemand, arabe, chinois, espagnol, français langue étrangère, italien, japonais, portugais, russe.

## Sport

SP201 – Semestre 3/4

Responsable du module : Stéphane FROUMENTY

Volume horaire: 40.5 h

Ects: 2

### Descriptif

A travers la pratique d'activités physiques et sportives, le module EPS propose aux élèves d'élargir leurs compétences en se confrontant à diverses situations, en vivant des expériences nouvelles, en prenant en main leur pratique. Ce qui est recherché à travers la mise en jeu du corps, c'est un changement, une adaptation du rapport qu'ils entretiennent avec le monde physique, les autres et eux-mêmes. Il s'agit donc, par la nature et la diversité des situations proposées, des émotions qu'elles engendrent et des ressources qu'elles sollicitent, de provoquer l'engagement physique et le plaisir d'agir. C'est à partir de cet investissement que les changements affectifs, cognitifs et moteurs sont espérés. C'est aussi l'occasion de partager, de se confronter et d'organiser activement sa pratique.

Les élèves choisissent 2 activités organisées en 2 semestre de 12 ou 13 séances consécutives de 1h30. Un large éventail d'activités est proposé afin de solliciter toutes les types de ressources et d'atteindre les objectifs définis. Activités qui privilégient les rapports de collaboration et/ou d'opposition (sports collectifs, arts martiaux, escrime, sports de raquette,...) qui sollicitent en priorité les ressources bioénergétiques ou bio informationnelles (aviron, athlétisme, natation, musculation, tir à l'arc, golf, yoga,...) ou bien qui nécessitent l'adaptation au milieu et la gestion des risques et des émotions (escalade, plongée)

## Cycle de conférences 2A

XX205 – Semestre 3/4

Responsable du module : Laurence JEANTON

Volume horaire: 10 h

Ects: 0.5

### Descriptif

Le module "cycle de conférences" de la formation SUPAERO a pour vocation d'aborder des thématiques et des sujets qui élargissent et complètent le champ académique classique du cursus ingénieur.

Les conférences sont proposées autour de trois thématiques :

- enjeux scientifiques et techniques
- économie et entreprise
- arts, culture et société

# Projet 2A

Les projets 2A sont des projets à vocation recherche se déroulant le long du semestre 4. Ils sont constitués de deux parties: la première partie est une analyse bibliographique du sujet; la seconde partie est la partie effective du projet.

## Projet de deuxième année

XX203 – Semestre 4

**Responsable du module :** Emmanuel ZENOU

**Volume horaire:** 6 semaines h

**Ects:** 10

### Descriptif

Projet appliqué par excellence, il donne la possibilité aux étudiants de seconde année de s'investir dans des études de moyen terme réalisées au sein des différents pôles de compétences de l'école. Dans un cadre méthodologique précis, le Projet 2A est soit un projet de recherche, qui nominalelement s'effectue seul ou bien à deux, soit un projet en équipe intégrée sur un sujet plus technique ou technologique, avec un groupe constitué de 4 étudiants. On distingue donc clairement deux orientations possibles. Une orientation recherche qui devra donner lieu à une étude bibliographique conséquente. Une orientation projet en équipe où devra être mis en avant la gestion du projet d'un point de vue temporel et du point de vue humain.

## Stage de substitution de Projet 2A

XX204 – Semestre 4

**Responsable du module :** Emmanuel ZENOU

**Volume horaire:** 3 mois h

**Ects:** 10

### Descriptif

Les étudiants ont la possibilité de substituer le Projet 2A obligatoire par un stage, une commission se réunissant afin d'examiner la demande. Un élève qui fait une demande de stage et qui ne concrétise pas avec un industriel se voit dans l'obligation d'effectuer un stage sur le campus en juin et juillet.

# Modules électifs économie - gestion

Chaque élève choisit un module dans la liste suivante.

## L'économie du secteur de l'aéronautique

EG211 – Semestre 4

Responsable du module : Pierre JEANBLANC

Volume horaire: 20 h

Ects: 2

### Descriptif

La plupart des élèves de SUPAERO vont effectuer leur carrière dans un secteur tout aussi passionnant qu'opaque. Qui fait quoi, pourquoi, comment ? L'objectif de ce cours est de vous donner les éléments qui permettent de faire la différence entre des notions comme donneur d'ordre, systémier ; équipementier de rang 1 à n. De comprendre les enjeux de chacune des fonctions de ces acteurs, le type de métiers et de carrière que l'on peut y faire.

Ce cours sera assuré par le cabinet conseil Cylad qui travaille beaucoup dans le secteur de l'aéronautique.

Partie 1 : Panorama du marché aéronautique

Partie 2 : La chaîne de valeur de l'industrie aéronautique

Partie 3 : Airlines & Airports

Partie 4 : Adaptation à la concurrence

Partie 5 : Evolution de la chaîne de valeur et compétitivité

Partie 6 : Problématiques métiers & enjeux financiers associés

Partie 7 : Ruptures technologiques

## Gestion de l'innovation

EG212 – Semestre 4

Responsable du module : Marc Boyer

Volume horaire: 20 h

Correspondant ISAE : Pierre JEANBLANC

Ects: 2

### Descriptif

Votre travail d'ingénieur d'une école comme SUPAERO vous conduira dans le BE (pour ceux qui le souhaitent), votre mission ne sera pas celle d'un simple exécutant. L'entreprise attendra de vous que vous lui apportiez des avantages concurrentiels en matière d'innovation. Vous serez une force créatrice pour la firme, créatrice de valeur ajoutée, créatrice de richesse et créatrice d'emploi. SUPAERO vous a donné les moyens scientifiques d'exprimer cette capacité d'innover, voire d'inventer. C'est finalement ce dont a le plus besoin l'entreprise, surtout dans le secteur de l'aéronautique où les cycles sont longs.

Le cours sera assuré par Marc Boyer et Yannick Meiller, tous deux docteurs en informatique (intelligence artificielle et systèmes industriels) de SUPAERO. Tous deux sont experts auprès de l'ANVAR. Yannick est chef d'entreprise et Marc, maître de conférences à UT-3 en Management.

Partie 1 : Qu'est-ce que l'innovation

Partie 2 : De l'idée au projet

Partie 3 : Les acteurs de l'innovation

Partie 4 : Applications et ateliers

## Les métiers du conseil

EG213 – Semestre 4

Responsable du module : P. RAPP

Volume horaire: 20 h

Correspondant ISAE : Pierre JEANBLANC

Ects: 2

### Descriptif

Au moment où bon nombre des élèves de SUPAERO s'interrogent sur une éventuelle orientation de leur carrière vers les métiers du conseil, ce secteur reste assez opaque. L'idée est ici de vous présenter les différents segments de ce marché, les principaux acteurs ainsi que le mode d'organisation par practice et par secteur et vous donner un aperçu très clair des carrières que vous pourrez y faire.

Le cours sera assuré en deux parties :

- La première par Paul RAPP, VP qui a été à l'origine de success story dans le monde du conseil. Un premier cabinet, racheté par AT KEARNEY pour renforcer sa présence en France, un second racheté par Mercer (et qui est devenu Oliver Wyman) pour renforcer aussi sa présence en France.
- La seconde par des cabinets eux-mêmes qui vous présenteront en 3 heures leurs méthodes de travail : Artur D. LITTLE (dans le top five), Cap Gémini Consulting Toulouse et Kurt Salmon

### **Initiation au droit du travail**

**EG214 – Semestre 4**

**Responsable du module :** Dominique SERIO

**Volume horaire:** 20 h

**Ects:** 2

#### **Descriptif**

Introduction à l'environnement de la relation de travail

Partie 1 : les relations individuelles de travail intégrant

- l'étude du contrat de travail
- le pouvoir normatif de l'employeur
- le pouvoir disciplinaire
- la rupture du contrat de travail

Partie 2 : les relations collectives de travail

- les acteurs du dialogue social
- les IRP

Partie 3 : contentieux et perspectives dans une approche managériale

### **Bilan personnel et projet professionnel**

**EG215 – Semestre 4**

**Responsable du module :** L. BARRIÉ

**Volume horaire:** 20 h

**Correspondant ISAE :** Pierre JEANBLANC

**Ects:** 2

#### **Descriptif**

Contenu et méthodes de travail

- Bilan des attitudes et des comportements tels qu'ils apparaissent aujourd'hui.
- Réflexion sur vos modes de fonctionnements préférentiels

Les variations de comportement que l'on observe entre les individus ne sont pas le résultat du hasard, mais la conséquence de préférences spontanées.

Au-delà de tout jugement, il y a des manières d'être et d'agir différentes dont il vous appartient de prendre conscience pour mieux les ajuster aux différentes situations.

Comprendre également les différences d'une personne à une autre, et en tirer parti, permet de meilleurs échanges.

- Soi dans la relation à autrui

En parlant des autres, on livre souvent un peu de soi-même et l'on en vient au bout du compte à parler de ce que l'on est.

Comment les autres nous perçoivent ? Que laisse-t-on apparaître et quelles en sont les conséquences ?

Quelles sont les valeurs fondamentales qui guident nos choix personnels et professionnels ? Et quelles sont les origines de ces valeurs ?

L'évaluation de ce module donne lieu à la rédaction d'un rapport de bilan personnel.

Il vous est proposé, et de façon facultative, un entretien individuel à la suite du module soit pour parler de votre bilan, soit pour demander tous les éclaircissements que vous pourriez souhaiter, soit pour évoquer votre projet professionnel.

# Modules électifs

Chaque étudiant choisit 4 modules parmi l'ensemble des modules proposés par les unités de formation.

## Unité de formation aérodynamique

---

### Écoulements aérodynamiques (approche expérimentale et numérique)

AE211 – Semestre 4

**Responsable du module :** Valérie FERRAND

**Volume horaire:** 20 h

**Correspondant ISAE :** Allan BONNET

**Ects:** 2

#### Descriptif

Explorer numériquement et expérimentalement deux configurations classiques d'aérodynamique.

Sur le plan expérimental, les moyens de mesure types utilisés en mécanique de fluides seront présentés et mis en œuvre (pression, fil chaud, PIV, LDV, visualisation pariétale, forces...). Les avantages et limitations de ces techniques seront mis en évidence au travers des deux montages. Enfin, l'accent sera mis sur l'exploitation des données et leur interprétation au regard d'expériences de référence et des simulations numériques.

Sur le plan numérique, les différentes techniques numériques et de modélisation seront abordées. Leur mise en œuvre se fera par l'utilisation d'un logiciel industriel de calcul d'écoulements, en particulier dans le post-traitement de résultats de calcul et leur comparaison avec les données expérimentales disponibles.

Un effort tout particulier sera demandé quant à l'analyse et la comparaison critique des résultats expérimentaux et numériques.

1. Cours de présentation des techniques expérimentales = 4 x 1h15 ;
2. Cours de présentation des techniques de simulation = 4 x 1h15 ;
3. Présentation des expériences et moyens de mesures associées, 3 x 1h15
4. Mise en œuvre des simulations numériques (BE), 5 x 1h15 ;

### Aérodynamique des machines tournantes

AE212 – Semestre 4

**Responsable du module :** Guillaume DUFOUR

**Volume horaire:** 20 h

**Ects:** 2

#### Descriptif

Présenter un aperçu global des spécificités de l'aérodynamique dans les machines tournantes, et pointer les liens avec les performances de ces machines. Apporter aux étudiants une vision locale de la phénoménologie des écoulements. Application à l'étude des compresseurs axiaux et centrifuges, des turbines, des hélices et des éoliennes.

Pour chacune des applications citées, on partira d'une approche globale permettant de comprendre les principes d'ordre un régissant les performances des machines tournantes. Ceci permettra de faire le lien avec les différents régimes de fonctionnement de ces machines, pour aboutir à une vision globale des phénomènes aérodynamiques (effets d'incidence, de Mach ...).

Dans un deuxième temps, les phénomènes aérodynamiques spécifiques du fonctionnement ces machines seront présentés d'un point de vue qualitatif, l'objectif étant de sensibiliser les étudiants à la complexité des écoulements dans les machines tournantes. Au final, ce cours permettra aux élèves de disposer d'un certain nombre de repères pour l'analyse de la structuration de ces écoulements.

Plus spécifiquement, les approches expérimentales seront abordées dans le cadre de BE (compresseur centrifuge et soufflante), afin d'illustrer leur complémentarité dans une démarche d'analyse aérodynamique. Une séance basée sur l'analyse de résultats de calculs numériques sur la configuration de soufflante abordée expérimentalement permettra de mettre en application les différentes clés d'analyses présentées en cours.

Deux conférences présentées par des intervenants du monde industriel porteront sur : les nouvelles technologies et les défis associés pour les hélices rapides contra-rotatives, et les enjeux liés à la prédiction aéro-acoustique du bruit généré par les machines tournantes.

## Wind engineering

AE214 – Semestre 4

Responsable du module : Marco Vezza

Volume horaire: 20 h

Correspondant ISAE : Emmanuel BENARD

Ects: 2

### Descriptif

Explorer les effets du vent sur les bâtiments et autres ouvrages soumis aux mouvements atmosphériques. Démontrer l'importance de l'aérodynamique dans d'autres contextes industriels que celui de l'aéronautique.

Les caractéristiques de l'atmosphère seront décrites, ainsi que les méthodes de qualification du vent. Les effets statiques et dynamiques du vent sur des ouvrages seront présentés, avec un examen des phénomènes d'aéroélasticité.

1. Vent, structure de l'atmosphère et techniques de mesure = 2 x 1h15 ;
2. Turbulence atmosphérique et techniques de mesure = 2 x 1h15 ;
3. Structure des vents autour d'un bâtiment, notions de vitesse de référence et de rafale = 2 x 1h15
4. Charges statiques et dynamiques = 2 x 1h15
5. Réponse des structures = 2 x 1h15
6. Présentation sur les essais en soufflerie = 2 x 1h15
7. Présentation sur les techniques de simulation = 2 x 1h15

## Introduction à la conception des systèmes de drones

AE215 – Semestre 4

Responsable du module : Jean-Marc MOSCHETTA

Volume horaire: 20h h

Ects: 2

### Descriptif

Le module a pour but :

1. de présenter aux élèves les emplois, les missions et les feuilles de routes en matière de drones en France et dans le monde,
2. de décrire la segmentation du marché des drones : nano et micro-drones, mini-drones, drones MALE, drones HALE, drones tactiques, drones VTOL,
3. de fournir les méthodes de conception de systèmes de drones en prenant en compte les aspects techniques suivants:

- aspects cellule (conception avion, interactions aéropropulsive, )
- aspects transmission (SATCOM, LOS, etc.) et réseau,
- aspects segment sol (interface homme machine, ergonomie, partage de décision)
- aspects réglementaires (insertion dans le trafic aérien, voir et éviter)

1. Les grands concepts fondateurs: introduction aux systèmes de drones, marché, domaines d'emploi: 2x1h15
2. Les véhicules aériens: typologie des concepts de drones, performances
3. Les aspects aéro-propulsifs dans les drones: signature acoustique, manœuvrabilité, endurance: 2x1h15
4. Retours d'expérience: exemples du Kosovo, de l'Afghanistan, de l'Irak et du Liban; roadmaps: 2x1h15
5. Le système de mission: les charges utiles, la liaison de données, le segment sol: 2x1h15
6. Les grands challenges: aspects réglementaires, « sense&avoid », fréquences, endurance: 2x1h15
7. Démarche capacitaire et LTO: l'acquisition des systèmes de drones, rôle des LTO: 2x1h15
8. Présentation à l'oral des travaux en binôme: 2x1h15

**Charge utile drone**

**AE216 – Semestre 4**

**Responsable du module :** Jean-Marc MOSCHETTA, Emmanuel ZENOU

**Volume horaire:** 20 h

**Ects:** 2

**Descriptif**

Cours d'introduction aux charges utiles pour les drones

**Aérodynamique automobile et de la F1**

**AE217 – Semestre 4**

**Responsable du module :** Allan BONNET

**Volume horaire:** 20 h

**Ects:** 2



## Unité de formation Automatique

---

### Réseaux de neurone et systèmes de diagnostic

AU211 – Semestre 4

Responsable du module : Jean-Charles CHAUDEMAR

Volume horaire: 20 h

Ects: 2

#### Descriptif

Le but de cet enseignement est de présenter à la fois une technique avancée de modélisation de systèmes à l'aide des réseaux de neurones et un concept d'analyse des défaillances de systèmes à travers des méthodes de diagnostic. Les réseaux de neurones est une technique performante, de plus en plus utilisée dans le domaine automatique. L'une de ses applications est liée au diagnostic pour lequel on présente quelques approches basées sur des modélisations continues ou discrètes.

Cet enseignement est organisé en deux parties. La première partie concerne les réseaux de neurones en tant qu'outil de modélisation. La deuxième partie aborde la problématique du diagnostic automatique de systèmes à travers des approches continues (redondance analytique) et discrètes (réseaux de Petri, automates).

### Guidage et pilotage de drones

AU212 – Semestre 4

Responsable du module : A. PIQUEREAU

Volume horaire: 20 h

Correspondant ISAE : Daniel ALAZARD

Ects: 2

#### Descriptif

Ce module est consacré aux drones. On présente l'élaboration de l'architecture du système drone, plus particulièrement les fonctions de navigation, pilotage et guidage, à partir de l'analyse mission.

Autour de la conception d'un drone patrouilleur, les étudiants doivent mettre en œuvre les connaissances acquises durant le tronc commun pour :

- définir les boucles de stabilisation, pilotage et guidage ainsi que les gestions des différents modes opérationnels (surveillance d'une zone, suivi d'une cible, retour à la base, ...)
- valider les différents développements en simulation sous MATLAB/SIMULINK.

### Interface cerveau-machine

AU213 – Semestre 4

Responsable du module : Frédéric DEHAIS

Volume horaire: 20 h

Ects: 2

#### Descriptif

Les systèmes basés sur l'utilisation directe des signaux cérébraux pour le contrôle de périphériques électroniques (ordinateurs, prothèses. . .) s'appellent des Interfaces Cerveau Machines. Leurs applications sont avant tout médicales mais des travaux récents montrent leur intérêt en ergonomie (ex : commande par « la pensée » d'HM robotique ou avionique) ou grands publics (jeux vidéo). Le système actuellement le plus utilisé pour mesurer l'activité cérébrale des sujets est l'électroencéphalographie (EEG). Dans le cadre de ce module des intervenants, du monde académique et médical, réaliseront des enseignements dans les différents domaines des BCI :

- Neurophysiologie et technologie d'imagerie cérébrale : principes des interfaces cerveau-machine et des techniques d'acquisition des signaux représentatifs de l'activité du cerveau ;
- Ergonomie : ce point souvent négligé est en fait crucial dans le cas de systèmes destinés à un public large. Ce domaine de compétence s'intéresse par exemple au type de commande et au type de retour que l'on peut renvoyer à l'utilisateur pour faciliter l'apprentissage du contrôle du système ;
- Traitement du signal et apprentissage : les signaux EEG contiennent les signaux relatifs à la tâche mentale que l'on cherche à reconnaître, mais ils sont avant tout très bruités. L'application d'algorithmes de traitement du signal est nécessaire pour identifier l'activité cérébrale recherchée. Lorsque les signaux sont nettoyés des contaminations indésirables, il est alors nécessaire d'entraîner le système à reconnaître les tâches mentales « commandes » sur la base de techniques d'apprentissage statistique.

- Automatique/commande : les BCI peuvent être utilisés pour réaliser de la commande de haut niveau. Ces aspects commandes sont vus à travers le contrôle par « la pensée » d'un bras manipulateur d'humanoïde.
- Médecine : Pathologies neurophysiologiques et enjeux des applications médicales des BCI

### **Implantation temps réel de lois de commande**

**AU214 – Semestre 4**

**Responsable du module :** Caroline BERARD

**Volume horaire:** 20 h

**Ects:** 2

#### **Descriptif**

Aborder les problématiques de mise en œuvre de commande temps réel au travers en particulier d'une application expérimentale permettant de traiter l'ensemble des étapes du processus : modélisation, définition du logiciel temps réel, synthèse des lois de commande et implémentation sur le banc expérimental.

Cet enseignement introduit les concepts, méthodes et outils nécessaires à la conception et à la mise en œuvre des systèmes de traitement de l'information dédiés au contrôle de processus. La discrétisations de lois de commande en vue de leur implémentation en numérique est abordée. Les outils et méthodes utilisés pour le développement de logiciels temps réel et la commande numérique sont illustrés par le développement d'une application de commande d'un axe de satellite.

- Informatique temps réel. Architectures matérielle et logicielle des machines informatiques temps réel. Exécutifs temps réel. Méthodologie de développement
- modélisation du système, analyse des structures de loi possibles
- Conception architecture logiciel temps réel
- Synthèse des lois de commande
- Discrétisation des lois de commande
- Codage et test de l'application temps réel sous VxWorks

## Unité de formation Dynamique du vol

---

### Règlementation, techniques et méthodes d'essais en vol

DV211 – Semestre 4

**Responsable du module :** Christian COLONGO

**Volume horaire:** 20 h

**Correspondant ISAE :** Jean-Luc BOIFFIER

**Ects:** 2

#### Descriptif

Après une présentation générale de la réglementation et des problèmes de certification les méthodes d'essais en vol sont décrites par les industriels du domaine, prenant en compte les spécificités liées aux différentes catégories d'avions.

Sont également abordés les problèmes d'instrumentation

### Expérimentation des essais en vol

DV212 – Semestre 4

**Responsable du module :** Christian COLONGO

**Volume horaire:** 20 h

**Correspondant ISAE :** Jean-Luc BOIFFIER

**Ects:** 2

#### Descriptif

Après présentation de notions de base (atmosphère, paramètres de vol) et description de l'installation de mesure de l'avion instrumenté TB20, 5 vols d'essais sont réalisés. L'élève est placé en situation d'ingénieur navigant d'essais avec une méthodologie rigoureuse liée à ce type d'activité (cours de présentation, préparation de l'essai, réalisation, exploitation)

### Facteurs humains dans l'activité du pilote

DV213 – Semestre 4

**Responsable du module :** Mickaël CAUSSE

**Volume horaire:** 20 h

**Ects:** 2

#### Descriptif

Ce cours constitue une introduction aux concepts clés des facteurs humains et permet de se former aux méthodes et aux outils d'analyse de l'homme en situation de pilotage d'aéronef. Le thème multidisciplinaire des facteurs humains est approfondi au travers de connaissances neuroscientifiques, et différents aspects tels que les interfaces hommes machines, les mesures physiologiques et oculométriques ou encore la neuroimagerie sont abordés. Les concepts théoriques vus en cours sont systématiquement complétés par des exercices pratiques (capteurs cardiaques, oculomètres...), notamment en simulateur de vol (simulateur de vol type Airbus 3 axes).

## Unité de formation électroniques et télécoms

---

### Energie électrique pour les véhicules autonomes et les véhicules propres

ET211– Semestre 4

Responsable du module : Vincent GOIFFON

Volume horaire: 20 h

Ects: 2

#### Descriptif

Ce module vise à donner les grands principes relatifs à la génération autonome d'énergie électrique ainsi qu'au stockage et à l'utilisation optimale de celle-ci dans les véhicules autonomes (par exemple: rovers martiens, satellites) et les véhicules dits propres (par exemple, les voitures électriques).

Cette vue d'ensemble, principalement donnée par des intervenants du milieu industriel (Renault, CNES) et de la recherche sera complétée par un stage de réalisation de cellules photovoltaïques en salle blanche et par des exercices/BE applicatifs sur des systèmes autonomes en énergie ou des véhicules propres.

Ce module constitue, vis-à-vis du tronc commun, un module d'ouverture sur des problèmes non traités dans le cursus et est complémentaire avec les domaines et approfondissement de 3A traitant des systèmes énergétiques.

### Navigation multi-capteurs

ET212 – Semestre 4

Responsable du module : M Sahmoudi

Volume horaire: 20 h

Ects: 2

#### Descriptif

Ce module, qui s'appuie sur les bases de traitement et filtrage du signal, vise à offrir aux élèves un panorama sur les différents systèmes de navigation et de guidage ainsi que leurs principes, méthodes et architectures.

Il introduit le positionnement de la problématique de la navigation multi-capteurs (inertiels, GPS,...), montre les avantages de l'utilisation des données provenant de plusieurs capteurs en définissant les conditions de leur bonne mise en œuvre. Enfin, il présente les méthodes et architectures de fusion de capteurs de navigation et montre sur des exemples pratiques comment exploiter au mieux les systèmes multi-capteurs.

Ce module est complémentaire avec les enseignements d'approfondissement de 3A Telecoms et Navigation.

### Communiquer et observer de l'espace

ET213 – Semestre 4

Responsable du module : Pierre MAGNAN, Damienne BAJON

Volume horaire: 20 h

Ects: 2

### Conception des circuits numériques complexes

ET214 – Semestre 4

Responsable du module : Vincent CALMETTES

Volume horaire: 20 h

Correspondant ISAE : Pierre MAGNAN

Ects: 2

#### Descriptif

Ce module permettra aux étudiants, dans le cadre d'un enseignement de recherche appliquée de découvrir et mettre en œuvre à travers un projet, les technologies et méthodes de conception circuits numériques complexes utilisés dans les systèmes numériques de toute nature (robots, système de communication et de vision,...).

Il donne une forte importance à la partie expérimentale. Les élèves contribueront à la spécification du projet, puis le développeront et le conduiront jusqu'au test.

## Unité de formation génie industriel

---

### Apprentissage par renforcement

GI211 – Semestre 4

Responsable du module : Emmanuel RACHELSON

Volume horaire: 20 h

Ects: 2

#### Descriptif

Ce cours présente les méthodes et outils dérivés de la programmation dynamique pour l'apprentissage de la politique de décision d'un agent en interaction avec son environnement dans un contexte où les actions entreprises par l'agent ont des conséquences incertaines. Le cours commence avec la mise en place du contexte de problèmes de décision séquentielle dans l'incertain, contexte placé sur une échelle temporelle discrète. Le lien est établi entre la Programmation Dynamique pour la recherche de plus court chemins dans les graphes et l'application des équations d'optimalité de Bellman dans le cas de l'horizon temporel fini déterministe puis stochastique. Le cadre des processus Décisionnels de Markov est introduit et le cadre de la programmation Dynamique étendu à l'horizon infini. L'apprentissage par renforcement généralise ce cadre au cas où le modèle de l'environnement n'est pas donné à priori: l'agent apprend la politique optimale en interaction avec l'environnement. Ce cas est étudié plus en détail et fait l'objet d'un Bureau d'Etudes long où les élèves programment les algorithmes d'apprentissage par renforcement en s'aidant d'une bibliothèque d'algorithmes de programmation dynamique.

### Maintenance aéronautique

GI212 – Semestre 4

Responsable du module : Alain LACOMBE

Volume horaire: 20 h

Correspondant ISAE : Alain HAIT

Ects: 2

#### Descriptif

Présenter l'aéronef dans son contexte d'exploitation et appréhender les facteurs à prendre en compte lors de sa conception pour optimiser les coûts d'exploitation qui représentent une partie importante du coût de cycle de vie.

L'aéronef en exploitation, l'environnement et les acteurs : opérateurs, aéroports, réglementation, clients, les coûts, les paramètres clefs.

Les concepts de maintenance. - Les contraintes de l'opérateur (civil, militaire). - Les contraintes du concepteur. - Les outils de la maintenance : fiabilité, contrôles non destructifs, MSG (Maintenance System Guide). - La prise en compte de la maintenance à la conception.

Cas d'étude : aéronef et/ou système avionique et/ ou hélicoptère et /ou moteur.

### Une semaine dans la peau d'un ingénieur en optimisation

GI213 – Semestre 4

Responsable du module : G. DOUKOPOULOS

Volume horaire: 20 h

Correspondant ISAE : Emmanuel RACHELSON

Ects: 2

#### Descriptif

Que fait un ingénieur en optimisation au quotidien ? Le but de ce module est de répondre à cette question par la pratique. Pour cela, Grace Doukopoulos (responsable des modèles d'optimisation de la production court terme à EDF R&D) et Emmanuel Rachelson (anciennement membre de l'équipe de Grace Doukopoulos) se mettront tantôt dans la peau des clients, tantôt dans la peau des experts, pour inverser les rôles et mettre les étudiants dans la peau d'une équipe d'ingénieurs R&D en optimisation, en traitant le problème de la planification journalière de la production électrique française. Le module s'articulera autour des questions de modélisation et de formalisation du problème, introduira des éléments d'optimisation combinatoire et impliquera leur mise en pratique grâce au logiciel OPL Studio et au solveur CPLEX. Le module se déroulera sous forme de plusieurs ateliers pratiques où se sont les étudiants qui proposeront des solutions. Il se terminera sur une ouverture sur les problèmes d'optimisation dans le monde de la gestion d'énergie.

**Responsable du module :** Philippe Herrerias

**Volume horaire:** 20 h

**Correspondant ISAE :** Alain HAIT

**Ects:** 2

**Descriptif**

L'approche Lean, après avoir été déployée en production (Lean Manufacturing) et, plus récemment dans les fonctions administratives (Lean Office), est aujourd'hui appliquée aux activités d'ingénierie et de développement.

- \* Quelle est l'originalité de cette approche dans ce nouveau contexte ?
- \* Comment se traduisent dans les environnements industriels occidentaux les préceptes "Keep everything simple, Make it visible, Trust your people to do the right thing énoncés par Toyota ?
- \* Comment déployer les méthodes et outils (LAMDA, A3, Set-Based Concurrent Engineering, Obeya, PD VSM,) de façon pragmatique dans les entreprises ?
- \* Pour quels résultats ?

Ce cours donné par VINCI CONSULTING a pour but de répondre à ces questions qui intéressent de plus en plus d'industriels, et à vous faire découvrir l'approche lean en ingénierie et conception.

## Unité de formation informatique

---

### Modélise en 3D : fabriquer, inventer, communiquer

IN211 – Semestre 4

Responsable du module : L. BARTHE

Volume horaire: 20 h

Correspondant ISAE : Pierre SIRON

Ects: 2

#### Descriptif

Les univers virtuels sont devenus des éléments incontournables de notre environnement quotidien. On les retrouve systématiquement dans les programmes télévisés, les jeux, les films d'animation, la simulation, la construction (aéronautique, navale, automobile), l'urbanisme, etc. La création numérique de ces environnements passe par la création des objets tridimensionnels qui les composent.

Avec des illustrations sur des exemples concrets comme la création d'un fuselage d'avion, d'un personnage de film d'animation ou de jeu vidéo, etc., ce cours présente les modèles élémentaires de représentation de surfaces tridimensionnelles ainsi que les outils qui permettent de les manipuler. Nous verrons les concepts fondamentaux et les difficultés liées à la manipulation d'objets 3D. Les travaux pratiques permettront de découvrir l'implantation informatique en langage C de surfaces avec leur visualisation interactive. Les étudiants pourront créer des objets simples avec leur petit outil.

Tout au long du cours, nous verrons aussi quelques exemples d'applications industrielles ainsi que des résultats de recherche. Nous pourrions ainsi illustrer les différences et les liens qu'il existe entre ces deux univers dans les domaines de la synthèse d'images.

### Algorithmes pour le lancer de rayons : du divertissement à la simulation

IN212 – Semestre 4

Responsable du module : M. PAULIN

Volume horaire: 20 h

Correspondant ISAE : Pierre SIRON

Ects: 2

#### Descriptif

La production d'images par ordinateurs offre une gamme d'applications très vaste dans des domaines très variés. Les images de synthèse permettent en effet de visualiser, d'analyser et de dimensionner les phénomènes de propagation d'une onde dans un environnement numérique 3D. Le lancer de rayons est un des algorithmes fondamentaux de la synthèse d'images. Appliqué à la lumière, cet algorithme produit des images pour la simulation de l'éclairage, le cinéma et la visualisation. Appliqué à des ondes radio, cet algorithme permet l'analyse et le dimensionnement des appareils d'émission/réception de ces ondes dans des géométries complexes. L'objectif de ce cours est de présenter, dans un cadre fortement pluridisciplinaire reliant mathématique, physique et informatique, l'algorithme du lancer de rayon en mettant l'accent sur la gestion de la complexité géométrique et radiométrique des phénomènes simulés. Illustré dans le domaine de la lumière visible, cet algorithme sera mis en œuvre pour le calcul d'images de synthèse de haute qualité.

## Unité de formation ingénierie des systèmes spatiaux

---

### Météorologie/Océanographie

IS211 – Semestre 4

Responsable du module : Bénédicte ESCUDIER

Volume horaire: 20 h

Ects: 2

#### Descriptif

Ce cours constitue une introduction à la météorologie et l'océanographie. La première partie "météorologie-physique de l'atmosphère" comprend la circulation atmosphérique à grande échelle, les lois physiques du mouvement atmosphérique, les principaux phénomènes des latitudes tempérées et tropicales et les principes de base des modèles numériques. Elle est complétée par une visite du site de Météo France. La deuxième partie "océanographie" comporte les bases de la circulation océanique, les techniques de mesure satellitaires, une introduction à la modélisation et l'assimilation océaniques, et le couplage océan-atmosphère. Une troisième partie concerne l'étude des glaces continentales.

### Vols habités

IS212 – Semestre 4

Responsable du module : Stéphanie LIZY-DESTREZ

Volume horaire: 20 h

Ects: 2

**Descriptif :** Ce module est une introduction à la problématique de l'homme dans l'espace, ses enjeux, ses spécificités et ses difficultés. Le module s'articule autour de deux axes principaux :

- Un axe humain : « quel survie pour l'homme dans un environnement aussi hostile » ?
- Un axe technologique : comment concevoir des systèmes spatiaux pour le vol habité ?

Pour l'axe humain :

Cette partie présente les différentes étapes d'une mission spatiale pour un astronaute depuis la sélection jusqu'au retour sur Terre. Les effets de l'environnement spatial sur sa santé et les mesures mises en place pour sa surveillance médicale.

Pour l'axe technologique :

Cette partie est une application des enjeux identifiés dans le premier volet à la conception et au dimensionnement les équipements à embarquer au sein d'une station spatiale ou d'un vaisseau d'exploration ? Un cas pratique de dimensionnement d'ECLS (Environmental Control and Life Support) sera proposé.

### Télescopes et surveillance de l'espace

IS213 – Semestre 4

Responsable du module : David MIMOUN

Volume horaire: 20 h

Ects: 2

#### Descriptif

Partie 1 : Télescopes (10h)

L'atmosphère terrestre et l'espace

Télescopes et formation des images

Récepteurs du rayonnement

Présentation des applications

- Astrophysique

- Surveillance de l'espace (partie optique)

Evaluation partie 1 : commentaire d'un article scientifique en binôme

Partie 2 : Observations Radar (10h)

Propriétés générales de l'observation radar

Techniques de réception en fonction de la longueur d'onde

Techniques et technologie des récepteurs radiofréquences

Radiotélescopes VLB, VLBI (Interférométrie longue base),

- Applications à l'astrophysique

- Application à la détermination d'orbite

Evaluation partie 2 : TP Radio astronomie



**Responsable du module :** David MIMOUN**Volume horaire:** 20 h**Ects:** 2**Descriptif :** Partie 1 : Introduction à la planétologie comparée

La première partie du cours sera consacrée à la revue des connaissances de base sur le système solaire et par les bases de la planétologie comparée. Les grandes questions du moment (structure interne, exobiologie) seront abordées.

Le système solaire vu par les sondes spatiales.

Généralités. Bref historique des missions planétaires

Les missions spatiales.

Instrumentation des sondes spatiales.

Les différents types de corps planétaires.

Planètes telluriques : La « machine » Terre, Vénus. Mars. Mercure et la Lune. Les satellites galiléens : Io, Europe, Callisto et Ganymède.

Les planètes géantes et leurs satellites.

Saturne : Titan, Encelade, les autres lunes glacées.

Les planètes naines : Cères, Vesta et Pallas, système Pluton-Charon.

Les planètes et leurs évolutions comparées.

Formation des planètes de leurs satellites.

Structure interne. Activité interne magnétisme, volcanisme.

Surfaces planétaires Atmosphères planétaires

Champ de gravité et forme des planètes.

Partie 2 : Techniques et technologies des sondes spatiales

Cette deuxième partie passera en revue

- les techniques principales de l'instrumentation spatiale (en dehors de l'optique) : spectroscopie, Raman, X ... (sous forme de conférence TBC)

- les contraintes techniques spécifiques des sondes spatiales et lander planétaires et les solutions techniques associées (générateurs radio-isotopiques ...)

- les méthodes de sélection des charges utiles scientifiques

L'évaluation (2 BE) sera basée sur l'étude d'une mission scientifique et consistera en l'optimisation d'une configuration de charge utile scientifique (Mise en place de la matrice scientifique, du profil de mesure etc.

**Observation de la terre****IS215 – Semestre 4****Responsable du module :** Emmanuel ZENOU**Volume horaire:** 20h h**Ects:** 2

**Descriptif :** Les techniques d'observation spatiale des 30 dernières années ont été déterminantes pour mesurer des données et extraire de l'information sur les grands enjeux civils et environnementaux : urbanisation, déforestation, hydrologie, océanographie, suivi de la banquise, couleur de l'eau... Elles apportent une vision plus globale et mondiale des phénomènes physiques, permettant ainsi d'apporter une connaissance scientifique beaucoup plus juste et d'affiner les modèles plus ou moins complexes utilisés pour comprendre notre planète et prévoir son évolution.

Ce module est une introduction générale à la plupart des outils scientifiques et techniques intervenant sur la chaîne d'observation, de la scène au sol vers l'information quantitative, en passant par la mesure et les traitements de l'information associés.

**Séminaire air et espace****IS216 – Semestre 4****Responsable du module :** David MIMOUN**Volume horaire:** 20 h**Ects:** 2

## Unité de formation mathématiques appliquées

---

### Processus stochastiques

MA211 – Semestre 4

Responsable du module : F. TEICHTEIL

Volume horaire: 20 h

Correspondant ISAE : Denis MATIGNON

Ects: 2

#### Descriptif

De nombreux systèmes physiques ne sont pas déterministes dans la mesure où l'évolution de l'état de leurs constituants n'est pas connue avec certitude. Il est possible de modéliser ces systèmes grâce à la théorie des processus stochastiques, qui permettent de décrire l'évolution temporelle de variables aléatoires. Ce cours présentera les principaux processus stochastiques utilisés par l'ingénieur, dont notamment les processus de Poisson et les chaînes de Markov à temps continu ou discret. Les fondements théoriques seront mis en pratique au travers d'un BE qui portera sur un problème concret de gestion de files d'attente.

### Simulation numérique

MA212 – Semestre 4

Responsable du module : Michel SALAUN

Volume horaire: 20 h

Correspondant ISAE : Denis MATIGNON

Ects: 2

#### Descriptif

Ce cours est un approfondissement pratique à la simulation numérique centré en grande partie autour de la méthode des éléments finis. Il est composé d'un grand nombre de BE au cours desquels les étudiants sont confrontés à de nouveaux problèmes, dont on effectuera la modélisation mathématique, ce qui amènera à en programmer les solutions adaptées.

Comme il repose essentiellement sur la méthode des éléments finis, il est fortement conseillé d'apporter le polycopié du Cours MA201 ainsi que les notes prises pendant celui-ci, et en particulier tout ce qui a trait aux Petites Classes sur la résolution de l'équation de la chaleur instationnaire et au BE Matlab associé. Une grande partie des développements qui seront faits ici sont dans la lignée de ce BE.

### Contrôle optimal : de la théorie au calcul

MA213 – Semestre 4

Responsable du module : Denis MATIGNON

Volume horaire: 20 h

Ects: 2

#### Descriptif

Comprendre le concept moderne d'état adjoint pour le contrôle optimal de systèmes dynamiques, de type EDO ou EDP, que ce soit en temps discret ou continu : le lien est fait avec les paramètres de Lagrange de l'optimisation statique sous contraintes en égalité, vus en 1ère année. Cet enseignement complètera le tronc commun d'automatique de 2A, en mettant en évidence les liens entre théorie de l'optimisation et synthèse de lois de commande.

### Distributions et opérateurs

MA214 – Semestre 4

Responsable du module : M. SALAUN

Volume horaire: 20 h

Correspondant ISAE : Denis MATIGNON

Ects: 2

#### Descriptif

Les distributions généralisent les fonctions : les solutions faibles d'EDP sont des distributions particulières, la mesure ou le peigne de Dirac en sont d'autres. Ce cours donnera les définitions et propriétés essentielles, assorties d'exemples très utilisés dans les sciences de l'ingénieur. La transformation de Fourier sera définie sur les distributions dites tempérées, ce qui permettra de définir les espaces de Sobolev d'ordre quelconque qui sont utilisés pour la résolution d'EDP.

Les opérateurs généralisent les matrices sur les espaces de Hilbert. On distingue dans les applications les opérateurs bornés, comme le décalage des suites, ou non-bornés comme la dérivation de fonctions. On donnera des théorèmes de réduction similaires à la diagonalisation des matrices symétriques réelles. Le spectre d'un opérateur généralise les valeurs propres d'une matrice d'une manière surprenante : les définitions seront illustrées par des exemples simples très concrets et utiles.

## Unité de formation énergétique et propulsion

---

### Écoulements en turbomachines (analyse expérimentale et numérique)

PE211 – Semestre 4

Responsable du module : Jérémie GRESSIER

Volume horaire: 20 h

Ects: 2

#### Descriptif

Présenter les méthodologies expérimentales et numériques et leur complémentarité pour l'analyse des écoulements en turbomachines.

L'équilibre entre cours et applications doit permettre à la fois une compréhension des méthodes utilisées, et une initiation à leur mise en œuvre. Les applications et moyens sont ceux utilisés dans un contexte industriel ou recherche. Ce module est structuré selon les parties suivantes

- présentation des différentes techniques de mesures d'écoulements internes (sondes et métrologie optique)
- BE de démonstration des techniques sur banc, puis analyse des données (turboréacteur)
- présentation des techniques de simulation numérique (modèles, méthodes et traitement des interfaces rotor/stator)
- BE numérique sur l'influence des modèles et méthodes sur les résultats
- BE numérique sur l'analyse du fan du turboréacteur

### Performances des turboréacteurs

PE212 – Semestre 4

Responsable du module : Jérémie GRESSIER

Volume horaire: 20 h

Ects: 2

#### Descriptif

Approfondir les notions de conception (compresseurs, chambre de combustion) et de fonctionnement (hors-adaptation, régulation) des turboréacteurs.

A partir des notions vues en tronc commun 2A, la conception et le fonctionnement du turboréacteur à travers la description et l'étude approfondie du turboréacteur double-flux, y compris en situation réelle avec les bancs compresseurs et turboréacteurs de l'institut. Ce module vise l'acquisition de nouvelles connaissances sur

- la conception et l'optimisation des turboréacteurs double-flux
- le fonctionnement de compresseurs multi-étagés ou centrifuge
- les chambres de combustion
- le fonctionnement transitoire et hors-adaptation du turboréacteur, sa régulation (aspects technologies) et l'intégration à l'avion

### Phénomènes de combustion

PE213 – Semestre 4

Responsable du module : Gérard LAVERGNE

Volume horaire: 20 h

Correspondant ISAE : Jérémie GRESSIER

Ects: 2

#### Descriptif

L'objectif de ce cours est d'introduire les principaux phénomènes physiques intervenant dans les foyers de combustion (combustion aérobie et moteurs fusée). Deux types de modélisation de l'écoulement réactif sont proposés : une approche globale et une modélisation locale des processus. Ce module comprend des cours, des TD, des BE (définition d'une chambre de combustion de turbomachine) et d'un BE/TP sur les caractéristiques d'une flamme laminaire (vitesse, épaisseur...). Des visites de banc de l'ONERA sont aussi programmées.

**Descriptif**

Ouvrir l'auditeur à la problématique de la gestion de l'énergie, ses enjeux, dans le contexte du développement durable.

Ce module comprend en majorité des interventions de spécialistes sur chacun des thèmes.

- enjeux énergétiques : répartition de la production et consommation, évolution
- énergies fossiles : usage, émissions, réserves et alternatives
- énergie électrique : le nucléaire, le renouvelable, la production, le management
- enjeux énergétiques dans les transports
- modélisation du climat et de l'effet de serre
- changement climatique : origines, conséquences et enjeux

## Unité de formation physique

---

### Physique de la conversion directe et du stockage de l'énergie

PH211 – Semestre 4

Responsable du module : J.-M Rax

Volume horaire: 20 h

Correspondant ISAE : Damienne BAJON, Sebastien MASSENOT

Ects: 2

#### Descriptif

Sensibiliser les élèves à l'importance des principes physiques de la conversion et du stockage de l'énergie dans les systèmes.

Les ruptures technologiques attendues tant pour l'autonomie des systèmes que la gestion de la ressource énergétique nous conduisent à reconsidérer les fondamentaux relatifs aux processus de conversion et de stockage de l'énergie.

La physique des systèmes de conversion directe et une introduction à la physique des systèmes de stockage constituent le sujet de ce cours.

A vocation généraliste il propose tout d'abord un tour d'horizon des principes physiques mis en jeu lors de la conversion de l'énergie, directe et indirecte et de son stockage. Parmi les systèmes dits de " conversion directe d'énergie", une attention plus particulière sera portée à la conversion photovoltaïque. Les apports potentiels ou effectifs des nano-matériaux dans les processus de conversion/transduction de l'énergie (systèmes capteurs-actionneurs, muscles artificiels, nano-résonateurs...) seront abordés.

### Nanosciences pour la vivant

PH212 – Semestre 4

Responsable du module : L. Salomé

Volume horaire: 20 h

Correspondant ISAE : Angélique RISSONS

Ects: 2

#### Descriptif

Acquérir des connaissances en physique pour le vivant associé à la nano-biologie et aux nano-biotechnologies.

Les nanotechnologies appliquées à la biologie et à la santé sont un domaine majeur de la recherche en physique pour les sciences du vivant. Les applications concernent non seulement le secteur de la santé mais aussi de l'environnement, de l'agronomie, de l'exobiologie, des matériaux.

### Lasers pour le spatial

PH213 – Semestre 4

Responsable du module : Angélique RISSONS

Volume horaire: 20 h

Ects: 2

#### Descriptif

Formation complémentaire sur les applications des technologies laser dans le spatial. Ouverture vers la R&D dans les industries du spatial (EADS ASTRIUM, Thales Alenia Space), Agences Spatiales (CNES, ESA,..) ainsi que la recherche

Grâce à une technologie en constante évolution, les lasers sont devenus la source optique de prédilection des systèmes orbitaux. Après une présentation des contraintes auxquelles doivent répondre les lasers pour une spatialisation, un focus sur certaines applications sera présenté par des chercheurs et ingénieurs de l'industrie et des agences du spatial. Ces applications iront de l'horloge atomique aux systèmes de transmission en passant par la métrologie.

Ce module sera illustré par une visite de laboratoires et des travaux pratiques.

**Responsable du module :** N. Davezac**Volume horaire:** 20 h**Correspondant ISAE :** Angélique RISSONS**Ects:** 2**Descriptif**

Acquérir la connaissance des processus biologiques fondamentaux impliquant l'ADN. Appréhender les enjeux des recherches actuelles. Explorer les outils technologiques et conceptuels en développement

- L'ADN molécule support du génome : bases physico-chimiques, organisation du génome
- ADN et évolution : une nouvelle classification du vivant
- L'ADN dans son contexte cellulaire eucaryote et procaryote
- Ingénierie de l'ADN : de la synthèse in vitro à son utilisation pour des applications biotechnologiques ou biomédicales
- Modifications de l'ADN et maladies génétiques
- Observation et manipulation de l'ADN
- Modélisations mathématiques et physiques
- Visite de laboratoires et Museum d'Histoire Naturelle

## Unité de formation structures et matériaux

---

### Modélisation de structures par la méthode des éléments finis linéaires

SM211 – Semestre 4

Responsable du module : Christophe BOUVET

Volume horaire: 20 h

Ects: 2

#### Descriptif

Présentation de la méthode des éléments finis.

Présentations des différents éléments finis utilisés en calcul de structures.

Utilisation d'un code de calcul par éléments finis.

Le calcul de structures correspond à un besoin industriel important notamment dans le domaine aérospatial. Il fait appel le plus souvent à la méthode des éléments finis et à des algorithmes performants de résolution de systèmes d'équations.

Sur le plan théorique, les principes de la méthode ont été vus dans le cours de Tronc commun de Calcul Scientifique.

Un logiciel de calcul commercial sera utilisé dans ce module pour aborder le calcul de structures par la méthode des éléments finis linéaires.

L'accent sera mis sur l'interprétation physique des phénomènes modélisés, pour des structures élémentaires et industrielles.

### Comportement mécanique des matériaux structuraux

SM212 – Semestre 4

Responsable du module : Philippe LOURS

Volume horaire: 20 h

Correspondant ISAE : Christophe BOUVET

Ects: 2

#### Descriptif

Présenter les grandeurs mécaniques de base utilisées dans les calculs de comportement des matériaux, pour les différents types de déformation. Pré requis indispensable au module "matériaux pour structures aéronautiques et spatiales" de 3ème année.

### Conception de structures anisotropes et composites

SM213 – Semestre 4

Responsable du module : Christophe BOUVET

Volume horaire: 20 h

Ects: 2

#### Descriptif

Acquisition des connaissances nécessaires au dimensionnement et à la fabrication des structures réalisées en matériaux composites à fibres longues.

Ce cours présente les principes de fabrication et de dimensionnement des structures composites stratifiées. La partie fabrication, réalisée par un intervenant industriel, présente les principaux modes de fabrication des structures composites utilisées industriellement: RTM, drapage, infusion... La partie calcul, réalisée à partir de cours, PCs et BE, présente les méthodes de dimensionnement des structures composites utilisées industriellement: comportement du pli, comportement en membrane et flexion du stratifié, critères de rupture, micromécanique, vieillissement humide, visco-endommagement...

### Eco conception

SM214 – Semestre 4

Responsable du module : C. Puechberty

Volume horaire: 20 h

Correspondant ISAE : Joseph MORLIER

Ects: 2

#### Descriptif

Le cours est une introduction à l'éco conception: choix des matériaux dans une optique environnementale

Face aux enjeux écologiques et économiques actuels et à venir, les directives et la demande de la société, il est nécessaire de minimiser l'impact sur l'environnement dès la phase de conception des produits, qu'il s'agisse de bien, de services...



L'objectif de ce cours est de présenter les enjeux, les différentes approches et les outils pour éco-concevoir. Etudier les énergies et identifier celles renouvelables avec leurs exploitations ou transformations. Après avoir vu les fondements de l'écoconception et la stratégie du cycle de vie nous étudierons les méthodes et outils d'écoconception avec leurs spécificités liées à différents secteurs d'activité. Dans une démarche de conception nous exploiterons un logiciel de choix de matériau et de procédé afin de minimiser l'impact environnemental. Dans le cadre de l'analyse du cycle de vie nous utiliserons aussi des logiciels informatiques comme Simapro et Bilan Carbone permettant d'évaluer l'impact environnemental d'un produit.