ISAE
Institut Supérieur de l'Aéronautique et de l'Espace
SUPAERO

Ingénieurs ISAE-SUPAERO

Programme 2017-2018

Deuxième année

TABLE DES MATIÈRES

structuration de la deuxième année 3

TRONC COMMUN SCIENTIFIQUE..... 5
Mécanique générale 6
Mécanique et thermodynamique des fluides 7
Mathématiques appliquées 8
Signaux et systèmes 10
Mécanique des solides déformables.....11
Mécanique des solides déformables (suite).....12
Informatique 13
Physique 14

TRONC COMMUN INGÉNIERIE ET ENTREPRISE.....17
Ingénierie et entreprise 1 18
Management Stratégique.....18
Conception fonctionnelle.....18
Gestion de projet.....19
Ingénierie et entreprise 2 20
Conception avant-projet avion 20
Conception avant-projet spatial 20

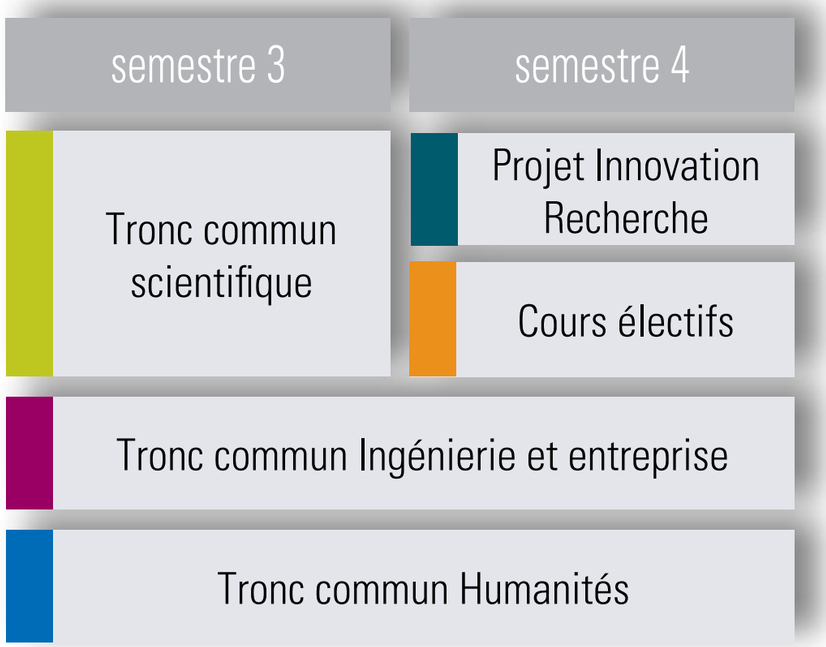
TRONC COMMUN HUMANITÉS 23
Arts & cultures : un curriculum à la carte 24
Pratiques Corporelles 27
Langue vivante 1 28
Langue vivante 2 29
Intercultural workshop 29

PROJET INNOVATION ET RECHERCHE..... 31

MODULES ÉLECTIFS 33
Écoulements géophysiques 34
Écoulements diphasiques à interface 35
Vers la simulation numérique intensive 36
Wind engineering 36
Propulsion éolienne 37
Aérothermie 37
Approche pratique-intégrée expérimental/ simulation en aérodynamique 38
Matériaux Innovants 39
Matériaux aéronautiques et spatiaux..... 40
Tribologie des systèmes mécaniques 40
Aéroélasticité (ou l'avion souple) 41
Biomécanique 42
Modélisation structures par éléments finis et CAO .. 43
Théories des coques minces 44
Enquête d'opinion sur le trafic aérien 46
Commande de vol 47
Initiation aux tecniques d'essais en vol 48
Facteurs Humains dans l'activité du pilote 48
Automatique avancée 49
Vols habités 49
Météo et océanographie 50
Pilotage et Guidage des drones 50
Maintenance..... 51
Cryptographie..... 52
Approfondissement en mathématiques..... 53
Modélisation 3D et synthèse d'images 54
Introduction au big data 54
Méthodes de Monte-Carlo 55
Architecture des systèmes 55
Optimisation numérique avancée..... 56
Applications Web de nouvelle génération 56
Cybercriminalité et Guerre électronique..... 57
Dans la peau d'un ingénieur en optimisation..... 58
La miniaturisation, jusqu'où ? Des nanotechnologies aux nano-objets 58
Ingénierie quantique..... 59
Conception des circuits numériques complexes ... 59
Effets de l'environnement radiatif naturel sur l'avionique, les lanceurs et les systèmes sol : comment se prémunir contre les dysfonctionnements ? 60
Communications optiques Spatiales 61
Miniaturiser les charges utiles pour les nanosatellites 62
Téléscopes et surveillance de l'espace planétologie et sondes spatiales physique Stellaire 63
Gouvernance et organisation des entreprises..... 64
Économie du secteur aérien..... 65
Métiers du conseil et gestion de carrière 66
Macroéconomie et mondialisation de l'économie.. 67
Macroéconomie..... 67
Économie de la mondialisation..... 67
Management de la diversité 68
Méthodologie d'innovation : le design thinking..... 68
Semaine mobilité..... 69

COMPLÉMENTS DE PROGRAMME POUR LES AUDITEURS EN SUBSTITUTION DU SEUL SEMESTRE 4 69

STRUCTURATION DE LA DEUXIÈME ANNÉE



TRONC COMMUN SCIENTIFIQUE

Mécanique générale 6
Mécanique et thermodynamique des fluides 7
Mathématiques appliquées 8
Signaux et systèmes 10
Mécanique des solides déformables 11
Informatique 13
Physique 14

MÉCANIQUE GÉNÉRALE

TCS3-MG

Responsable : Stéphanie LIZY-DESTREZ

Ce cours vise à transmettre les équations du mouvement des systèmes solides afin de pouvoir modéliser le comportement et la trajectoire de véhicules aéronautiques et spatiaux. Ces capacités de modélisation seront nécessaires pour aborder les enseignements ultérieurs de mécanique appliquée et de modélisation : aérodynamique, mécanique des structures, dynamique des véhicules aérospatiaux, moteurs, robotique, identification et contrôle des systèmes. Les cours s'articulent autour de 2 disciplines.

OBJECTIFS GLOBAUX CONNAISSANCES ET COMPÉTENCES

Mécanique spatiale

Le but de cet enseignement de mécanique spatiale est de présenter 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.

Volume horaire : 20h

- cours en amphi : 1h00 ;
- cours en PC : 15h00 ;
- bureaux d'études : 4h ;
- examens (Ecrit 1h30).

Mécanique du vol

L'enseignement de première année portait sur l'écriture des équations générales régissant le mouvement des avions (vol en palier, montée, descente, dérapé stabilisé, virage). Ces équilibres constituent le point de départ pour l'analyse des performances de vol, traitées dans l'option « dynamique du vol » de première année. L'objectif du cours de seconde année concerne la dynamique proprement dite de l'avion, c'est-à-dire le mouvement des avions à une échelle de temps plus courte dans des situations hors équilibre. Dans le monde aéronautique, cet aspect du vol des avions est désigné par le terme « qualités de vol ». Les qualités de vol s'intéressent en premier lieu à la pilotabilité d'un avion, c'est-à-dire à son comportement suite à des actions sur les gouvernes à la disposition du pilote. Le second volet des qualités de vol est l'étude de la stabilité qui traduit comment l'avion rejoint son état d'équilibre en cas de perturbations causées par de la turbulence ou des rafales de vent. Dans ce cours, les qualités de vol seront traitées par une approche analytique. Cette méthode permet de déterminer explicitement les paramètres influents et ainsi d'accéder à une compréhension physique des phénomènes. Le but visé est de vous donner la capacité d'analyser et de régler les qualités de vol d'un avion. L'approche analytique est complétée par une approche numérique plus précise, pendant les Bureaux d'Études. 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.

Volume horaire : 20h

- cours en amphi : 8h ;
- bureaux d'étude : 10h ;
- séance de TP télémesures avec vol avion de Lasbordes : 1h ;
- examens (Ecrit 1h).

PRÉREQUIS ET REMISE A NIVEAU

Mécanique spatiale : mécanique générale ;

Mécanique du vol: cours de 1A sur les équilibres latéraux et longitudinaux, MOOC Avion.

ÉVALUATIONS

Le module sera évalué sur la base de :

- pour la mécanique spatiale : un examen écrit (documents limités), complété d'un bureau d'études ;
- pour la mécanique du vol : un examen écrit et bureaux d'études.

BIBLIOGRAPHIE

Mécanique Spatiale, B. Escudier – J-Y Pouillard

MÉCANIQUE ET THERMODYNAMIQUE DES FLUIDES

Responsable : Nicolas BINDER

TCS3-MF

Cet enseignement participe à l'acquisition de connaissances essentielles à tout ingénieur diplômé de l'ISAE. Il a pour objectif de poser les bases de la mécanique des fluides visqueux, des écoulements compressibles, de l'aérodynamique et la propulsion de l'avion.

Les étudiants obtiendront les fondamentaux de la physique régissant les écoulements visqueux en régimes laminaire et turbulent. Les écoulements compressibles seront abordés depuis le régime subsonique jusqu'au régime supersonique avec le traitement des ondes de chocs. Autour de l'avion, les théories et modèles fondamentaux de l'aérodynamique incompressible 2D et 3D seront enseignées. Les spécificités des profils liées à l'aérodynamique compressible seront aussi présentées. Enfin, la propulsion de l'avion sera détaillée à travers le fonctionnement (y compris hors adaptation) de différentes architectures propulsives ainsi qu'en abordant l'aérothermodynamique des turbomachines.

OBJECTIFS GLOBAUX CONNAISSANCES ET COMPÉTENCES

À l'issue de ce bloc de tronc commun scientifique, l'étudiant devra connaître:

- la physique et le comportement des écoulements visqueux ;
- les caractéristiques des écoulements turbulents et leur traitement par voie statistique ;
- la physique des écoulements compressibles ;
- les théories et modèles de l'aérodynamique incompressible 2D et 3D ainsi que les spécificités liées à l'aérodynamique compressible ;
- le principe de fonctionnement des architectures propulsives ainsi que de leurs composants.

À l'issue de ce bloc de tronc commun scientifique, l'étudiant devra être capable de :

- caractériser une couche limite laminaire et turbulente (attachée et décollée) et sa transition ;
- calculer des chocs et détentes sur un profil ;
- calculer les performances d'un profil d'aile avec ou sans dispositif hypersustentateur ;
- analyser les performances d'une architecture propulsive.

Fluide compressible et visqueux (28h): Physique des écoulements visqueux, écoulements laminaire, transitionnel, turbulent, couches limites, frottement, décollement, écoulements cisaillés, écoulements compressibles subsonique et supersonique, calculs de chocs et détentes

Aérodynamique (19h): Aérodynamique 2D (profil mince, problème portant), Aérodynamique 3D (ligne portante, traînée induite), systèmes hypersustentateurs, effet Reynolds et Mach, Aile Delta

Propulsion (14h): Performances et rendements, architecture et composants turbomachines, aérothermodynamique, aérodynamique de l'hélice

PRÉREQUIS ET REMISE A NIVEAU

La maîtrise du tronc commun « Mécanique et thermodynamique des fluides » de première année permettra d'aborder au mieux cet enseignement de deuxième année. Pour les élèves qui n'auraient pas suivi le tronc commun 1A il est recommandé une remise à niveau sur les points suivants :

- grandeurs totales, 1er principe de la thermodynamique, générateur de gaz ;
- équations fondamentales de la dynamique, établissement du modèle de Navier-Stokes ;
- notions de Similitude ;
- méthode des singularités ;
- profil d'aile.

ÉVALUATIONS

- la validation du bloc est à 10/20 ;
- BE notés (dont un devoir maison), 3 examens intermédiaires (dont un sous forme de QCM)

BIBLIOGRAPHIE

J. Anderson, Modern Compressible Flow: With Historical Perspective 3rd Edition , McGraw-Hill Publishing company.

P. Chassaing, Mécanique des fluides, 2e édition, Cépaduès-éditions,2000

P. Chassaing, Turbulence en Mécanique des fluides, Cépaduès-éditions,2000

J. Cousteix « Couche Limite Laminaire », Cepadues, Toulouse, 1989.

J. Cousteix « Turbulence et Couche Limite », Cepadues, Toulouse, 1989.

Ryhming « Dynamique des Fluides », Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, Lausanne, 2009.

Fundamentals of Aerodynamics, Anderson

Aerodynamics for Enginerring Students, Houghton & al.

MATHÉMATIQUES APPLIQUÉES

TCS3-MA

Responsable : Ghislain HAINE

Trois objectifs principaux dans le cursus :

- approfondir et utiliser les notions abordées en classe préparatoire dans le contexte des sciences de l'ingénieur ;
- développer et améliorer la compétence des élèves à modéliser des phénomènes issus des sciences de l'ingénieur ;
- entraîner et maîtriser l'abstraction, l'axiomatisation et la logique déductive initiées en classe préparatoire.

Le tronc commun de mathématiques est un enseignement à vocation transversale qui se donne pour objectif de fournir aux étudiants la maîtrise d'outils mathématiques actuels, qui dépassent le cadre académique des classes préparatoires, et qui sont nécessaires à une bonne compréhension du reste de la formation : aérodynamique, mécanique des structures, électronique, automatique, traitement du signal...

La formation en mathématiques appliquées vise en particulier trois domaines d'application importants dans l'industrie :

- la modélisation et la simulation numérique : identifier les modèles, reformuler et résoudre les problèmes considérés, combiner les différentes méthodes abordées, les simuler sous MATLAB, ... ;
- le traitement du signal et des images : nommer les différentes transformées, les associer aux bonnes équations, les combiner, les différencier, ... ;
- l'analyse de données de grande dimension : identifier les lois de probabilités, reformuler les problèmes considérés, utiliser les tests statistiques, ...

CONNAISSANCES ET COMPÉTENCES

- **Connaissance** : à partir des cours en amphi et des polycopiés distribués, l'étudiant devra être capable de mémoriser, identifier, définir et formuler les différentes notions et différents résultats abordés.
- **Compréhension** : à partir des exercices qui seront faits en petites classes, l'étudiant devra être capable de reconnaître, comparer et décrire ces différentes notions et différents résultats.
- **Application** : à partir des exercices et des travaux pratiques sur table ou sur machine, l'étudiant devra être capable d'illustrer, simuler et résoudre les différents problèmes qui lui seront soumis.

Mathématiques (30h)

Équations aux dérivées partielles – Théorie et simulations numériques :

- rappels et différences finies ;
- équations hyperboliques et méthode des volumes finis ;
- équations elliptiques et méthode des éléments finis.

PRÉREQUIS ET REMISE À NIVEAU

Les cours sont construits de telle sorte que l'unique pré-requis est le programme d'analyse fonctionnelle de 1A.

Une harmonisation sera mise en place sur LMS pour les AST.

RÉSUMÉ

Le but de ce cours est 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. Deux familles d'équations sont abordées : hyperbolique et elliptique. Chacune de ces familles d'équations est étudiée tant d'un point de vue théorique que numérique. Chaque partie du cours se conclut par un BE en salle machine.

ÉVALUATIONS

La notation du bloc de Mathématiques Appliquées s'appuiera sur 4 notes, calculées à partir de trois types d'évaluation :

- un BE écrit (2h sur table) (valant pour 35 % de la note finale) ;
- deux BE numériques notés en séance (chacun valant pour 15 % de la note finale) ;
- un BE numérique noté sur compte rendu (valant pour 35 % de la note finale).

Le bloc sera validé si la note finale est supérieure ou égale à 10/20.

SIGNAUX ET SYSTÈMES

Responsable : Stéphanie BIDON

TCS3-SS

Le tronc commun Signaux et Systèmes a pour but de donner aux élèves les notions de base permettant la compréhension des systèmes d'acquisition, de contrôle, de traitement et de transmission de l'information. Le spectre des domaines techniques abordés est large et comprend, entre autres, l'électrotechnique et l'électronique de puissance, l'électronique analogique et numérique, le traitement du signal, les télécommunications, l'automatique.

ORGANISATION

Le bloc Signaux et Systèmes est présent sur les deux premières années du cursus ingénieur pour un volume total de 125 heures de face à face pédagogique.

En deuxième année, il se décline sous la forme de trois parties pour un total de 70 heures de face à face pédagogique :

- le traitement du signal aléatoire ;
- les systèmes de communication sans fil ;
- l'automatique.

Les cours y sont dispensés par une approche classique sous la forme de cours magistraux, travaux dirigés, et bureaux d'étude. En automatique le cours sera construit autour d'une étude de cas servant de fil conducteur.

CONNAISSANCES ET COMPÉTENCES

- modéliser, analyser et traiter des signaux non-déterministes grâce aux processus aléatoires (en particulier dans le cas de signaux stationnaires au sens large) ;
- identifier et décrire les éléments constitutifs d'une chaîne de transmission (électronique hyperfréquence, traitement du signal) ;
- comprendre et maîtriser la mise en œuvre des outils de base de la modélisation et de l'analyse des systèmes dynamiques ;
- comprendre et maîtriser la mise en œuvre des outils de base de la synthèse de lois de commande ;
- analyser les performances d'un système de régulation complexe.

DÉCOUPAGE :

Traitement du signal aléatoire (20h)

- généralités sur les processus et séquences aléatoires ;
- définition, filtrage et spectre des processus stationnaires au sens large ;
- exemples de processus classiques (bruit blanc, processus Gaussien) ;
- représentation complexe des signaux aléatoires à bande étroite.

Introduction aux systèmes de communication sans fil (10h)

- circuits et antennes hyperfréquences ;
- traitement du signal pour les chaînes de transmission.

Automatique (40h)

- établissement et lecture de schémas fonctionnels ;
- représentation d'état et fonction de transfert (case des systèmes mono-variables) ;
- analyses temporelle, fréquentielle et modale et leurs complémentarités ;
- commande fréquentielle, correcteurs PID ;
- commande modale ;
- analyse de la robustesse ;
- estimation de variables non mesurées ;
- sensibilisation à la discrétisation et implémentation de loi de commande ;
- mise en œuvre sous Matlab.

EVALUATIONS

- traitement du signal : BE notés, examen écrit ;
- introduction aux systèmes de communication sans fil : questionnaire LMS ;
- automatique : QCM, test sur machine.

BIBLIOGRAPHIE

Athanasio PAPOULIS , Probability, random variables, and stochastic processes, 3rd ed, New York; Saint Louis; Paris [etc.], McGraw-Hill, 1991.

Michel JOINDOT et Alain GLAVIEUX. Introduction aux communications numériques. Dunod, 2007.

David M. POZAR. Microwave Engineering, 4th ed, John Wiley & Sons, 2011

Modern Control Systems Ed Eleventh Edition de Richard C. Dorf et Robert H. Bishop

Gene F. FRANKLIN, J. DA POWELL, Abbas EMAMI-NAEINI, Feedback Control of Dynamic Systems (7th Edition) 7th Edition

MÉCANIQUE DES SOLIDES DÉFORMABLES

Responsable : Laurent MICHEL

TCS3-MS

Cet enseignement participe à l'acquisition par tout ingénieur diplômé de l'ISAE, d'une culture pluridisciplinaire en mécanique des structures afin qu'il puisse dialoguer avec des ingénieurs spécialistes mais aussi comprendre les approches complexes transverses du triptyque : conception, fabrication et dimensionnement des structures.

Ce module de Tronc Commun est composé de deux parties qui se complètent et interagissent. La première est dédiée au calcul de structures (35h). Elle présente la modélisation des structures de type plaque et aborde la dynamique des structures. Les principes et outils de la méthode aux éléments finis appliquée au calcul de structures sont ensuite posés. La pratique d'un code de calcul permet d'illustrer à la fois le comportement mécanique des structures et les problématiques associées à la modélisation numérique des structures. La deuxième partie présente les éléments généraux de la conception et fabrication des structures (13h). Les différentes méthodes de fabrication sont présentées, illustrées par des applications actuelles, et le lien avec les choix de conception est souligné. Deux initiations à la Conception Assistée par Ordinateur et à la pratique des méthodes de fabrication permettent d'illustrer le lien Conception et Fabrication, et les exigences de qualité en Fabrication.

OBJECTIFS GLOBAUX CONNAISSANCES ET COMPÉTENCES

Les objectifs de ce cours de tronc commun sont de donner les connaissances et capacités permettant aux élèves :

- de comprendre et d'analyser le comportement d'une structure de type plaque,
- de déterminer les modes propres d'une structure simple de type poutre ou plaque ;
- et d'utiliser la méthode des éléments finis appliqués au calcul de structure pour des calculs linéaires élastiques en hypothèses de petites perturbations, pour des calculs de flambage, et pour effectuer une analyse modale

et aussi de :

- faire découvrir le monde de la fabrication aéronautique et montrer les liens avec la conception : dessiner pour fabriquer ;
- sensibiliser aux liens et moyens modernes d'échange entre conception, calcul et fabrication : ingénierie simultanée ;
- initier à la CAO et aux méthodes de fabrication.

Compétences attendues :

À l'issue du module, l'étudiant devra être capable de :

- décrire et utiliser la théorie classique des plaques minces pour un dimensionnement en résistance, et en rigidité ;
- décrire la démarche et les hypothèses qui permettent d'utiliser la méthode des éléments finis ;
- décrire et mettre en œuvre les étapes de modélisation pour poser résoudre et analyser des simulations ou modèles pour des structures minces ;
- commenter et vérifier les résultats par rapport à des estimations ou solutions analytiques ;
- décrire les différents processus de fabrication généralement utilisés en aéronautique ;
- définir les limites d'utilisation et les contraintes de conception de ces processus ;
- décrire les processus d'échanges d'information entre les acteurs de l'industrialisation d'un système aéronautique ;
- estimer les ordres de grandeur des flux de production et leurs implications dans les moyens de fabrication ;
- relier les processus de fabrication aux propriétés des pièces auxquelles ils sont destinés selon les grandes classes de matériaux ;
- placer les contraintes de fabrication dans l'environnement juridique et économique de l'aéronautique.

PROGRAMME :

- modèle de plaque mince ;
  - rappels systèmes discrets ;
  - notion de coupure, Efforts internes de plaques ;
  - comportement de membrane et de plaque en flexion ;
  - approche énergétique pour la résolution des équations ;
  - flambage
- vibration de poutre (et de plaque) : analyse modale ;
  - vibration longitudinale ;
  - vibration de flexion ;
- MEF :
  - l'usage des éléments finis : qu'est-ce qu'un code de calcul de structures. Exemples de solveurs (flambage, linéaire, analyse modale) ;
  - formulations intégrales de la mécanique : notions de travail et d'énergies ;
  - méthode des éléments finis : notions de discrétisation et d'approximation ;

MÉCANIQUE DES SOLIDES DÉFORMABLES (suite)

TCS3-MS

Responsable : Laurent MICHEL

- fonctions de forme et matrices élémentaires. Exemples ;
- discrétisation et Assemblage. Exemples 1D/2D ;
- forces nodales équivalentes ;
- résolution d'un problème complet ;
- calcul des déformations et contraintes par résolution en déplacement ;
- compléments sur les EF 2D ;

➲ Conférences :

- Organisation du calcul de structures dans l'industrie Aérospatiale

➲ le marché de l'aéronautique : particularisme et contraintes.

- les matériaux, procédés de fabrication et règles de conception associées ;
- l'usine du futur ;
- fabrication des matériaux composite ;
- fabrication des matériaux métalliques (usinage, formage, fabrication additive) ;
- traitement de surface ;
- assemblage .

PRÉREQUIS ET REMISE A NIVEAU

➲ « Mécanique générale » et « Mécanique des solides déformables » de 1A ;

➲ mise à niveau à effectuer pour les AST sans UE en «résistance de matériaux ou des structures ».

ÉVALUATIONS

2 BE (20%), 1 projet (30%), 2 examens écrits (50%)

Le bloc est validé lorsque cette moyenne est égale à 10/20

BIBLIOGRAPHIE

J-F. Imbert, Analyse des structures par la méthode des éléments finis, Cépaduès Edition, 1984

O-C. Zienkiewicz, La méthode des éléments finis, Mc Graw-Hill, 1973

P. Trompette, Mécanique des structures par la méthode des éléments finis, Masson, 1992

J-C. Craveur, Modélisation des structures : Calcul par éléments finis, Masson, 1996

M. Cazenave, Méthode des éléments finis : Approche pratique en mécanique des structures, Dunod, 2010

Y Gourinat, Introduction à la dynamique des structures, Cépadues, 2001

S Laroze, Mécanique des structures : Tome 1. Solides élastiques, plaques et coques, Cépaduès Edition, 2005.

G Penna, Fabrication des avions (cours ENSICA 1985)

Analyse de la valeur, Analyse fonctionnelle, Normes AFNOR NFY 50150

Techniques d'utilisations des photons, Collection DOPEE, 1985,

C. Petitdemauve, Les techniques de l'ingénieur, La maîtrise de la valeur, AFNOR

3,5 ECTS

50 h

INFORMATIQUE

Responsable : Christophe GARION

TCS3-IN

L'objectif de ce bloc est de permettre aux étudiants de maîtriser le développement de logiciel de taille moyenne et de qualité industrielle (conception, programmation, tests, paradigme orienté objet, travail en équipe). Ils acquerront également une culture générale informatique leur permettant de situer l'intérêt des technologies d'information et de communication dans le contexte des projets industriels, et de comprendre la complexité du développement de composants et d'architectures logicielles. Ils connaîtront et comprendront enfin les principes fondamentaux des réseaux de communication (architecture de base et protocoles).

OBJECTIFS GLOBAUX CONNAISSANCES ET COMPETENCES

L'accent sera mis sur la conception et la programmation orientées objet avec Java et UML, ainsi que sur les bases des réseaux de communication, à la fois en termes de protocoles de communication et d'architecture.

Conception et programmation orientées objet

À l'issue de cet enseignement, les élèves devraient être en mesure de :

➲ expliquer avec leurs propres mots les concepts du paradigme orienté objet (classes, objets, encapsulation, couplage, généricité, polymorphisme) et les concepts liés à la synchronisation et au partage de ressources (threads, sémaphore n-aire, moniteur de Hoare, interblocage, famine, équité, terminaison) ;

➲ lister et rappeler la syntaxe des constructions du langage Java couvrant les paradigmes orienté objet, procédural et impératif, ainsi que la synchronisation et le partage de ressources ;

➲ appliquer les constructions du langage Java en réalisant un programme conforme à un cahier des charges détaillé ;

➲ concevoir un programme Java utilisant les constructions les plus appropriées à partir d'un cahier des charges non détaillé ;

➲ reconnaître les différents éléments d'un diagramme de classes ou de paquetages UML : classes, attributs, méthodes, relations, rôles, multiplicités ;

➲ reformuler les différents éléments d'un diagramme de classe ou de paquetages UML en Java.

Réseau

À l'issue de cet enseignement, les élèves devraient être en mesure de :

➲ expliquer le fonctionnement de la pile protocolaire TCP/IP en utilisant un vocabulaire approprié (notamment mode connecté ou non connecté, socket, API, protocole, adressage, port, multiplexage, proxy, firewall) ;

➲ analyser un problème de connexion et expliquer sa cause en utilisant un vocabulaire approprié.

PREREQUIS ET REMISE A NIVEAU

En ce qui concerne le module, le seul prérequis est une bonne connaissance des paradigmes de programmation impératifs et procéduraux dans n'importe quel langage de programmation procédural (Python, C, Pascal, etc.). Une connaissance du langage est C est cependant conseillée, du fait de la proximité syntaxique de Java et C.

ÉVALUATIONS

Le module est évalué par deux notes :

➲ une note de projet (40% de la note finale) en binôme à faire en dehors des heures de cours. La quantité de travail attendue est de 20h. Aucun rapport n'est demandé ;

➲ une note d'examen (60% de la note finale). L'examen se déroulera sur une machine permettant de développer des applications en langage Java, mais le seul accès dont disposera l'élève sera une connexion vers son dépôt personnel. Les seuls documents autorisés seront les documents distribués en cours. L'examen portera sur l'intégralité du cours.

BIBLIOGRAPHIE

Oracle, The Java Tutorials (online) : https://docs.oracle.com/javase/tutorial.

J.F. Kurose, K.W. Ross, Computer Networking : A Top-Down Approach, 6th Edition, Pearson, 2013.

PHYSIQUE

TCS3-PH

Responsable : Sébastien MASSENOT

La vocation des enseignements du bloc de tronc commun de Physique est de conforter l'assise scientifique de tout ingénieur par des enseignements à caractère fondamental et transverse permettant d'adresser plusieurs champs disciplinaires. L'introduction de nouveaux concepts permettra également d'apporter une lucidité technique à tout ingénieur devant faire face à un problème en rupture avec des modélisations classiques.

Basés sur les fondamentaux de 1A, l'objectif des enseignements de seconde année est de présenter les concepts physiques relatifs à des éléments de Physique macroscopique devant être connus par tout ingénieur en aéronautique et spatial. Il s'agira d'abord d'introduire les principaux modes de transferts de chaleur (conduction, convection et rayonnement) ainsi que la mise en œuvre mathématique de la résolution de problèmes pertinents au domaine aérospatial (couche limite thermique, facteurs de formes, chambre de combustion…). En un second temps, la Physique des phénomènes hors-équilibre sera abordée. Il s'agira de donner un cadre général pour les phénomènes de transports d'un point de vue macroscopique avec la thermodynamique des processus irréversibles puis microscopique avec une introduction à l'équation de Boltzmann dans le cadre de la physique statistique hors-équilibre.

OBJECTIFS GLOBAUX CONNAISSANCES ET COMPÉTENCES

A l'issue de ces enseignements, les élèves devront être capable de:

- savoir décrire les trois modes de transferts de la chaleur ainsi que connaitre leurs spécificités ;
- identifier, analyser et résoudre un problème de conduction stationnaire ou instationnaire ;
- d'appréhender les phénomènes de diffusion de la chaleur dans les fluides en mouvement et d'en identifier les conséquences ;
- décrire les principes des transferts radiatifs et de calculer les échanges entre surfaces noires ou grises ;
- décrire les notions fondamentales mises en jeu dans l'étude des processus irréversibles linéaires ;
- maitriser les ordres de grandeur associés aux disciplines rencontrées.

Physique des transferts de chaleur (16h)

- importance des transferts de chaleur dans les applications aéronautiques et spatiales ;
- transferts de chaleur par conduction : Flux thermiques, loi de Fourier, conductivité thermique, équation de la chaleur en régimes stationnaires et instationnaires ;
- transferts de chaleur par convection : Equation de la chaleur dans un milieu en mouvement ; Application à la couche limite thermique en aérodynamique ;
- transferts de chaleur par rayonnement : Propriétés énergétiques des rayonnements. Corps noir et loi de Planck. Emissivité des corps réels. Echanges radiatifs entre surfaces Lambertiennes. Facteurs de formes.

Physique des processus irréversibles (14h)

- intérêt de la connaissance des situations hors-équilibres lors de l'évolution d'un système. Production d'entropie lors d'une transformation ;
- les sources de l'irréversibilité en Physique ;
- thermodynamique des processus irréversibles : Forces thermodynamiques, flux et réponse linéaire. Description des phénomènes de transport. Applications à la conduction thermique et aux effets thermoélectriques ;
- physique statistique hors-équilibre : évolution temporelle de la fonction de distribution avec l'équation de Boltzmann. Introduction à la méthode Lattice-Boltzmann en dynamique des fluides.

PRÉREQUIS ET REMISE A NIVEAU

Programme de physique et de mathématiques de classes préparatoires.

Tronc commun de première année en thermodynamique des fluides et en physique statistique à l'équilibre.

Une harmonisation en physique statistique à l'équilibre serait souhaitable.

ÉVALUATIONS

La validation du bloc est à 10/20.

Un BE noté (synthèse des modes de transferts thermiques) et un QCM final sur l'ensemble des notions abordées dans le bloc.

BIBLIOGRAPHIE

Transferts thermiques, 5ème édition, J. Taine, F. Enguehard & E. Iacona Dunod (2014)

A heat transfer textbook, 3ème édition, J. H. Lienhard IV & J. H. Lienhard V, Phlogiston (2008)

Thermodynamique statistique – Equilibre et hors-équilibre, M. Le Bellac & F. Mortessagne, Dunod (2001)

Physique statistique hors-équilibre, N. Pottier, CNRS Editions (2007)

Phénomènes de transferts, A. Lallemand, Ellipses (2012)

Physique statistique à l'équilibre et hors équilibre, 3ème édition, C. Ngô & H. Ngô, 2008, Dunod.

TRONC COMMUN INGÉNIERIE ET ENTREPRISE

Ingénierie et entreprise 1 18
- Management stratégique 18
- Conception fonctionnelle 18
- Gestion de projet 19

Ingénierie et entreprise 2 20
- Conception avant projet avion 20
- Conception avant-projet spatial 20

INGÉNIERIE ET ENTREPRISE 1

IE-201

➥ MANAGEMENT STRATÉGIQUE

Responsable : Pierre JEANBLANC

L'objectif de ce cours est de vous amener à comprendre la logique de croissance des entreprises et d'évaluer la pertinence d'une décision stratégique à partir de sa capacité à s'adapter à l'ensemble de ses contraintes environnementales. Il vous sera alors possible de mener un « audit externe » de façon totalement autonome. Vous serez en mesure de comprendre les grandes décisions dont parlent les médias.

OBJECTIFS GLOBAUX CONNAISSANCES ET COMPÉTENCES

Le management stratégique consiste à prendre des décisions susceptibles de créer de la richesse pour les actionnaires et de les mettre en œuvre. Ces décisions peuvent concerner le renforcement de la position d'une firme sur son marché en éliminant ou en absorbant ses concurrents, à se diversifier sur de nouveaux marchés géographiques, à étendre se gamme de produits, à se diversifier vers de nouveaux produits…

Ces décisions ne peuvent se prendre qu'en respectant les contraintes de fonctionnement imposées par l'environnement dans lequel évolue l'entreprise. Mieux la firme est adaptée à ces contraintes ("strategic fit"), plus forte est son espérance de victoire.

CONTENU DU COURS :

- contraintes suprasectorielles : Le système capitaliste : l'obligation de créer de la richesse actionnariale ;
  - Indicateurs de performance économique ;
  - Comment maximiser la performance économique ?
- contraintes intrasectorielles : Les règles du jeu à respecter obligatoirement ;
  - segmentation sectorielle ;
  - stratégie de la valeur et positionnement stratégique ;
  - modèle économique de référence et Facteurs Clef de Succès ;
  - principe d'analyse concurrentielle ;
  - avantage concurrentiel et structure des marchés ;
- contraintes environnementales, audit externe et principe du diagnostic stratégique ;

DÉROULEMENT DU MODULE

- phase académique : Le cours déroulera sur 2 séquences de 3 h et construit autour de nombreux exemples issus de l'actualité ;
- phase études de cas. Par équipes de 5 élèves, encadrées par des consultants et des enseignants. Sur trois séquences de trois heures.

ÉVALUATIONS

Notes des études de cas

BIBLIOGRAPHIE

Stratégique, G. Johnson, R. Whittington, K. Scholes, Pearson, 2014

Analyse Stratégique. Les fondements économiques, P. Jeanblanc, Dunod Management Sup, 2011

➥ CONCEPTION FONCTIONNELLE

Responsables : Stéphanie LIZY-DESTREZ / Jean-Charles CHAUDEMAR

L'objectif 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.

Le module s'organise autour d'un cours théorique et d'un projet.

Le cours théorique aborde les thématiques suivantes : présentation de l'Ingénierie système (historique, définitions), analyse du besoin, analyse du contexte (finalité, mission, objectifs), cycle de vie, conception fonctionnelle, architecture organique, vérification et validation.

Pour le projet, les étudiants sont répartis en équipe de cinq et devront proposer une solution préliminaire en réponse au cahier des charges fourni et ensuivant la démarche qui aura été enseignée. Ils seront évalués lors d'une présentation orale, avec un poster.

➥ GESTION DE PROJET

Responsables : Rob VINGERHOEDS

L'objectif de ce cours est de préparer l'étudiant à la gestion de projet, partie intégrante du travail d'un ingénieur.

Pour le programme en première année, le but est l'acquisition des bases de la gestion de projet. Ceci se traduit par :

- approfondir les bases pour des situations réelles ;
- être sensibilisé au monde de l'entreprise, comprendre les mécanismes financiers et économiques, savoir construire un Business Plan ;
- maitrise des risques ;
- cadrer des projets et prise d'engagement ;
- piloter des projets.

OBJECTIFS GLOBAUX – CONNAISSANCES ET COMPETENCES

Le module de Gestion de Projet s'étale sur les trois années du cycle d'ingénieur avec les objectifs suivants :

- première année « L'ingénieur dans son environnement » ;
- le but de la première année est d'acquérir les bases de la gestion de projet. Ceci se traduit par :
  - se familiariser avec le vocabulaire de la Gestion de Projet ;
  - comprendre les étapes (jalons) de réalisation d'un projet ;
  - connaître les livrables attendus à chaque jalon ;
  - connaître les outils de planification d'un projet ;
  - suivi des projets ;
- deuxième année « Les moteurs de l'Ingénierie ».

Le but de la deuxième année est d'approfondir les connaissances de la gestion de projet. Ceci se traduit par :

  - approfondir les bases pour des situations réelles ;
  - être sensibilisé au monde de l'entreprise, comprendre les mécanismes financiers et économiques, savoir construire un Business Plan ;
  - maitrise des risques ;
  - cadrer des projets et prise d'engagement ;
  - piloter des projets ;
- troisième année « Etre autonome dans son rôle d'ingénieur ».

Le but de la troisième année est le savoir-faire de la gestion de projet. Ceci se traduit par :

  - comprendre la gestion de projet pour des projets complexes ;
  - savoir identifier et maitriser les risques d'un projet ;
  - comprendre l'importance d'un Plan Qualité ;
  - savoir motiver une équipe projet.

Le fil rouge retenu vise à progresser de la première année avec une acquisition des bases, via un approfondissement en deuxième année, vers un vrai savoir-faire en troisième année. Les matières seront enseignées avec une profondeur incrémentale.

L'approche pédagogique choisie alterne cours et petites classes pour apporter à l'étudiant un certain niveau d'interactivité dans sa participation. Les 54 heures allouées à cette formation se décomposent comme suit :

  - première année 18h (6h cours + 12h petites classes) ;
  - deuxième année 18h (12h cours + 9h petites classes) ;
  - troisième année 19h (en 2016-17 : 13h cours + 6h petites classes).

EVALUATION

Le module est évalué à 50% par les TD's « Suivi financier des projets et leurs business case » et « Suivi de projets avancé » et à 50% par un examen.

BIBLIOGRAPHIE

Project Management for Engineering, Business and Technology, Nicholas, John M., 2011

Project Management, Kerzner, Harold R., 2013

Conduite de Projets Complexes, Roy, Etienne, et Vernerey, Guy, 2010

INGÉNIERIE ET ENTREPRISE 2

IE-202

➥ CONCEPTION AVANT PROJET AVION

Responsable : Emmanuel BENARD

OBJECTIF

L'objectif du module est de faire découvrir dans le cadre d'un avant-projet d'avion les interactions entre les différentes disciplines qui interviennent dans le processus de conception : structure, aérodynamique, propulsion, mécanique du vol, calcul des masses, performances…

PRÉSENTATION GÉNÉRALE

Au moins 5 avant projets seront proposés au choix de l'élève. Les avant projets proposés sont :

- drone Haute Altitude Longue Endurance. Encadrement : DGA/SPAE ;
- avion d'affaire. Encadrement : Dassault Aviation Bordeaux ;
- avion de transport biréacteur de type Airbus. Encadrement : Airbus & Supaero ;
- avion de combat. Encadrement : Dassault Aviation St Cloud ;
- avion léger. Encadrement : Daher – Dassault.

CONNAISSANCES ET COMPÉTENCES

A l'issue du projet, l'élève devra être capable de :

- démontrer sa compréhension du processus d'avant-projet ;
- appréhender la diversité des concepts existant dans une gamme d'avion donnée ;
- distinguer entre les méthodes mises en œuvre au vue des degrés de fidélité de ces dernières ;
- comprendre les hypothèses faites à chaque étape du processus ;
- établir une boucle de conception ;
- mettre en œuvre, voire développer, un ensemble de fiches de calcul permettant d'automatiser le processus ;
- synthétiser le travail dans un rapport concis et clair.

ÉVALUATIONS

L'évaluation est uniquement basée sur le compte-rendu de projet, établi en binôme ou en trinôme. Chaque équipe pédagogique d'avant-projet applique sa propre formulation d'évaluation. Cependant, dans tous les cas, la note reflétera les catégories d'activités du bureau d'étude, l'effort de synthèse, de clarté de rédaction, de qualité de présentation des résultats, et de recherche bibliographique (sur les éléments théoriques nécessaires au projet et la recherche de projets similaires).

BIBLIOGRAPHIE

General Aviation Aircraft Design [0-12-397308-2; 0-12-397329-5] Gudmundsson, Snorri, 2014

Advanced Aircraft Design : Conceptual Design, Technology and Optimization of Subsonic Civil Airplanes, Torenbeek, Egbert, 2013

Aircraft Design, Kundu, Ajoy Kumar, 2010

➥ CONCEPTION AVANT-PROJET SPATIAL

Responsable : Stéphanie LIZY-DESTREZ

OBJECTIF

L'objectif de ce BE est de se placer dans une phase d'avant-projet pour la conception d'un système spatial. Ce projet permettra de démontrer les interactions entre les différents domaines enseignés en tronc commun (automatique, structure, physique, électronique, aérodynamique, informatique, ingénierie système....).

THÈMES PROPOSÉS

1. Conception d'un senseur stellaire

Le but de ce BE est de travailler sur le dimensionnement, la performance et la modélisation d'un senseur stellaire répondant à des exigences de géolocalisation d'un satellite d'observation de la Terre en orbite basse. Les objectifs principaux de ce BE sont :

- de définir les paramètres orbitaux d'un satellite ou d'un ensemble de satellites répondant aux besoins de revisite et de résolution du système imageur ;
- de décliner des exigences de performance de niveau système (localisation des images) à des exigences de niveau équipement (senseur stellaire) ;
- de sensibiliser les étudiants aux méthodes de dimensionnement d'un équipement devant tenir un certain nombre de spécifications. Le dimensionnement sera guidé par des questions qui permettent de suivre une méthode de dimensionnement cohérente.
- de modéliser le senseur stellaire sous un logiciel de type Matlab/simulink, au sein d'une boucle fermée SCAO.

Pour ce BE, les élèves travailleront en binôme et seront évalués à travers un rapport.

2-3. Conception d'un microsatellite d'observation de la Terre

L'objet de ce BE est la définition d'un avant-projet de microsatellite d'observation de la Terre, intégrant les disciplines de conception :

- orbitographie, analyse mission ;
- radiocommunication ;
- thermique ;
- système énergie ;
- contrôle d'attitude ;

Chaque binôme sera évalué à travers un rapport.

4. Conception d'un nano-satellite scientifique

Ce BE consiste en une initiation à la conception d'un Cubesat. A partir de l'analyse du besoin exprimé dans un cahier des charges, l'objectif est d'établir des bilans de performances (par discipline : mécanique spatiale, communications, SCAO, thermique, puissance) pour proposer une architecture globale du Cubesat. Cet avant-projet est construit sur l'exemple de la mission JUMPSAT, Cubesat scientifique qui a pour mission de qualifier en vol un senseur stellaire conçu pour les nano-satellites et un détecteur de particules à haute énergie en orbite basse.

Dans ce projet, les étudiants devront :

- effectuer une analyse mission pour déterminer la meilleure orbite pour répondre aux besoins scientifiques ;
- calculer un bilan de liaison pour s'assurer des bonnes communications entre le satellite et le segment sol ;
- mener des analyses thermiques qui les conduiront à choisir les matériaux de la structure du Cubesat ;
- préciser les bilans énergétiques ;
- effectuer le dimensionnement du sous-système de contrôle d'attitude ;
- enfin, établir une synthèse au niveau système pour proposer une architecture complète du satellite.

Chaque binôme sera évalué à travers un rapport.

5. Conception d'un robot d'exploration

L'exploration planétaire constitue l'un des enjeux majeurs tant sur le plan scientifique, que technologique mais aussi de façon plus large sur le plan sociétal, par l'expansion d'une nouvelle frontière. L'étude des corps constitutifs du système solaire se répartit selon quatre thématiques principales :

- l'exploration par des survols rapides ;
- l'étude détaillée par la télédétection en orbite ;
- l'analyse in situ ;
- le retour d'échantillons.

Les problèmes scientifiques qui se posent dans l'étude du système solaire peuvent être rattachés à quelques grands thèmes comme l'origine du système solaire, l'origine de la vie et la planétologie comparée.

L'objectif de ce BE est de vous faire concevoir un robot Lego, qui répondant à un cahier des charges, représentera un rover martien pour l'exploration. Sa mission principale est de recueillir des échantillons et de les rapporter au site de récupération.

Chaque équipe de 5 remettra un rapport.

6. Conception d'un lanceur

L'objectif de ce BE est une initiation au dimensionnement d'un lanceur. Il est composé de :

- mission lanceur et Étagement préliminaire ;
- optimisation de la trajectoire, rebouclage sur l'étagement ;
- dimensionnement du premier étage à Propergol solide ;
- dimensionnement du second étage à ergols liquides ;
- aérodynamique, efforts généraux, dynamique, flux de dimensionnement ;
- dimensionnement structural et calcul du devis de masse ;
- dimensionnement pilotage (besoin en braquage), introduction au logiciel de vol ;
- synthèse, rebouclage du dossier – Notions de sûreté de fonctionnement et de « programmatique ».

Chaque binôme sera évalué à travers un rapport.

7. Conception d'un véhicule pour un aller-retour vers Mars

L'étude portera sur la conception préliminaire d'un véhicule capable de faire un aller-retour Terre-Mars transportant une charge utile de 200 ou 300 kg. L'analyse de mission sera partiellement fournie. L'étude consistera à dimensionner les différents sous-systèmes :

- propulsion(s) ;
- chaîne de Puissance ;
- contrôle d'attitude ;
- avionique ;
- communication ;
- structure et thermique.

Utilisation de modèles simplifiés du satellite sous IDM-CIC.

Entrées : fourniture de données de bibliographies (articles, rapport public de l'ESA) is pour utiliser des données techniques (équipements réalistes).

Les élèves travailleront par binôme et remettront un rapport qui sera une synthèse de l'ensemble des résultats obtenus.

TRONC COMMUN HUMANITÉS

Arts & cultures : un curriculum à la carte 24
Pratiques Corporelles 27
Langue vivante 1 28
Langue vivante 2 29
Intercultural workshop 29

ARTS & CULTURES : UN CURRICULUM À LA CARTE

AC3-AC4

Responsable : Yves CHARNET

« J'aime l'allure poétique, à sauts et à gambades »
Montaigne, Essais, (III, 9)

« Vivre est le métier que je veux lui apprendre »
Rousseau, Mile ou De l'éducation

PROJET PÉDAGOGIQUE

La formation humaine du futur ingénieur fait, à l'ISAE-SUPAERO, le pari des Arts & cultures. En complément de la rigueur scientifique traversant, et de part en part, les enseignements qui construisent le socle de son savoir technique, chaque élève se voit proposer, pendant les deux premières années de son cursus, un détour par les disciplines du sens qui s'adressent à lui comme à un sujet de la pensée réflexive et/ou de la pratique créatrice. Ayant vocation d'éveil, ces initiations aux aventures artistiques comme aux sciences humaines sollicitent, chez l'élève-ingénieur la part subjective d'une personnalité en devenir. Dans un tel cadre les intervenant-e-s du module collaborent à la construction de cette identité individuelle en favorisant d'autres modes d'accès à la connaissance que ceux de la raison technologique. Chaque élève est invité à se réapproprier activement les sensations, les émotions, les significations propres à son histoire personnelle et à sa présence au monde. A la recherche de ces « émotions qui sont génératrices de pensée », les disciplines du sens revendiquent que, comme l'écrivait Bergson, « l'invention, quoique d'ordre intellectuel, peut avoir de la sensibilité pour substance ».

Les ateliers, qui constituent le cadre privilégié de ce curriculum, ont moins comme fonction de présenter des spécialités savantes que de mettre en oeuvre, et de façon chaque fois unique, le projet pédagogique propre aux arts & cultures : se connaître soi-même & comprendre les autres. En faisant un détour par des disciplines qui ne servent à rien, les apprenant-e-s essayeront d'identifier en eux ces ressources (capabilities) qui, tant sur le plan de la réflexion que sur celui de la création, leur permettront de s'épanouir, dans leur vie professionnelle et personnelle, comme des sujets à part entière. De savoir de quoi ils sont capables dans une expérience du monde ouverte sur la richesse de leur propre singularité comme sur celle des autres. Suivant plus l'allure de Montaigne que la méthode de Descartes, cet enseignement procède par essais successifs d'hypothèses théoriques et/ou de bricolages artistiques. Aux réponses clés-en-main des différents prêts-à-penser fermés sur leur assurance dogmatique, ils préfèrent les risques d'une recherche ouverte sur l'inconnu. Au programme : apprendre à questionner les problèmes du « vivre » dans une situation de crise historique dont il convient de mesurer les mutations et d'affronter les incertitudes. Par l'autonomie du jugement comme par l'énergie de l'imagination, il s'agit donc de favoriser l'émancipation de l'élève en apportant au jeune technicien, qui devra le faire fonctionner, des moyens de regarder le monde dans toute sa complexité et de le repenser dans une interprétation renouvelée.

WORKSHOPS ET ATELIERS À LA CARTE

Pareil projet pédagogique implique de créer des espaces de transmission qui soient adaptés à cette volonté de mettre au coeur de la formation humaine les capacités d'analyse et d'invention propres à la personne de chaque apprenant-e. Dans cette perspective les ateliers d'arts & cultures rompent résolument avec la pratique des cours magistraux qui diffuse, sous la forme d'un monologue, le savoir de l'enseignant à un public passif. Ils inaugurent des lieux de débat(s) entre l'intervenant-e et l'élève où le dialogue des interprétations relève d'une aventure commune et partagée. Les différents ateliers proposés par ce curriculum se répartissent en deux champs disciplinaires portant chacun sur un des aspects principaux de la production du sens : la pensée sensible, d'une part, et la pensée critique, d'autre part. Initiations aux arts, pour la pensée sensible ; initiations aux sciences humaines et sociales, pour la pensée critique. Ces deux champs composent un paysage créatif et cognitif que chaque élève parcourt selon son rythme, en menant une enquête intellectuelle toujours susceptible de se transformer en quête personnelle.

Le module Arts & cultures permet d'aborder ces champs disciplinaires selon deux options principales. En première comme en seconde année l'élève peut choisir de suivre un seul atelier (formule fil rouge), pour prendre le temps d'un parcours approfondi, ou de découvrir deux ateliers différents (formule tissage), pour profiter de la variété d'un parcours diversifié. Cette dernière formule permet, par ailleurs, d'accueillir des élèves qui ne rejoindraient la formation ingénieur que pour un seul semestre et qui pourraient ainsi valider un atelier au choix. Enfin, en marge de ces ateliers généraux proposés à toute la promotion, la formule workshop offre la possibilité, en première comme en seconde année, de substituer l'ensemble du curriculum par un atelier intensif animé par un artiste. Centrés sur les problématiques de la création, ces ateliers s'adressent de façon privilégiée aux élèves particulièrement désireux de s'impliquer dans la production d'une forme littéraire, théâtrale, picturale ou musicale. En fonction de la dynamique des groupes et de l'avancement de leurs travaux les ateliers intensifs pourront se voir attribuer un quota d'heures supplémentaires (entre 5 & 15) permettant de réaliser une présentation publique du projet : concert de musiques actuelles, représentation théâtrale, exposition d'arts plastiques, mise en voix/édition des textes issus du workshop écriture. Enseignements « hors format », les quatre workshops sont programmés à des horaires spécifiques, en dehors de l'emploi du temps du tronc commun, de façon à pouvoir accueillir non seulement les élèves des deux premières années, mais aussi ceux de troisième année qui voudraient poursuivre leur aventure artistique.

Quelle que soit la formule (fil rouge, tissage ou workshop), la plus grande liberté est laissée, d'une manière générale, aux élèves pour nouer, selon leur désir, des liens entre les thématiques comme pour orienter les parcours selon leur curiosité propre. Au terme des deux années les choix opérés par les futurs ingénieurs esquisseront les contours d'une carte d'identité artistique et/ou culturelle. – Bénéfices personnels d'un curriculum à la carte.

ARTS & CULTURES : UN CURRICULUM À LA CARTE (suite)

Responsable : Yves CHARNET

ÉVALUATION INVENTIVE

A apprentissage inventif, évaluation inventive.

La variété des questionnements et des pédagogies mises en oeuvre dans un module qui multiplie volontairement les transversalités en faisant se croiser aussi bien les pratiques artistiques et les sciences humaines que les approches sensibles et les réflexions critiques ne peut en effet se traduire que par des évaluations particulières à chaque atelier. Le point commun de ces différentes manières d'apprécier ce qui s'est produit pendant le travail en commun entre les apprenant-e-s et les intervenant-e-s sera de mesurer comment chaque élève a répondu à la demande d'implication personnelle propre à cet enseignement qui sollicite tout particulièrement sa créativité intellectuelle aussi bien qu'esthétique.

Chaque atelier favorisera la production par les élèves d'objets spécifiques qui garderont la trace des pensées sensibles ou critiques mises en oeuvre tout au long de l'enseignement. Peintures, textes littéraires, réflexions philosophiques, enquêtes anthropologiques ou sociologiques, reportages-photos, vidéos, journal, carnets de bord, mises en voix théâtrales ou poétiques, performances, objets designés, compositions musicales… Cet inventaire non-exhaustif voudrait, pour (ne pas) finir, insister sur le fait que les arts & cultures attendent de l'élève qu'il s'engage dans un geste personnel en direction d'espaces mentaux qui ne lui sont pas familiers mais qui lui permettent de s'exprimer autrement. Dans cette perspective le véritable critère de l'évaluation sera le trajet fait par chacun-e en direction de l'inconnu. Pareille optique considère, en effet, l'élève comme un sujet en mouvement. Vers la vie.

WORKSHOPS

Écriture(s), Théâtre, Création Musicale, Arts Plastiques.

ATELIERS

Fil rouge (S3 et S4)

Textes & images : décrire, critiquer, écrire.

Trouver sa voix.

Un souffle de design.

L'ingénieur au coeur de l'approche éthique.

Le bleu & le noir : rêver & réinventer la Méditerrannée.

Tissage (S3)

Impressions Baudelaire : de «l'art romantique» au «peintre de la vie moderne».

Du portrait.

Fabriquons des moteurs, toujours des moteurs, ici d'écriture.

La mission spatiale au cinéma.

Tant qu'il y aura des hommes, il y aura des images.

Faust à l'opéra (et ailleurs).

Réflexions philosophiques sur ce qui fait la vie.

Cosmologie & philosophie.

La PMA : pour ou contre la liberté des femmes.

Le management est un art.

Tissage (S4)

Cinéma de science fiction & prospective : les enjeux éthiques & politiques de la technologie de demain.

Art & astrophysique.

Exposer & conserver l'œuvre d'art.

Houston, we have a problem !

Comment mieux communiquer en situation interculturelle ?

Connaître l'Islam.

Les hommes, les animaux, les nourritures : quelle politique ?

Anthropologie de la connaissance : l'intelligence & la bêtise.

PRATIQUES CORPORELLES

Responsable : Stéphane FROUMENTY

PC3-PC4

1+1 ECTS

27 + 12 h

OBJECTIFS GÉNÉRAUX

- **L'autonomie** : développer les moyens d'agir sur l'environnement : par la compréhension des enjeux pour agir en sécurité pour soi et pour les autres, l'acquisition de compétences motrices réutilisables, l'acquisition de méthodes pour aborder la pratique.
- **Le plaisir** : permettre une réelle mise en jeu du corps en mobilisant des ressources adaptées pour une pratique physique émotionnellement riche : apprendre, partager, contribuer, ressentir…
- **L'équilibre** : proposer une pratique régulière et raisonnée pour contribuer au bien-être, à la santé, à instaurer un rythme propédeutique à la formation professionnelle et personnelle.

COMPÉTENCES GLOBALES SUR LES 3 ANS

- s'engager avec lucidité et pertinence. L'accent est mis sur la connaissance de soi au travers de ces dimensions cognitives, affectives et motrices ;
- s'engager avec lucidité et pertinence. Ressources mobilisées : règles de sécurité, stratégies, logiques d'action, connaissance des matériels, principes de préparation et de régulation de l'effort ;
- adapter sa motricité, sa gestuelle. Ressources mobilisées : habiletés et coordination, déplacements, prise d'information, sensations et repères kinesthésiques ;
- s'impliquer régulièrement et mobiliser ses moyens. Ressources mobilisées : investissement énergétique et informationnel, auto et co-évaluation, fixation et régulation des objectifs ;
- s'intégrer au fonctionnement collectif et agir de façon constructive pour le groupe.

ÉVALUATION

- évaluation formative : auto et co-évaluation en cours de formation par des mises en situation d'animation et de remédiation ;
- certificative avec 2 niveaux de validation :
  - assiduité : 2 absences non justifiées tolérées par semestre ;
  - acquisition des compétences : On évalue l'efficience réelle des compétences en fin de formation (compétent : toujours, souvent, parfois, jamais ?) dans les 4 grandes familles de compétences transversales identifiées.

CYCLE DE CONFÉRENCES

Responsable : H. BILLY

CONF200

0.5 ECTS

8 h

OBJECTIFS

Ce module a pour objectif d'aborder des thématiques et des sujets qui complètent le champ académique classique du cursus ingénieur. Ils permettent aux élèves de réfléchir sur leur futur rôle au sein de l'entreprise et de la société, d'élargir leur connaissance des enjeux sociétaux majeurs, et sont source de questionnement.

Cette année, les différents intervenants invités – experts dans leur domaine – apporteront leur éclairage autour des thématiques suivantes :

- innovation ;
- management de la diversité et engagement dans la société ;
- science et éthique ;
- droit et Technologie ;
- enjeux scientifiques et techniques ;
- économie et entreprises, emploi ;
- arts – culture et société.

EVALUATION :

La présence à un minimum de 4 conférences sur l'année est requise pour valider le module.

Un contrôle des présences est donc effectué.

LANGUE VIVANTE 1

LV1 Resp. : B. MAHADEVIA (anglais) / A. O'MAHONEY & D. VILAINE

Thanks to the Common Core module and the electives in 1A, you have already had the chance to break the ice and overcome the linguistic barrier. You are ready to start using English actively and perfect your communication skills.

The 2A is divided into three distinct parts:

The year begins in September with an intensive 20-hour Inter Cultural Workshop that brings together the 2nd-year engineering and Master 1 students. This workshop is an opportunity for you to grow in awareness on multicultural issues thanks to the examination of the theory and practice of intercultural management. This is done in multicultural teams that reveal the complexity and the advantages of being part of an international environment; the teams thus create a microcosm reflecting the reality of the professional world into which they will soon step out.

The overall objectives are for you to:

- develop cross cultural communication skills
- learn how to work effectively in a team: listening carefully to others, fully investing yourselves, actively participating in the group work and feeling a responsibility for the learning of each member of the team
- learn how to work autonomously
- adapt to new situations
- understand how the intercultural world and the world of work are intertwined

During the workshop you will have the opportunity to experience different ways of working:

- teamwork with the guidance of a tutor: the tutor will check your progress and guide you if need be;
- individual teamwork: where you work autonomously as a group on a problem;
- individual work: where you each undertake individual research to help solve the problem;
- group work: where your teams are split up and you form a new group for the purpose of the activity.

Assessment based on a report, attendance, participation and the final presentation.

The year proceeds with a 20-hour elective starting in November which will meet once a week until February. You choose one out of a range of electives on themes like: The Radio Show, Debating, Being European Today, the Revenge of Geography, the Wonders of Science Fiction, Taboos and Issues, Flying a Light Aircraft, Improving Your English through YouTube, Informal Expression. This elective enables you to explore, discuss and debate on a diversity of different subjects and hone your all-round communication skills.

Assessment based on the different assignments given individually as well as in teams and class participation.

The Science Project (PIR), a 20 hour class in May and June, brings our year to a close. In this module, the English and the science professors collaborate to bring you the best of both worlds. This project trains you to apply scientific English in the research process as well as in the preparation of the final oral presentation and written paper. Publication in a scientific journal is an option.

Assessment based on class participation and the final oral presentation.

OTHER LV1 OPTIONS:

Students who are native speakers of English/bilingual may, after discussion with the Languages & Communication team, opt for another LV1: German, Arabic, Chinese, Spanish, Italian, Japanese, Portuguese (Brazilian), Russian, French as a Foreign Language

LANGUE VIVANTE 2

Resp. : A. GAMISANS / D. VILAINE / B. MAHADEVIA LV2

LANGUES AU CHOIX

Allemand, arabe, chinois, espagnol, français langue étrangère, italien, japonais, portugais (brésilien), russe.

OBJECTIFS

- apprentissage et/ou perfectionnement dans une langue étrangère autre que l'anglais ;
- rompre avec le modèle d'apprentissage des langues du secondaire avec des groupes à effectif réduit avec comme objectif pédagogique principal : la communication ;
- au-delà des objectifs généraux, les objectifs spécifiques du groupe sont établis entre enseignants et apprenants, en fonction du niveau réel des élèves.

COMPÉTENCES

- compétences linguistiques évaluées selon le CECRL ;
- compétences interculturelles (développement d'une forme d'« intelligence culturelle ») à travers l'apprentissage (ou l'approfondissement) d'une autre langue et d'une autre culture.

ÉVALUATION

- évaluation sur les compétences transversales sous la forme d'une auto-évaluation ;
- évaluation sur les compétences disciplinaires ;
- le choix du format est à discrétion de l'enseignant vacataire en fonction de son parcours ; pédagogique.

INTERCULTURAL WORKSHOP

Responsables : Anne O'MAHONEY / Ausias GAMISANS TCH-ICW

LANGUAGE TEAM

Our objective is to examine all the dimensions of intercultural communication including the theoretical background while focusing primarely on management.

OVERALL OBJECTIVES – SKILLS

- develop cross cultural communication skills
- learn how to work effectively in a team : listening carefully to others, fully investing yourselves, actively participating in the group work and feeling a responsibility for the learning of each member of the team
- learn how to work autonomously
- adapt to new situations
- understand how the intercultural world and the world of work are intertwined

During the workshop, you will have the opportunity to experience different ways of working :

- teamwork with the guidance of a tutor : the tutor will check your progress and guide you if need be ;
- individual teamwork : where you work autonomously as a group on a problem ;
- individual work : where you each undertake individual research to help solve the problem ;
- group work : where your teams are split up and you form a new group for the purpose of the activity.

ASSESSMENT

Students must validate the following items :

- item 1 : Report on the ITER case ;
- item 2 : Final Presentation ;
- item 3 : Your work throughout the workshop and your attendance.

PROJET INNOVATION ET RECHERCHE

|| 2e année | S4 ||

PROJET INNOVATION ET RECHERCHE

Responsable : un par département

PIR

8 ECTS

195 h

Les projets s'inscrivent dans la pédagogie de la formation ingénieur afin de permettre aux étudiants de développer des compétences collectives et individuelles relatives à des projets de recherche.

ORGANISATION

En 2016-2017, seize thématiques ont été retenues pour lesquelles des sujets ont été proposés.

En particuliers, les départements de l'ISAE soumettent des projets en cohérence avec les axes de recherche menés ou provenant de partenaires extérieurs.

Chaque PIR est porté par un encadrant interne ou externe désigné par un correspondant dans chaque département.

ÉVALUATION

- à mi-parcours, une revue bibliographique est organisée dans chaque département pouvant donner lieu à une soutenance en anglais ;
- un second volet « réalisation » qui consiste en la recherche et/ou la mise en oeuvre des solutions, d'une analyse critique des résultats fait l'objet d'une soutenance orale et par la remise d'un article, le tout en anglais ;
- les projets ne donnent pas lieu à une notation, mais à une évaluation globale avec une grille d'évaluation par compétence.

MODULES ÉLECTIFS

Écoulements géophysiques 34
Écoulements diphasiques à interface 35
Vers la simulation numérique intensive ... 36
Wind engineering 36
Propulsion éolienne 37
Aérothermie 37
Approche pratique-intégrée expérimental / simulation en aérodynamique 38
Matériaux Innovants 39
Matériaux aéronautiques et spatiaux 40
Tribologie des systèmes mécaniques 40
Aéroélasticité (ou l'avion souple) 41
Biomécanique 42
Modélisation structures par éléments finis et CAO 43
Théories des coques minces 44
Enquête d'opinion sur le trafic aérien ... 46
Commande de vol 47
Initiation aux tecniques d'essais en vol .. 48
Facteurs Humains dans l'activité du pilote 48
Automatique avancée 49
Vols habités 49
Météo et océanographie 50
Pilotage et Guidage des drones 50
Maintenance 51
Cryptographie 52
Approfondissement en mathématiques . 53
Modélisation 3D et synthèse d'images . 54
Introduction au big data 54
Méthodes de Monte-Carlo 55
Architecture des systèmes 55
Optimisation numérique avancée 56
Applications Web de nouvelle génération 56
Cybercriminalité et Guerre électronique 57
Dans la peau d'un ingénieur en optimisation 58
La miniaturisation, jusqu'où ? Des nanotechnologies aux nano-objets ... 58
Ingénierie quantique 59
Conception des circuits numériques complexes 59
Effets de l'environnement radiatif naturel sur l'avionique, les lanceurs et les systèmes sol : comment se prémunir contre les dysfonctionnements ? 60
Communications optiques Spatiales 61
Miniaturiser les charges utiles pour les nanosatellites 62
Téléscopes et surveillance de l'espace planétologie et sondes spatiales physique Stellaire 63
Gouvernance et organisation des entreprises 64
Économie du secteur aérien 65
Métiers du conseil et gestion de carrière 66
Macroéconomie et mondialisation de l'économie 67
Macroéconomie 67
Économie de la mondialisation 67
Management de la diversité 68
Méthodologie d'innovation : le design thinking 68
Semaine mobilité 69

ÉCOULEMENTS GÉOPHYSIQUES

EAEP-205

Responsable : Jérôme FONTANE

L'objectif de ce module est de donner les bases de mécanique des fluides associées aux écoulements géophysiques ainsi qu'une introduction aux applications possibles dans l'atmosphère et l'océan.

CONNAISSANCES ET COMPÉTENCES

Les écoulements géophysiques considérés dans ce cours sont les écoulements atmosphériques et océaniques pour lesquels les effets de rotation et/ou stratification ne peuvent pas être négligés. Le cours s 'articulera autour de trois parties : (i) dynamique des fluides en rotation, (ii) dynamique des fluides stratifiés et (iii) les applications à l'océan et l'atmosphère.

(i) Rotation (effet de Coriolis) :

dans un premier temps, la dynamique de fluides non visqueux sera considérée dans cette partie. La dynamique est alors principalement pilotée par le nombre de Rossby. Les équilibres principaux seront discutés au regard de ce nombre sans dimension. Une étude plus approfondie des ondes associées soit à la variation du paramètre de rotation soit à la présence d'une surface libre sera proposée. Une partie sur les ondes sera accompagnée d'une séance numérique dans laquelle un code de résolution des équations de Saint-Venant en rotation sera utilisé. Les effets visqueux seront ensuite considérés pour introduire la structure de la couche limite au voisinage d'une paroi horizontale (couche limite d'Ekman).

(ii) Stratification :

ici le nombre de Froude permet de caractériser la dynamique. Afin de traiter des problèmes canoniques, la stratification en densité sera soit singulière (bicouche) soit continue linéairement. Dans ces deux cas, les mécanismes de dynamique des ondes peuvent être décrits.

(iii) Application :

dans les écoulements naturels, différentes approximations permettent de se ramener aux cas académiques décrits dans les deux premières parties. Ces approximations seront discutées et leurs limites mises en évidence. Des cas réels d'application des mécanismes décrits par la dynamique en rotation et/ou stratification seront présentés et décrits. En lien avec le chapitre sur les effets de rotation, la structure de l'atmosphère et des océans à grande échelle sera discutée, en particuliers la formation d'ondes de Rossby pour les structures météorologiques planétaires, et la formation de gyres pour les océans (avec génération de courants rapides type « gulfstream »). Sur des échelles de temps plus courtes, c'est la structure des ondes de marée qui seront interprétées comme des modes stationnaires d'ondes de surface modifiées par la rotation. Pour le chapitre sur les effets de stratification, ce sont les marées internes qui seront interprétées dans ce cadre, ainsi que la force de traînée associée à la génération d'ondes internes par un écoulement au-dessus de reliefs montagneux. Le problème équivalent de la force de traînée associée à un sillage interne dans un bicouche pour un navire se déplaçant en surface sera également traité (phénomène d' « eau morte ») de manière à illustrer la pertinence de cet enseignement pour des échelles plus petites que les océans et l'atmosphère.

ÉVALUATIONS :

Trois évaluations écrites pondérées avec la note de rapport de BE.

BIBLIOGRAPHIE

Pedelosky J., Geophysical Fluid Dynamics, Springer, 1987

Vallis G.K., Atmospheric and oceanic fluid dynamics, Cambridge University Press, 2006

Cushman-Roisin B. & Beckers J.-M, Introduction to Geophysical Fluid Dynamics, Prentice-Hall, 2011

ÉCOULEMENTS DIPHASIQUES À INTERFACE

Responsable : Nicolás GARCÍA ROSA

EAEP-206

L'objectif de ce module est d'approfondir les connaissances théoriques de l'étudiant sur les phénomènes de changement de phase et les écoulements diphasiques à interface, et de le sensibiliser à l'importance de ces phénomènes dans les principales applications d'intérêt (injection de carburant, débitmétrie, propulsion fusée) ainsi qu'aux spécificités de modélisation numérique.

OBJECTIFS GLOBAUX

À l'issue de ce module, être capables de

- mettre en équation des problèmes canoniques d'écoulement diphasique à interface ;
- expliquer et classifier les mécanismes physiques entrant en jeu dans les applications d'intérêt (refroidissement par jet liquide, système d'injection, débitmétrie) ;
- citer les enjeux de la modélisation numérique d'écoulements diphasiques avec interface ainsi que les principales familles de techniques.

Cet enseignement est complémentaire du parcours Turbomachines et Combustion de la filière Dynamique des Fluides

PROGRAMME PREVISIONNEL

- • physique du changement d'état et des interfaces liquide/solide/gaz ;
  - changement d'état, supercritique, surfusion, …
  - interfaces liquide/gaz : tension superficielle, gouttes, films ;
  - interfaces liquide/solide/gaz : mouillabilité, effet Leidenfrost ;
- méthodes numériques locales et capture d'interface ;
- configurations canoniques ;
  - instabilités hydrodynamiques ;
  - atomisation primaire d'une nappe liquide ;
  - atomisation secondaire de gouttes ;
- applications et modélisation réduite ;
  - givrage d'un profil ;
  - débitmétrie diphasique ;
  - combustion dans un propulseur fusée hybride ;
  - systèmes d'injection.

EVALUATIONS :

Rapports de BE (à définir)

BIBLIOGRAPHIE

E. Guyon, JP. Hulin et L. Petit, Hydrodynamique physique. EDP Sciences, 2001.

2 ECTS
30 h

VERS LA SIMULATION NUMÉRIQUE INTENSIVE

EAEP-201

Responsables : Jérémie GRESSIER / Julien BODART

L'objectif de ce module est d'acquérir les principes de bases de la simulation intensive haute performance, des rudiments de programmation parallèle à la manipulation d'architectures à plusieurs centaines de coeurs CPU. Ces pratiques sont le quotidien d'ingénieurs ou chercheurs dans de multiples domaines de la physique (mécanique des fluides, astrophysique, météo, chimie, …)

OBJECTIFS GLOBAUX CONNAISSANCES ET COMPETENCES

Dans ce module, l'étudiant sera amené à développer des compétences variées allant de la compréhension de la structure d'un supercalculateur à son utilisation. Ces compétences sont nécessaires dans le quotidien de l'ingénieur ou le chercheur dans divers domaines de la physique où sont mis en jeu de grands volumes de données.

Le cas d'application choisi, la résolution numérique de l'équation de Boltzmann, permet d'aborder une méthode de résolution des écoulements utilisée en mécanique des fluides mais également dans l'industrie du cinéma, pour le rendu de mouvements de fluides notamment.

Les notions de performance et les techniques de parallélisation d'une application seront au coeur du module, développée et mises en oeuvre pour l'accroissement de performance d'un code fourni aux étudiants. En parallèle, les techniques de visualisation de grande volume de données seront appliquées aux résultats générés par les étudiants.

La majorité des séances (2/3) sera dédiée à la manipulation sur station de travail et l'accès à des calculateurs.

EVALUATIONS

L'évaluation sera effectuée à partir de l'élaboration d'un programme de calcul par les étudiants, réalisé dans un des langages habituellement utilisés pour la programmation haute performance, C++ ou Fortran. Un bonus sera attribué aux étudiants ayant réalisé les programmes les plus efficaces pour résoudre un problème donné.

2 ECTS
20 h

WIND ENGINEERING

EAEP-207

Responsable : S. JAMME

L'objectif de ce module est de montrer comment les principes de l'aérodynamique s'appliquent à l'étude des écoulements autour de bâtiments de grande taille, et comment ces derniers répondent aux sollicitations des vents.

OBJECTIFS GLOBAUX CONNAISSANCES ET COMPETENCES

Ce module constitue une introduction à l'étude des vents atmosphériques et des techniques de mesure associées. Il s'agit d'identifier les caractéristiques de ces écoulements qui sont à l'origine des charges statiques et dynamiques apparaissant sur les bâtiments et les structures de grandes dimensions, ainsi que de décrire les phénomènes aéro-élastiques caractérisant la réponse de ces structures.

Le module sera constitué d'une partie théorique (dispensée en anglais) et de séances dédiées à la description des techniques d'analyse numérique et expérimentale classiquement utilisées pour ce type d'écoulements, avec une partie pratique consacrée à l'analyse de données obtenues en soufflerie.

EVALUATION

Notes d'exercices + rapport sur la partie BE

BIBLIOGRAPHIE

John D. Holmes. Wing loading of structures. Third Edition, CRC Press, 2015

2 ECTS
30 h

PROPULSION ÉOLIENNE

Responsable : Vincent CHAPIN

EAEP-210

L'objectif de ce module est d'étendre les savoirs faire de l'étudiant à un domaine de la mécanique des fluides source d'innovation: la propulsion éolienne. Ce champ est aujourd'hui le lieu de développements orientés vers la performance et/ou la durabilité. Les voiliers de compétition composés d'une aile rigide et de foils volent à l'interface eau/air. Ce mode de déplacement extrêmement performant engendre des problèmes de stabilité dynamique pour lesquels le rapprochement avec le domaine de l'aéronautique est naturel. Ces nouveaux développements se déclinent également sur des navires marchands à propulsion hybride pour relever le défi de la raréfaction des énergies fossiles par la propulsion éolienne.

OBJECTIFS GLOBAUX CONNAISSANCES ET COMPETENCES

L'objectif est de donner les concepts fondamentaux de la propulsion éolienne. Les étudiants seront capables d'écrire et de modéliser les efforts aéro-hydrodynamique afin de décrire la dynamique d'un engin à propulsion éolienne. Le comportement et la modélisation des corps portants et des différentes sources de traînées seront abordés ainsi que leur validation à l'aide des outils de simulation numérique et des essais en soufflerie et en bassin des carènes. Quelques projets emblématiques du renouveau de la marine marchande par la propulsion éolienne seront également abordés. Enfin, ce cours, à travers des séances pratiques et un projet donnera aux étudiants l'opportunité de coder leur propre programme de résolution des équations d'équilibre (VPP) afin de prédire les performances d'un navire à propulsion éolienne ou hybride.

EVALUATIONS

évaluation continue au fil des BE et du projet.

BIBLIOGRAPHIE

F. Fossati, Aero-Hydrodynamics & the Performance of Sailing Yachts, Adlard Coles Nautical, 2010.

F. Bethwaite, High Performance Sailing : Faster Racing Techniques, Thomas Reed Publications, 2010.

C.A. Marchaj, Sailing Performance: Techniques to maximize sail power, McGraw Hill, 2002.

L. Larsson & R. Eliasson, Principles of Yacht Design, Ragged Mountain Press, 2014.

APPROCHE PRATIQUE-INTÉGRÉE EXPÉRIMENTAL/ SIMULATION EN AÉRODYNAMIQUE

EAEP-209

Responsables : Stéphane JAMME / Yannick BURY

L'objectif de ce module est d'introduire les bases des approches numérique et expérimentale en dynamique des fluides, et de les mettre en pratique de manière complémentaire dans l'analyse d'écoulements simples d'aérodynamique interne ou externe.

OBJECTIFS GLOBAUX CONNAISSANCES ET COMPETENCES

Ce module constitue une prise de contact avec les méthodes pratiques couramment mises en oeuvre pour analyser des écoulements dans le domaine de l'aérodynamique.

La mécanique des fluides numérique (CFD) sera abordée par le biais de logiciels commerciaux. L'objectif sera de former les étudiants à une bonne utilisation des logiciels de maillage et des codes de simulation numérique en gardant le point de vue de l'utilisateur, sans détailler l'analyse mathématique sous-jacente. Il s'agira d'acquérir une vue d'ensemble des étapes nécessaires à la mise en place correcte d'une simulation numérique, d'apprendre les notions essentielles nécessaires à l'ingénieur numéricien, et de se forger une pratique de base des outils modernes dans ce domaine. Pour cela, une large place sera consacrée à l'utilisation des logiciels sur stations de travail.

Un parcours initiatique à la pratique expérimentale en mécanique des fluides sera également proposé en simultané.

Des cours magistraux auront vocation à présenter les notions fondamentales de l'approche expérimentale appliquée à la discipline, ainsi que les méthodes de diagnostics disponibles à l'heure actuelle. Par la suite, des séances pratiques sur bancs d'essais permettront aux étudiants de se confronter avec la mise en oeuvre des méthodes et d'appréhender ainsi les contraintes particulières de cette approche.

Les deux aspects évoqués ci-dessus seront abordés en parallèle et l'accent sera mis sur la complémentarité entre les deux approches. Pour cela, les cas d'étude proposés seront autant que possible identiques entre les sessions sur machines et sur bancs d'essais. Ces applications pourront mettre en jeu des écoulements d'aérodynamique externe ou interne. En fonction du cas d'étude qui leur sera affecté, les étudiants pourront être formés à des logiciels différents (l'aérodynamique des machines tournantes est en effet généralement étudiée à l'aide de solveurs « spécialisés »).

EVALUATION

- 1 présentation (environ 20' + 10' de questions) en binôme sur la base des sessions pratiques réalisées sur le cas d'étude attribué à chaque groupe + 1 mini-rapport sous forme d'article scientifique.

BIBLIOGRAPHIE

C. Hirsch, Numerical Computation of Internal and External Flows. Vol. 1 et 2, Wiley, 1988.

J-H. Ferziger & M. Peric, Computational Methods for Fluid Dynamics. Sringer-Verlag, 2001

MATÉRIAUX INNOVANTS

Responsable : Christophe BOUVET

EMSM-207

L'objectif de ce cours est le suivant :

- développer une culture matériaux plus large que les matériaux traditionnels (propriétés caractéristiques, applications) ;
- appréhender les lois de comportement de ces matériaux dans la perspective de la conception (étude de cas de dimensionnement), et de l'intégration dans des structures.

OBJECTIFS GLOBAUX CONNAISSANCES ET COMPETENCES

Dans la démarche de conception des structures, l'optimisation est devenue incontournable. Elle concerne la géométrie, la mise en œuvre et un choix de matériaux parfaitement adapté à l'application visée. L'idée consiste donc à utiliser des matériaux « sur-mesure » répondant à des fonctions spécifiques. Cette fonctionnalisation des matériaux repose sur des critères reconnus :

- matériaux plus performants du point de vue des propriétés mécaniques, physico-chimiques, de la résistance à la corrosion, de la tenue au feu, aux agents chimiques, etc… ;
- matériaux plus durables afin d'améliorer sécurité (transports) et rentabilité ;
- matériaux impliquant une mise en œuvre plus aisée ;
- matériaux présentant une aptitude au recyclage ;
- matériaux plus respectueux de l'environnement.

Les matériaux s'inscrivant dans cette catégorie sont souvent qualifiés de matériaux innovants. Le développement de ces matériaux et la compréhension de leur comportement thermo-mécanique parfois complexe forment la base indispensable à une intégration industrielle permettant d'obtenir des produits de haute technicité, composante importante de la compétitivité.

L'objectif de ce cours est multiple : développer une culture matériaux plus large que les matériaux traditionnels (propriétés caractéristiques, applications), appréhender les lois de comportement de ces matériaux dans la perspective de la conception (étude de cas de dimensionnement), et de l'intégration dans des structures.

Pour chaque type de matériau innovant, présentation du matériau et de son comportement, de ses propriétés et ses principales applications :

- matériaux innovants (Silicium, bambou, mousse métallique, superalliage…) ;
- matériaux composites innovants (Matrice ou renfort innovant, écocomposite) ;
- matériaux intelligents (AMF, piézoélectriques, électro ou magnéto-strictifs) ;
- structures hybrides adaptatives (Structure auto-contrôlable, contrôle de l'intégrité structurale, structure auto-réparante).

COMPÉTENCES ATTENDUES :

À l'issue du module, l'étudiant sera capable de proposer une solution de matériau innovant pour une application donnée et de faire une pré-étude de dimensionnement (de façon basique) de son comportement mécanique.

CONTENU

- cours de présentation des différentes classes de matériaux innovants et intelligents ;
- PCs sur l'utilisation et le pré-dimensionnement de matériaux innovants ;
- BE d'application sur une étude de cas ;
- type de pédagogie : cours, PC, BE.

ÉVALUATIONS

- 1 BE.

MATÉRIAUX AÉRONAUTIQUES ET SPATIAUX

EMSM-205 Responsables : Rémy CHIERAGATTI / Laurent MICHEL

L'objectif de ce module est de présenter les principaux matériaux utilisés dans les structures aéronautiques et spatiales en justifiant leur utilisation par les caractéristiques qu'ils présentent : caractéristiques mécaniques, capacité de mise en œuvre, etc.

OBJECTIFS GLOBAUX CONNAISSANCES ET COMPETENCES

Pour répondre à l'objectif principal :

- problématique des matériaux :
  - pour cellules d'aéronefs
  - pour structures spatiales
  - pour transmission de puissance
- nature, fabrication, assemblage et propriétés :
  - matériaux composites à matrice organique (matrice céramique ?)
  - alliages d'aluminium, de titane, bases Nickel
  - aciers spéciaux
  - alliages bases Nickel
- complément sur les propriétés d'usage, méthode d'essais, et relation avec les propriétés physiques des matériaux.

Ce cours permet d'étendre le cours de tronc commun Mécanique des Matériaux de 1re année et celui de Mécanique des structures de 2e année et de mettre l'étudiant dans le contexte d'un choix de matériaux pour une application aérospatiale.

À l'issue du module, l'étudiant sera capable de définir (de façon basique) les critères auxquels doivent répondre les matériaux d'un mécanisme aéronautique, d'une structure aéronautique ou spatiale et de les choisir en intégrant les contraintes de mise en œuvre, les traitements nécessaires.

CONTENU

- Cours/TD sur les matériaux
- BEs d'application de choix des matériaux
- TP

ÉVALUATION

Moyenne (TP/BE) + 1 Test écrit de Type QCM

TRIBOLOGIE DES SYSTÈMES MÉCANIQUES

EMSM-209 Responsable: Rémy CHIERAGATTI

L'objectif de ce module : permettre l'application des connaissances acquises à l'analyse, au dimensionnement et à la conception de parties de systèmes complexes destinés à transmettre des puissances. (module ouvert au S2 & S4)

OBJECTIFS GLOBAUX CONNAISSANCES ET COMPETENCES

L'étudiant à l'issu du cycle doit être capable :

- d'analyser un système mécanique comportant des surfaces de frottement : identification des fonctions techniques, identification de l'entrée et de la sortie et validation des lois entrée/sortie ;
- de proposer une modélisation des liaisons en regard d'un objectif d'études : modélisation cinématique et modélisation architecturale permettant de dimensionner les contacts des pièces d'un système de transmission de puissance ;
- de proposer des choix technologiques pour le guidage et la transmission de puissance dans des systèmes mécaniques aéronautiques dans lesquels interviennent du frottement (comportement) et de l'usure (endommagement).

CONTENU :

- critères de choix des éléments de guidage ;
- tribologie : frottement sec : démarche de conception basée sur l'étude du triplet tribologique (mécanisme, premier corps, 3e corps) ;
- tribologie : éléments aéronautiques de guidage (paliers fluides, films amortissants, rouement haute vitesse, méthodes de refroidissement, usure) ;
- choix des éléments de transmission ;
- tribologie des transmissions (contact denture de roue, avaries de surface, lubrification des engrènements) ;
- pédagogie : 17 Cours ou PC, 4 BE ,5TD ;
- prérequis : Mécanique générale de 1re année.

EVALUATIONS

BE, 1examen écrit ou projet

AÉROÉLASTICITÉ (OU L'AVION SOUPLE)

Responsable : Joseph MORLIER **EMSM-208**

Ce module a pour objectif d'expliquer la problématique liée à l'aéroélasticité des avions souples. On introduit sa mise en équation et les hypothèses physiques associées. 4 BE illustreront les méthodes d'analyses des grands avionneurs (Airbus, Boeing, etc.). Le contexte industriel est utilisé pour mettre en relief les processus impliqués et les différentes interactions fluides-structures-contrôle. Enfin, le calcul des charges est abordé, aussi bien en vol qu'au sol.

OBJECTIFS GLOBAUX CONNAISSANCES ET COMPETENCES

- savoir mettre en équation et résoudre les problèmes d'instabilités type flutter ;
- comprendre les interactions fluides structure sur les avions ;
- comprendre les principes d'instrumentation et identification modale lors des essais en vol ;
- mettre en place des lois de contrôle adaptées ;

Type de pédagogie : cours, TD, BE, projet.

Prérequis (1A) : Mécanique Générale, vibrations, Matlab

PLAN

- introduction Flutter & Processus industriel ;
- aéroélasticité Statique ;
- aéroservoélasticité (commande de vol) & Turbulence ;
- essais en Vol ;
- identification ;
- visite d'un laboratoire : essai en soufflerie et mise en évidence des phénomènes aéro-élastiques.

EVALUATIONS

- 1 BE informatique noté et 1 projet ;
- BE1 couplage des modes de flexion- torsion sur un profil mince (Matlab) ;
- BE2 identification modale sur des données vibratoires expérimentales (Matlab) ;
- BE3 Mise en place de Loi de contrôle de turbulence (Matlab/Simulink) ;
- BE4 Couplage de code fluide-structure en aeroelasticité (Nastran/DLM).

BIBLIOGRAPHIE

Poly Lecordix

Vibrations des structures couplées avec le vent de Pascal Hémon

Aéroélasticité et aéroacoustique de Philippe Destuynder

Introduction to Aircraft Aeroelasticity And Dynamic Loads de Jan R. Wright et Jonathan E. Cooper

A Modern Course in Aeroelasticity de Robert Clark, David Cox, Howard C. Jr. Curtiss et John W. Edwards

Identification modale (note decours) de J. Morlier

Nastran Aeroelastic Analysis User's Guide by MSC

BIOMÉCANIQUE

EMSM-211

Responsables : Frédéric LACHAUD / Christine ESPINOSA

L'objectif de ce module est de montrer le lien existant entre les méthodologies des sciences de l'ingénierie et les applications au vivant.

OBJECTIFS GLOBAUX CONNAISSANCES ET COMPETENCES

Les approches interdisciplinaires appliquées au vivant constituent un vaste champ de développement ouvert sur les questionnements amont et fondamentaux et sur les applications cliniques et environnementales. Elles constituent un vecteur significatif d'innovations scientifiques et technologiques et leur impact sociétal est important (santé, environnement, technologies, économie).

L'objectif principal du module est de montrer le lien existant entre les méthodologies des sciences de l'ingénierie et les applications au vivant. Les problématiques cliniques concerneront les pathologies du vieillissement (maladies neurodégénératives, vieillissement articulaire), les défauts de croissance chez l'enfant (scoliose) et l'oncologie. Une problématique générique sera centrée sur la mécanobiologie des biofilms.

Les enseignements théoriques (22 heures) concerneront les points suivants :

- mécanique des milieux biologiques : fluides, structures (tissus durs/mous), problèmes couplés ;
- approches multi-échelles, mécanobiologie et modèles prédictifs ;
- transports en milieux réactifs biologiques ;
- microcirculation cérébrale ;
- imagerie appliquée au vivant ;
- biomatériaux et Ingénierie tissulaire.

Un TP/projet sera proposé et mené sur 2 séances de 4 heures. Cette activité s'appuie sur le soutien IDEX Toulouse Formation en Ingénierie (Module Biomécanique (http://www.univ-toulouse.fr/node/10543). L'objectif sera de mettre en lumière la pertinence des couplages ingénierie/vivant en utilisant une chaîne numérique et expérimentale.

A partir de l'imagerie médicale et/ou de données microtomographiques (équipement IMFT) sur spécimens biologiques et/ou par photogramétrie (scanner optique disponible IMFT/CHU), les étudiants réaliseront

- la reconstruction géométrique 3D (codage de l'information, imagerie),
- la fabrication additive (imprimante 3D) et c) la caractérisation des propriétés structurales et des propriétés de transport (perméabilité effective du milieu poreux).

EVALUATIONS

- TP/Projet.

L'évaluation de l'enseignement devra valider l'atteinte de nos objectifs par un retour du public étudiant. Nous pensons à l'évaluation de l'équilibre des notions amont et applicative, la pertinence du choix des intervenants et de leur message, la pertinence des applications présentées et notamment des TP/projet.

MODÉLISATION STRUCTURES PAR ÉLÉMENTS FINIS ET CAO

Responsables : Christophe BOUVET / Samuel RIVALLANT

EMSM-210

L'objectif de ce module est d'utiliser simultanément un code de calcul par éléments finis et un logiciel de conception assisté par ordinateur, utilisés industriellement, afin de concevoir, de dimensionner et d'optimiser une petite structure.

Pour répondre à cet objectif principal :

- introduire (ou rappeler) le principe de calcul de structures par éléments finis ;
- utiliser un logiciel de calcul de structure par éléments finis (EF) ;
- utiliser un logiciel de conception assisté par ordinateur (CAO) ;
- faire interagir le calcul par EF et la CAO ;
- concevoir, dimensionner et optimiser une structure réelle.

OBJECTIFS GLOBAUX CONNAISSANCES ET COMPÉTENCES

Pour répondre à l'objectif principal :

- introduire (ou rappeler) le principe de calcul de structures par éléments finis ;
- utiliser un logiciel de calcul de structure par éléments finis (EF) ;
- utiliser un logiciel de conception assisté par ordinateur (CAO) ;
- faire interagir le calcul par EF et la CAO.

Ce cours permet d'appliquer le cours de tronc commun Mécanique des Matériaux de 1ère année et celui de calcul de structures analytique et numérique de 2e année. Il s'agira de d'apprendre à utiliser un code de calculs par EF utilisé industriellement, ainsi qu'un logiciel de CAO, également utilisé industriellement. Afin de s'assurer que les bases scientifiques du calcul par éléments finis sont comprises, un cours de rappel sera dispensé en début du module.

L'utilisation simultanée d'un logiciel de calcul de structures et d'un logiciel de CAO permet un échange rapide entre ces 2 outils et d'appréhender le lien fort existant entre conception et dimensionnement. L'objectif final est de concevoir une petite structure répondant à un cahier des charges fonctionnel, et en particulier supportant des charges données.

Ce module peut s'adresser à la fois aux élèves de 1re année et de 2e année.

Compétences attendues

À l'issue du module, l'étudiant sera capable de manipuler (de façon basique) un code de calcul par EF industriel et un logiciel de CAO industriel, et aura appréhendé les interactions fortes entre le calcul de structures et la conception.

CONTENU

- rappel de cours sur les EF ;
- BE pour apprendre à utiliser un code de calcul par EF ;
- BE pour apprendre à utiliser un logiciel de CAO ;
- BE et petit projet permettant des allers-retours entre les 2 logiciels afin de concevoir, dimensionner et optimiser une petite structure.

Type de pédagogie : 1 cours d'introduction, BEs, projet

ÉVALUATIONS

- 1 BE et un projet

BIBLIOGRAPHIE

Imbert (J.-F.), Analyse des structures par éléments finis, 1991, Cepadues.

Prat (M.), La modélisation des ouvrages, 1995 Hermes.

Barrau (J.+J.) et Sudre (M.), Modélisation des structures par éléments finis, 2005, Techniques de l'ingénieur.

THÉORIES DES COQUES MINCES

EMSM-206

Responsable : Yves GOURINAT

L'objectif de ce module est de maîtriser les hypothèses, équations et applications de la théorie des coques minces de Reissner dans leurs domaines linéaires non-linéaires, istropes et orthotropse, statiques & dynamiques, isothermes & thermoélastiques.

C'est un donc un cours traitant la thermodynamique des milieux solides déformables 2 et 2.5D.

OBJECTIFS GLOBAUX CONNAISSANCES ET COMPÉTENCES

Prérequis : Statique des poutres & plaques. Dynamique de Newton & Lagrange.

Les équations statiques classiques des poutres & plaques, les équations linéaires isotropes des coques aboutissent d'abord au calcul analytique explicite des configurations stables & en bifurcation d'éléments structuraux symétriques et présentant des invariances. Cette technique permet de constituer un catalogue d'exemples-types – notamment les membranes de Beltrami - qui se prêtent ensuite à la discrétisation numérique. Ici c'est une compétence analytique qui est visée. Les équations de Lagrange discrètes permettent ensuite le passage au continu par l'analyse modale puis par la solution implicite linéarisée autorisent un première approche dynamique sur les poutres droites, puis les plaques (avec solutions symétriques). Ces développements aboutissent aux équations les plus générales des éléments de coques (équations thermodynamiques des surfaces). L'application principale (en dehors des cas intégrables – rares & précieux) est alors la compréhension profonde des méthodes numériques appliquées aux coques de Reissner, notamment pour les éléments finis de coques linéaires ou quadratiques. Là, la compétence retenue est liée aux fondements mécaniques des méthodes numériques. Au long de ces développements, les relations avec les 3 principes classiques de la thermodynamique sont rappelées, notamment à propos du deuxième principe (dissipation). Enfin, une introduction aux problèmes de flambage de coque et aux interactions des réservoirs avec les fluides est proposée (problème mixte). Cette 3e compétence est une ouverture vers les systèmes couplés.

ÉVALUATIONS

2 BE (1 en statique, 1 en dynamique) seront réalisés en binôme et notés en cours de module. Un examen final de 1h30 portera sur la totalité du programme.

BIBLIOGRAPHIE

M. BORNET, T. BRETHEAU, P. GILORMINI : Homogénéisation en mécanique des matériaux - Tome 1. Hermès Science, 2001

A. CHOUAKI : Recalage de modèles dynamiques de structures avec amortissement. Thèse de doctorat, ENS Cachan, 1997.

Y. GOURINAT : Introduction à la Dynamique des Structures. Cepadues, 2001, ISBN 2.85428.545.X.

Y. GOURINAT, V. BELLOEIL : A truncated low approach of intrinsic linear and nonlinear damping in thin structures. Journal of Vibration and Acoustics, 2006.

Y. GOURINAT : Équations Générales des Coques.. Ed. Techniques de l'Ingénieur , BM 5 025 1-14, 2009.

Y. GOURINAT, JP CHRETIEN : Les Formalismes de la Dynamique Rationnelle des Systèmes Mécaniques : de Newton à Kane. Ed.Techniques de l'Ingénieur. BM 5 226 1-19, 2009.

JL. GUYADER : Vibrations des milieux continus, Hermes Science Publications, Lavoisier, 2002.

JF. IMBERT : Introduction aux élements finis. Cepadues, 1984. ISBN 2-85428-125-x.

D. JONES : Handbook of viscoelastic vibration damping. John Wiley and Sons, 2001. ISBN 0-471-49248-5.

G. KERGOULAY : Mesure et prédiction vibroacoustique de structures viscoélastiques. Thèse de doctorat, Centrale Paris, 2004.

S. LAROZE : Thermique des structures - Dynamique des structures. ISBN : 2.85428.714.2, Cepadues 2005.

C. LALANNE : Vibrations et chocs mécanique. Tome 1, Vibrations. Hermès sciences publication, Paris, 1999, ISBN 2-7462-0035-X.

C. LALANNE :Vibrations et chocs mécaniques, tome 2 chocs. Hermès Sciences publications, Paris , 1999, ISBN 2-7462-0034-1.

H. MORAND, R. OHAYON : Fluid structure interaction. John Wiley and Sons, 1995. ISBN 2-225-84682-0.

ENQUÊTE D'OPINION SUR LE TRAFIC AÉRIEN

ECAS-202

Responsable : Éric POQUILLON / Marie-Pierre BÈS

OBJECTIFS GLOBAUX CONNAISSANCES ET COMPETENCES

A la fin de ce module vous serez capables :

- d'expliquer la différence entre démontrer et convaincre ;
- de concevoir un questionnaire pour une enquête d'opinion ;
- de déterminer un échantillon pertinent de population pour vos enquêtes ;
- de réaliser l'enquête sur le terrain ;
- de réaliser une analyse statistique des résultats, y compris pour des questions ouvertes, avec des outils adaptés ;
- de dégager les enjeux réels de votre problématique du point de vue du citoyen ;
- d'ébaucher des solutions pour améliorer un projet et sa perception.

DEROULEMENT

- les séances seront animées conjointement par des experts en aéronautique et transport aérien et des spécialistes de la conception d'enquêtes d'opinion ;
- elles seront conduites autour de la conduite d'un projet et non de cours classiques ;
- les formateurs veilleront à l'accompagnement de ce projet par des apports bibliographiques et méthodologiques ;
- la semaine sera organisée de sorte à pouvoir réaliser une enquête et à traiter les données.

EVALUATIONS

- vous constituerez des groupes de cinq élèves ;
- chaque groupe choisira une problématique et réalisera sa propre enquête ;
- vous serez évalués au travers d'un court rapport présentant la synthèse des résultats de votre enquête et d'une présentation orale de 20mn.

BIBLIOGRAPHIE

Saccomanno, Marty, 2015, « Les sondages d'opinion entre mesure et construction de l'opinion » in TOMASI G. (coord.), Pourquoi les mathématiques, Ed. Ellipses, pp. 137-155.

Utiliser le logiciel Limesurvey : http://quanti.hypotheses.org/18/comment-page-1/

Loïc Blondiaux, La Fabrique de l'opinion, une histoire sociale des sondages, Seuil, coll Science politique, 1998

Pierre Lascoumes, Patrick Le Galès, Sociologie de l'action publique. (2e édition), Armand Colin, coll. « 128 », 2012

Marie-Pierre Bès, Frédérique Blot, Pascal Ducournau (2015), « Sivens : quand le dialogue devient impossible. Chronique d'un drame annoncé", Justice Spatiale, n°8, Juillet, en ligne.

COMMANDE DE VOL

Responsable : Philippe PASTOR

ECAS-205

Ce module présente parallèlement l'étude du dimensionnement des gouvernes et l'étude de la définition des lois de pilotage qui seront intégrées dans les calculateurs. Son objectif est d'illustrer les rapports entre les caractéristiques aérodynamiques d'un avion, ses Qualités De Vol et les capacités des systèmes automatiques de gestion du vol. Ce module permettra d'aborder les aspects pratiques et technologiques du pilotage et guidage des aéronefs. Les fonctions de gestion du vol et de navigation seront succinctement présentées ainsi que les principaux instruments de bord.

On abordera également, au travers des méthodes classiques vue en tronc commun, le réglage dans le plan longitudinal d'un système de pilotage automatique d'avion civil en approche.

OBJECTIFS GLOBAUX CONNAISSANCES ET COMPETENCES

L'objet de ce module est d'illustrer les rapports entre les caractéristiques aérodynamiques d'un avion et la capacité de le piloter :

- l'équilibrer autour de son centre de gravité ;
- le manœuvrer ;
- stabiliser ses mouvements.

Les commandes de vol électriques et les calculateurs de vol ont modifié radicalement l'approche conceptuelle d'un avion. Le pilote ne définit plus que des consignes et le calculateur assure la stabilisation et le respect de ces consignes. Un avion n'a plus besoin d'être naturellement stable.

Ensuite, dans un premier temps, les différents éléments du système de guidage-pilotage d'avion seront présentés.

- commande automatique du vol ;
- fonctions liées aux qualités de vol ;
- pilotage et guidage en croisière ;
- atterrissage automatique ;
- sécurité de la commande automatique du vol ;
- le FMS (Flight Management System) ;
- les principaux capteurs embarqués sur avion pour l'aide au pilotage et la navigation ;
- architecture des calculateurs.

Puis dans un second temps, des lois longitudinales en approche seront synthétisées. L'étude sera développée sur un modèle non linéaire d'avion civil.

CONTENU DU MODULE

Dimensionnement des gouvernes - Le dimensionnement de l'avion et la qualité de vol. - Dimensionnement du plan horizontal. - Dimensionnement de la dérive. - Le roulis. - Les phases sol et les pannes.

Les lois de pilotage - L'avion naturel. - Le cahier des charges pour le pilotage. - Les techniques aérodynamiques pour la conception des lois. - La validation des lois de pilotage. - Les évolutions futures.

EVALUATIONS

- bureaux d'Etudes ;
- 1 Oral.

BIBLIOGRAPHIE

P. Lecomte, Mécanique du vol, Dunod, 1962.

J-C. Wanner, La Mécanique du vol, Dunod, 1969.

P. Naslin, Théorie de la commande & conduite optimale, Dunod, 1969.

INITIATION AUX TECHNIQUES D'ESSAIS EN VOL

ECAS-204

Responsable : Éric POQUILLON

L'objectif de ce module est de comprendre la problématique des essais en vol de différents types d'avion et de systèmes, depuis le cadre réglementaire jusqu'à la réalisation des essais sur l'avion TB20 de l'école en passant par la conception des installations d'essais.

OBJECTIFS GLOBAUX CONNAISSANCES ET COMPETENCES

Après une présentation générale de la règlementation 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 d'essais en vol.

Puis 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'expérimentation 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).

ÉVALUATIONS

L'évaluation sera faite sous la forme d'un rapport d'essais rendu par équipe de 3 personnes.

FACTEURS HUMAINS DANS L'ACTIVITÉ DU PILOTE

ECAS-206

Responsable : Mickaël CAUSSE

L'objectif de ce module est d'apporter un socle de connaissances de base autour des thèmes des facteurs humains et des interfaces homme machines. Les savoirs théoriques sont complétés par un certain nombre de travaux pratiques.

OBJECTIFS GLOBAUX CONNAISSANCES ET COMPETENCES

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 complétés par des exercices pratiques tels que l'analyse du regard par oculométrie ou l'analyse cérébrale par électroencéphalographie...).

Intervenants : ISAE, ENAC, Air France…

EVALUATIONS

L'évaluation est basée sur les notes obtenues à un rapport (réalisé en binôme/trinôme) portant sur l'analyse de données d'oculométrie enregistrés sur des pilotes en simulateur et sur un document dans lequel est effectuée une évaluation du module et des intervenants en fin de formation (l'évaluation est individuelle).

BIBLIOGRAPHIE

CD Wickens, JG Hollands, S Banbury, R Parasuraman (2015). Engineering psychology & human performance.

R Parasuraman, M Rizzo (2006). Neuroergonomics: The brain at work.

AUTOMATIQUE AVANCÉE

Responsable : Caroline BÉRARD

ECAS-207

L'objectif de ce module est de présenter d'autres techniques de synthèse de lois de commande pour aller au delà de ce qui a été fait dans le cours d'automatique de tronc commun. Ces techniques de synthèse seront présentées sous un angle très appliqué, les fondements théoriques étant abordés dans la filière de spécialisation de 3e année.

OBJECTIFS GLOBAUX – COMPÉTENCES

Après un bref rappel des grands principes et des compromis de base de l'automatique, diverses techniques de synthèse de lois de commande seront abordées :

- la commande modale avec son extension aux systèmes multi entrées, permettant entre autre de traiter les spécifications de découplage ;
- la commande linéaire quadratique que nous associerons à l'estimateur de Kalman pour aborder la commande linéaire quadratique gaussienne ;
- la commande H infinie, permettant entre autre de prendre en compte des spécifications de robustesse ;
- la commande adaptative qui connaît un regain d'intérêt et qui permet de synthétiser une loi de commande dont les performances s'adapte en fonction de certains paramètres du système.

En fonction de l'avancement du cours les aspects non linéaires pourront également être abordés.

Le cours sera construit autour d'une étude de cas sur laquelle les diverses techniques de synthèse seront appliquées. La démarche permettra de faire ressortir les principaux paramètres de réglage des techniques présentées et de mettre en évidence les points forts et faibles de chacune d'elles.

Le cours sera essentiellement axé sur le design et la mise en œuvre des lois de commande plus que sur la théorie qui les sous-tend. Ainsi ce module ne sera pas nécessairement redondant avec les enseignements de la filière de la 3e année. Il permettra en outre aux étudiants qui ne souhaitent pas se spécialiser dans cette discipline ou qui souhaiteraient réaliser un stage de césure dans le domaine, d'en avoir une vue plus large.

ÉVALUATIONS

Étude de cas, soutenance orale, QCM

VOLS HABITÉS

Responsable : Stéphanie LIZY-DESTREZ

ECAS-208

L'objectif de une introduction à la problématique de l'Homme dans l'Espace, ses enjeux, ses spécificités et ses difficultés.

OBJECTIFS GLOBAUX CONNAISSANCES ET COMPÉTENCES

Le module s'articule autour de 2 axes principaux :

Axe humain : quelle survie pour l'homme dans un environnement aussi hostile ?

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.

Les principaux enseignements sont : Historique du Vol Habité, Feuille de route de l'exploration spatiale habitée (point de vue ESA), Techniques de scaphandre et sorties extravéhiculaires, système de support vie, aspects historiques des facteurs humains dans les missions de vols habités....

Axe technologique : comment concevoir des systèmes spatiaux pour le vol habité ?

Les grandes thématiques du CADMOS (Centre d'Aide au Développement des Activités en Micropesanteur et des Opérations Spatiales) seront présentées par les experts du CNES : physiologie, moyens en micropesanteur, exobiologie, vols paraboliques, moyens sols, sciences de la matière,.... Pour illustrer ce module, une visite du CADMOS est programmée.

ÉVALUATIONS

Le module sera évalué à travers un rapport, sur le thème d'une proposition d'expérience pour le vol en zéro-G.

Ce module n'attend pas de prérequis particulier, si ce n'est les cours de mécanique spatiale et d'Ingénierie Système du Tronc Commun de la deuxième année.

2 ECTS
30 h

MÉTÉO ET OCÉANOGRAPHIE

ECAS-209

Responsable : Bénédicte ESCUDIER

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. 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.

2 ECTS
30 h

PILOTAGE ET GUIDAGE DES DRONES

ECAS-210

Responsable : Yves BRIÈRE

Les nombreux « drones » (quadricoptères) vendus dans le commerce cachent un concentré de technologies et de méthodes de stabilisation. L'objectif de ce cours est d'avoir une vision globale des problèmes théoriques et pratiques qui permettent de concevoir une loi de commande permettant d'envisager une mission autonome. Tous les aspects pratiques de ce cours sont testés a la fois sur un support de simulation et sur un support expérimental.

OBJECTIFS GLOBAUX - COMPÉTENCES

Les objectifs principaux de ce cours sont :

- connaître les principales technologies mises en œuvre dans les minidrones de type « quadricopter » ;
- connaître et mettre en œuvre des principales lois de commande (attitude, vitesses, position) ;
- mettre en application les méthodes et principes d'automatique du cours de tronc commun sur un système réel et complexe ;
- couvrir le champ de l'asservissement de bas niveau et du guidage.

Le « fil rouge » du cours est une mission de suivi de cible qui fera l'objet d'un BE en situation réelle. Les points successivement abordés seront les suivants :

- modélisation du système permettant de prédéterminer une loi d'asservissement ;
- modèle complet, couplages et découplages, effets négligés structures des lois d'asservissement, feedforward, compensations de non linéarités, anti windup, etc.
- synthèse des lois de commande, respect d'un cahier des charges ;
- test des lois de commande sur banc d'essai : tests unitaires, identification ;
- test de la mission de suivi de cible.

PRÉREQUIS ET REMISE À NIVEAU

Cours d'automatique de tronc commun

ÉVALUATION

- rapport de BE + examen oral individuel ;

2 ECTS
20 h

MAINTENANCE

Responsable : Joël JÉZÉGOU

ECAS-211

OBJECTIFS

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.

PROGRAMME

- 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.

CRYPTOGRAPHIE

Responsable : Jérôme LACAN

EISC-204

L'objectif de ce module est de présenter les différents algorithmes de chiffrement ainsi que leurs principales applications. Nous aborderons notamment les problématiques des chiffrements symétrique et asymétrique, de l'échange de clés ou du partage du secret. Dans ces différents domaines, nous présenterons les principaux algorithmes et nous analyserons leur sécurité aux niveaux théorique et pratiques.

OBJECTIFS GLOBAUX CONNAISSANCES ET COMPÉTENCES

La cryptologie est aujourd'hui un des éléments essentiels du développement de l'Internet et plus généralement des systèmes de communications. La cryptologie est constituée de la cryptographie, qui consiste à concevoir des systèmes de chiffrement, et de la cryptanalyse, qui consiste à analyser la sécurité de ces systèmes. Les applications de ces systèmes comprennent :

- la confidentialité ;
- l'authentification ;
- l'intégrité ;
- la non-répudiation, le partage du secret et bien d'autres.

Ces différentes fonctionnalités sont absolument nécessaires pour la construction de systèmes d'information et de communications sûrs ayant des impacts sociétaux considérables :

- respect de la vie privé ;
- santé ;
- banques/finances (Bitcoin/blockchain) ;
- sécurité physique, etc…

Les révélations d'Edward Snowden ont mis en évidence l'utilisation de failles de sécurité de ces systèmes par des services de renseignements et des entreprises. Cette évolution montre que la connaissance de ces systèmes doit être partagée par le plus grand nombre.

Ce module est complémentaire du module 1A de « Théorie de l'Information » qui pose certaines base théoriques (mais qui n'est pas un prérequis) et du module 2A « Guerre électronique et cybersécurité » qui traite principalement des aspects liés à l'implémentation de ces systèmes. Ce module se focalisera sur la présentation et l'analyse des algorithmes de chiffrement. Les outils mathématiques seront tout d'abord introduits (théorie des nombres, corps finis, courbes elliptiques, etc). Ensuite, les principaux algorithmes de chiffrement (symétrique, asymétrique, …) seront présentés et analysés d'un point de vue théorique (présentation des attaques connues) et, pour certains d'un point de vue pratique. En effet, quelques BE permettront de réaliser des tests de résistance à la cryptanalyse sur des cas simples.

ÉVALUATIONS

- examen écrit ;
- BE notés ;
- présentations de mini-projets.

BIBLIOGRAPHIE

Doug Stinson, « Cryptography Theory and Practice »

Alfred J. Menezes, Paul C. van Oorschot and Scott A. Vanstone, « Handbook of Applied Cryptography »

APPROFONDISSEMENT EN MATHÉMATIQUES

Responsable : Youssef DIOUANE

EISC-103

L'objectif de ce module est d'offrir des compléments mathématiques au cours de tronc commun. Trois thèmes seront abordés :

- optimisation (10h) ;
- théorie de la mesure (10h) ;
- analyse complexe (10h) ;

OBJECTIFS GLOBAUX – CONNAISSANCES ET COMPETENCES

Ce cours se positionne en complément du tronc commun en approfondissant les cours d'optimisation et de théorie de la mesure, pour lesquels un traitement rigoureux sera présenté. Le cours d'analyse complexe représente quant à lui un cours d'ouverture sur un sujet important des mathématiques modernes. Les objectifs de ce cours se déclinent selon chaque thème abordé:

La partie optimisation va principalement porter sur le traitement théorique de la question de l'existence et de l'unicité en optimisation continue, que ce soit en dimension finie ou infinie. En particulier, nous verrons le rôle crucial de la convexité en dimension infinie. On s'intéressera aussi à la résolution de problèmes d'optimisation sans contrainte, puis avec contraintes. De manière rigoureuse, on tentera de répondre aux questions suivantes (vues en tronc commun): existe-t-il une solution (même locale) du problème considéré? si oui, a-t-on unicité? comment la caractériser? comment la calculer?

Les 10h de cours consacrées à la théorie de la mesure visent à établir de manière rigoureuse la théorie de la mesure: tribus, applications mesurables, mesures, espaces produit, intégration, théorème de convergence monotone, lemme de fatou, théorème de convergence dominée, mesure de Lebesgue, théorème de Radon-Nikodym.

La partie de l'analyse complexe: introduction aux fonctions holomorphes; lien avec les fonctions harmoniques ; formule intégrale de Poisson; formules intégrales de Cauchy; lien avec les développements en séries entières, en séries de Laurent et application au prolongement analytique; calcul d'intégrales dans le plan complexe et applications au calcul d'intégrales réelles par la méthode des résidus; propriétés géométrique et représentation conforme.

EVALUATIONS

3 BE papier notés.

BIBLIOGRAPHIE

Jorge Nocedal and Stephen J. Wright, "Numerical Optimization", 2006 Springer Science+Business Media, LLC,
Rick Durrett, "Probability: Theory and Examples", Fourth edition. Cambridge Series in Statistical and Probabilistic Mathematics. Cambridge University Press, Cambridge, 2010. x+428 pp. ISBN: 978-0-521-76539-8.

Yves Caumel, "Cours d'Analyse Fonctionnelle et Complexe", 2003 EDITIONS-CEPADUES. ISBN: 2-85428-563-8

MODÉLISATION 3D ET SYNTHÈSE D'IMAGES

EISC-210

Responsable : Pierre SIRON

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. Des avancées importantes ont aussi effectuées sur les imprimantes 3D. Nous aborderons aussi les problématiques liées à la création d'objets numériques imprimables pour tous. La synthèse d'images est une autre application de ces modèles.

OBJECTIFS GLOBAUX - COMPÉTENCES

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 (BE) se déclinent sous trois formes, au choix de chaque étudiant.

- à travers un programme en langage C, ils découvriront l'implantation informatique de surfaces avec leur visualisation interactive et les étudiants pourront créer des objets simples avec leur propre outil ;
- en utilisant le logiciel Blender, les étudiants pourront créer un modèle ou un environnement complexe (éventuellement animé) et ainsi appréhender les difficultés liées à cette tâche ;
- les étudiants pourront produire un état de l'art autour d'une problématique recherche en lien avec le cours.

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

EVALUATIONS

Au choix : projet ou analyse d'articles

BIBLIOGRAPHIE

http://www.irit.fr/~Loic.Barthe/Enseignements/

INTRODUCTION AU BIG DATA

EISC-212

Responsables : Christophe GARION / Emmanuel RACHELSON

L'objectif de ce module est de permettre une introduction par la pratique aux problématiques liées à la gestion, au traitement et à la valorisation de grands volumes de données. On abordera, au travers d'une série de cas d'étude variés, les différents enjeux autour du Big Data, les outils à disposition pour la chaîne de traitement et les verrous scientifiques des prochaines années.

OBJECTIFS GLOBAUX CONNAISSANCES ET COMPETENCES

- savoir reconnaître un problème Big Data (et ce qui n'en est pas) ;
- connaître les mots-clés des outils mis en œuvre dans un traitement Big Data ;
- savoir identifier l'usage de chaque outil dans la chaîne de traitement Big Data ;
- connaître plusieurs cas d'étude grandeur nature issus d'application réelles.

MÉTHODES DE MONTE-CARLO

Responsable : Florian SIMATOS

EISC-211

L'objectif du module est de comprendre, analyser et implémenter des méthodes de Monte-Carlo adaptées aux problèmes que peuvent rencontrer les ingénieurs dans la simulation de systèmes complexes.

OBJECTIFS GLOBAUX CONNAISSANCES ET COMPETENCES

La résolution de nombreux problèmes scientifiques nécessite de calculer des sommes, des intégrales ou encore de résoudre des équations ou des problèmes d'optimisation. Pour des systèmes complexes ou de grande dimension tels que la conception de lanceurs spatial ou la gestion de portefeuilles d'actifs, les techniques de calcul direct sont très vite dépassées. Les algorithmes stochastiques dits «de Monte-Carlo», car inspirés par les jeux de hasard, offrent une alternative pour résoudre ces problèmes : ce cours propose un tour d'horizon théorique et algorithmique de ces méthodes.

La méthode de Monte Carlo classique pour calculer une intégrale consiste à utiliser la loi des grands nombres en interprétant l'intégrale comme l'espérance d'une variable aléatoire. L'erreur d'estimation dépend alors de la racine du nombre d'échantillons utilisés, au contraire d'une approximation par des sommes de Riemann dont l'erreur augmente avec la dimension du problème. Le cours présentera aussi des techniques d'échantillonnage préférentiel permettant d'améliorer les performances de cette technique.

Le cours présentera d'abord les bases de la simulation stochastique, puis visera à analyser les performances attendues des méthodes de Monte-Carlo. L'implémentation de ces techniques stochastiques à l'aide de Matlab permettra à l'étudiant d'évaluer sur des cas concrets leurs forces et leurs faiblesses.

PRE-REQUIS

Une bonne maîtrise de Matlab est indispensable pour ce cours qui se déroule entièrement en salle machine. Par ailleurs, le cours s'appuie sur les connaissances de base en probabilités et statistique. En probabilités, il est attendu des étudiants une bonne maîtrise des notions de convergence (loi des grands nombres et théorème central limite). En statistique, l'étudiant devra être familiarisé avec les notions de base en estimation telle que la notion d'estimateur sans biais et d'intervalle de confiance.

ÉVALUATIONS

- 3 devoirs maison et un compte-rendu global.

BIBLIOGRAPHIE

C. Robert et G. Casella, Monte-Carlo statistical methodes, Springer-Verlag, Springer texts in statistics, 2004.

Polycopié du cours de probabilités et statistique de l'ISAE, disponible sur la page web http://personnel.isae.fr/florian-simatos/

ARCHITECTURE DES SYSTÈMES

Responsable : Rob VINGERHOEDS

EISC-216

Le but des activités d'architecture de système est de définir une solution complète basée sur des principes, des concepts et des propriétés logiquement liés et cohérents les uns avec les autres. L'architecture de la solution a des caractéristiques, des propriétés et des caractéristiques satisfaisant, autant que possible, au problème ou à l'opportunité exprimé par un ensemble d'exigences système (traçables aux exigences de la mission / des affaires et des parties prenantes) et du cycle de vie sont réalisables grâce à des technologies (par exemple, mécanique, électronique, hydraulique, logiciels, services, procédures, activité humaine).

L'architecture du système est abstraite, axée sur la conceptualisation, globale et centrée sur la mission et les concepts du cycle de vie du système. Il se concentre également sur la structure de haut niveau des systèmes et des éléments du système. Il aborde les principes architecturaux, les concepts, les propriétés et les caractéristiques du système d'intérêt. Il peut également être appliqué à plus d'un système, formant dans certains cas la structure commune, le modèle et l'ensemble d'exigences pour les classes ou les familles de systèmes similaires ou connexes.

Le cours vise à enseigner les principes de l'architecture de système, de montrer sa place dans les cycles de développements (industriels), et de l'appliquer sur des cas concrètes. Des cas d'application industriels seront présentés et analysés.

CONNAISSANCES ET COMPETENCES

Bases de l'ingénierie systèmes (semaine analyse fonctionnelle en S3).

EVALUATIONS

Etude de cas à analyser et présenter.

OPTIMISATION NUMÉRIQUE AVANCÉE

EISC-214

Responsable : Michel SALAUN / Youssef DIOUANE

Ce cours se positionne en complément du tronc commun 1A en approfondissant le cours d'optimisation. L'objectif est d'introduire les algorithmes classiques l'optimisation numérique (avec et sans dérivée) pour résoudre un problème d'optimisation sans contraintes.

OBJECTIFS GLOBAUX CONNAISSANCES ET COMPÉTENCES

Le but de ce cours est de donner une vision pratique sur les algorithmes de résolution en optimisation où plusieurs BE sous MatLab permettront de les tester. Trois axes seront abordés donnant lieu à cours et BE MatLab:

- algorithmes de descentes (rappel, analyse et mise en pratique): 10h ;
- algorithmes de régions de confiance (introduction, analyse et mise en pratique): 10h ;
- optimisation sans dérivée (introduction, analyse et mise en pratique): 10h.

ÉVALUATIONS

BE MatLab.

BIBLIOGRAPHIE

*Jorge Nocedal and Stephen J. Wright, "Numerical Optimization", 2006 Springer Science+Business Media, LLC.

*Andrew R. Conn and Nicholas I. M. Gould and Philippe L. Toint, "Trust-Region Methods", 2000, Society for Industrial and Applied Mathematics. Philadelphia, PA, USA.

*Andrew R. Conn and Katya Scheinberg and Luis N. Vicente, "Introduction to Derivative-Free Optimization", 2009, Society for Industrial and Applied Mathematics. Philadelphia, PA, USA.

APPLICATIONS WEB DE NOUVELLE GÉNÉRATION

EISC-217

Responsable : Tanguy PÉRENNOU

L'objectif de ce module est d'apprendre à concevoir et développer des applications web interactives et mobiles couplées à des serveurs Web dynamiques en s'appuyant sur les technologies JavaScript de dernière génération, en particulier Node.js.

OBJECTIFS GLOBAUX - COMPÉTENCES

À l'issue du module, les élèves seront en mesure de :

- décrire l'écosystème général des composants de développement d'applications Web – architecture, langages, interfaces, frameworks, bases de données, etc.
- expliquer la notion d'architecture logicielle trois tiers ;
- décrire le fonctionnement général d'un serveur de pages Web dynamiques couplé à une base de données ;
- décrire le fonctionnement général d'applications Web coté client utilisant des appels asynchrones, en particulier l'exemple d'Ajax ;
- décrire le fonctionnement général et l'utilisation d'un service Web de type RESTful ;
- faire des manipulations simples avec une base de données relationnelle ou non, comme par exemple MySQL, Postgres, H2 ou MongoDB ;
- développer des programmes de taille moyenne en langage JavaScript et/ou TypeScript ;
- réaliser de petits serveurs de pages Web dynamiques en JavaScript/TypeScript/HTML/CSS avec des frameworks tels que Express et Node.js. ;
- développer des applications clientes (mobiles) avec Node.js et les frameworks Ionic et Cordova.

ÉVALUATIONS

- Mini-projet + Examen écrit.

BIBLIOGRAPHIE

W3School : Learn HTML, CSS, JavaScript (http://www.w3schools.com)

Node.js Documentation (https://nodejs.org/en/docs)

Express Documentation (http://expressjs.com)

CYBERCRIMINALITÉ ET GUERRE ÉLECTRONIQUE

EISC-215

Responsable : E. LOCHIN

Les systèmes communiquants sont de plus en plus présents dans la vie de tous les jours. Il est frappant de constater à quel point les utilisateurs font confiance à ces systèmes (ex. : téléphonie, réseaux sociaux, clouds). Dans ce contexte, la prise de conscience des risques en terme de sécurité est devenue fondamentale.

Au travers de ce module, nous souhaitons sensibiliser et outiller les étudiants sur le thème de la sécurité des systèmes de télécommunications. Cela passe par la consolidation des outils en traitement du signal et informatique (théorie de l'information, réseaux) mais aussi par l'acquisition de savoirs-faire pratiques (attaques et mise en œuvre de contre mesures, administration du système UNIX).

OBJECTIFS GLOBAUX CONNAISSANCES ET COMPETENCES

Introduction (2 h)

Objectif : introduction générale du cours

- classification générale des attaques et des contre mesures ;
- les piliers de la sécurité ;
- présentation du module (fil conducteur).

Sécurité de la couche physique (10 h)

Guerre électronique (6 h)

Objectif : un éclairage de haut niveau sur les enjeux, les méthodes et les outils liés à la guerre électronique

- les enjeux de la guerre électronique dans un contexte militaire et civil ;
- spécificités des attaques et contre mesures sur la couche physique ;
- méthodes et outils pour la conception de systèmes d'interception ;
- illustration d'outils d'analyse techniques réels.

Radio logicielle et interception de communications (4 h)

Objectif : bureau d'étude sur l'analyse de signaux réels à l'aide de récepteurs de radio logicielle ;

- présentation du dispositif d'acquisition (du signal réel vers son enveloppe complexe) ;
- démodulation et décodage hors ligne sous Matlab (application aéronautique type ACARS ou VDL 2).

Sécurité logicielle (8 h)

Exploits et attaques sur les codes binaires (4 h

Objectif : illustration d'exploits et amélioration de la technique de programmation en C

- débordement de tampon, sur la pile, le tas ;
- débordement de pointeurs de fonctions ;
- vulnérabilité des chaines de formatage ;
- lecture et écriture depuis des adresses en mémoire ;
- Shellcode.

La capture de paquets/trames (4 h)

Objectif : miniprojet d'écriture d'un sniffer basé sur la libpcap.

- le format des trames Ethernet, paquets IP, datagramme UDP, segments TCP ;
- présentation de la libpcap ;
- sockets en mode RAW.

Outils pour la sécurité (9 h)

Objectif : présentation des principales normes et méthodes de sécurité.

Méthodes et normes pour la sécurité (1h)

- analyse des risques (EBIOS, ISO2700x) ;
- critères commun ;
- certification de sécurité de premier niveau.

Outils pour l'analyse technique (2h)

Objectif : présentation des differents outils autour d'un probleme concret de l'analyse de la sécurité d'un équipement communicant.

- outils applicatifs (fuzzing, IDS, IPS, ...) ;
- outils réseaux (sniffing, man-in-the-middle, spoofing...) ;
- outils physiques (radio logicielle).

Manipulation des outils permettant une analyse technique (2 x 3h)

Objectif : illustration pratique

- Fuzzing ;
- illustration d'une exploitation connue ;
- mise en oeuvre d'un protocol connu sous peach (http par exemple) ;
- Man-in-the middle réseau ;
- écoute avant/après mise en oeuvre HTTPS (manipulation wireshark) ;
- Man-in-the-middle HTTPS (manipulation arpspoof, sslstrip) ;
- modification des données à la volée (manipulation ettercap).

ÉVALUATIONS

- examen écrit (1 h ou 2 h) d'étude de cas.

DANS LA PEAU D'UN INGÉNIEUR EN OPTIMISATION

EISC-213

Responsable : Emmanuel RACHELSON

Que fait un ingénieur en optimisation au quotidien ? Le but de ce module est de répondre à cette question par la pratique. Pour cela, un ingénieur-chercheur en optimisation de la production court terme à EDF R&D se mettra 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.

OBJECTIFS GLOBAUX CONNAISSANCES ET COMPETENCES

- ingénierie du besoin, expression de besoin et cahier des charges d'une solution d'optimisation, en relation avec un client des métiers de l'énergie ;
- mise en pratique des notions d'optimisation combinatoire du tronc commun ;
- compléments d'optimisation combinatoire ;
- modélisation en optimisation combinatoire ;
- environnement OPL Studio.

INGÉNIERIE QUANTIQUE

Responsable : Sébastien MASSENOT

EEOS-209

L'ingénierie quantique est un domaine de recherche récent promis a un grand avenir, notamment dans le domaine du traitement de l'information. Cette discipline permet de s'intéresser à la réalisation de fonctionnalités diverses, (portes logiques, calculateurs, moteurs par exemple) à l'aide des propriétés quantiques de nano-objets individuels. Les applications phares de cette discipline concernent le traitement quantique de l'information avec la possibilité de développement de calculateurs ultra-rapides, la téléportation ou encore la cryptographie quantique.

OBJECTIFS GLOBAUX – CONNAISSANCES ET COMPETENCES

Les thèmes suivants seront abordés au cours de ce module :

- frontière physique quantique / physique classique
- ingénierie quantique: moteurs moléculaires
- mécanique à l'échelle nanométrique
- calculateurs quantiques
- transferts d'information au niveau quantique: téléportation et cryptographie quantique

La compétence principale visée par ce module sera l'utilisation des propriétés du monde quantique pour la réalisation de fonctionnalités mécaniques, électroniques ou de traitement de l'information à l'échelle nanométrique.

EVALUATIONS

Test écrit

BIBLIOGRAPHIE

M. LeBellac, Introduction à l'information quantique, Belin, 2005

Molecule concept-nanocars : chassis, wheels and motors ? ,C. Joachim, G. Rapenne, ACS Nano, 2013, 7, 11-14.

E.G. Riefel, W.H. Polak, Quantum computing, a gentle introduction, MIT Press, 2014

LA MINIATURISATION, JUSQU'OÙ ? DES NANOTECHNOLOGIES AUX NANO-OBJETS

EEOS-206

Responsable : Sébastien MASSENOT

La miniaturisation des dispositifs et des machines (en télécommunication, dans les ordinateurs, dans les instruments de mesures ou dans les systèmes mécaniques) utilise maintenant les propriétés quantiques inhérentes aux systèmes atomiques et moléculaires. Ce module d'ouverture a pour objectif de sensibiliser aux limites de miniaturisation pour la réalisation de composants / machines aussi bien du point de vue technologique que du point de vue conceptuel avec la prise en compte des effets quantiques.

OBJECTIFS GLOBAUX CONNAISSANCES ET COMPETENCES

Les thèmes suivants seront abordés au cours de ce module :

- introduction aux problématiques de la miniaturisation et ses limites ;
- présentation des techniques de nanofabrication, approches top-down et bottom-up ;
- nanocomposants optiques : sources de photons uniques et pour l'information quantique, cristaux et circuits photoniques ;
- nanocomposants électroniques : problématique de réduction de la taille des composants, transport des électrons dans des circuits à l'échelle nanométrique.

La compétence principale visée par ce bloc sera l'utilisation des propriétés du monde quantique, de la connaissance de la frontière entre le monde macroscopique et le monde quantique jusqu'à la reconstruction quand cela est nécessaire des lois de la physique macroscopique pour concevoir des nano-composants.

EVALUATIONS

Test écrit

BIBLIOGRAPHIE

Collection : Les nanosciences, Tomes 1 à 5, Belin

C. Joachim et L. Plévert, Nanosciences: La révolution invisible, Seuil, 2008

CONCEPTION DES CIRCUITS NUMÉRIQUES COMPLEXES

Responsable : Arnaud DION

EEOS-208

Les circuits numériques font désormais partie de notre vie quotidienne : téléphones portables, GPS, appareils photos… Nos infrastructures reposent également sur ces circuits : satellites, internet… Malgré la complexité des applications, la conception de ces circuits repose sur des notions simples.

Le but de cet enseignement est de découvrir les différentes technologies et les méthodes de conception. La conception d'un système ne s'apprenant pas en cours, l'accent est mis sur la pratique au travers d'un projet. Des intervenants du monde industriels partageront leur expérience.

OBJECTIFS GLOBAUX CONNAISSANCES ET COMPETENCES

Dans un premier temps, nous présentons la technologie des circuits intégrés ainsi que les principales fonctions.

- technologie des circuits intégrés ;
- fonctions d'électronique numérique ;
- architectures des circuits numériques : microprocesseur, FPGA, ASIC, mémoire.

Nous présentons ensuite les règles de conception, déduites de la technologie. La technologie atteint les limites de la physique. Les gains de performances, par exemple en fréquence de fonctionnement sont limités. Nous montrons comment l'association de ces architectures hétérogènes au sein d'un même circuit intégré permet une rupture de performances.

- règles de conception ;
- systèmes sur puce.

En parallèle des notions précédentes, nous apprenons à utiliser les outils et langages associés.

- flot de conception ;
- langages de conception : VHDL, C.

Ces notions et compétences s'appréhendent mieux par la pratique. Un projet, tout au long de ce module, permet donc une mise en application directe sur une carte électronique.

EVALUATIONS

Rapport de projet et examen écrit.

BIBLIOGRAPHIE

«VHDL: A logic synthesis approach», David Naylor and Simon Jones.

"Engineering the complex SOC", Chris Rowen.

EFFETS DE L'ENVIRONNEMENT RADIATIF NATUREL SUR L'AVIONIQUE, LES LANCEURS ET LES SYSTÈMES SOL : COMMENT SE PRÉMUNIR CONTRE LES DYSFONCTIONNEMENTS ?

EEOS-207 Responsable : Vincent GOIFFON

L'objectif de ce module est de sensibiliser les ingénieurs de demain aux effets de l'environnement radiatif naturel (neutrons atmosphériques, rayons cosmiques…) ainsi qu'à la manière de s'en prémunir dans le contexte des systèmes électroniques qui sont au cœur d'applications critiques comme l'avionique, les lanceurs, l'automobile et les serveurs informatiques (data centers, cloud…).

OBJECTIFS GLOBAUX - CONNAISSANCES ET COMPETENCES

Avec l'accroissement de la densité des circuits électroniques et la réduction des dimensions de la brique élémentaire, le transistor, la sensibilité des systèmes électroniques au rayonnement radiatif naturel présent sur l'intégralité du globe s'intensifie d'années en années. Les concepteurs et utilisateurs de systèmes numériques critiques ne peuvent pas aujourd'hui ignorer cette menace et ils doivent prendre en compte ces effets pour s'en protéger et assurer la sûreté de fonctionnement des systèmes critiques que l'on trouve notamment dans l'aéronautique, les lanceurs, l'automobile et les serveurs informatiques.

Ce module présente ce qui constitue l'environnement radiatif naturel que l'on trouve à proximité de la Terre et dans l'atmosphère, ainsi que les défaillances que peuvent engendrer ces radiations dans les systèmes électroniques critiques. Pour chaque application traitée dans ce cours, les effets de ces particules de haute énergie et les techniques pour s'en prémunir sont développées.

Le module est découpé en sept créneaux décrits ci-dessous (intervenants à confirmer):

- introduction/environnement radiation naturel/analyse de vulnérabilité des systèmes (Nuclétudes)
- prise en compte des effets de l'environnement radiatif naturel :
  - dans les lanceurs (Ariane Group)
  - dans les serveurs informatiques (data centers, cloud…)
  - dans les aéronefs (Airbus)
  - dans l'automobile (Renault)
  - exemple de prise en compte de ces effets dans un accélérateur (CERN)
  - bureau d'étude/travaux pratiques

A l'issu de ce module les étudiants auront conscience de l'existence de la contrainte que représente l'environnement radiatif naturel et des techniques à mettre en œuvre lors de la conception ou de l'opération des systèmes électroniques critiques.

EVALUATIONS

Rapport de la séance de BE/TP

BIBLIOGRAPHIE

The Invisible Neutron Threat: https://www.lanl.gov/science/NSS/issue1_2012/story4full.shtml

E. Normand, «Single-event effects in avionics,» in IEEE Transactions on Nuclear Science, vol. 43, no. 2, pp. 461-474, Apr 1996. doi: 10.1109/23.490893

Single-Event Upsets and Microelectronics (Why neutrons matter to the electronics industry): http://www.bartol.udel.edu/~clem/NMworkshop2015/presentations/Gordon.pdf

COMMUNICATIONS OPTIQUES SPATIALES

Responsable : Angélique RISSONS **EEOS-210**

Les technologies photoniques sont reconnus comme solution de choix pour satisfaire la montée en débit des télécommunications. La spatialisation de ces technologies n'est certes qu'au stade préliminaire mais sera largement implémenté dans les satellites en cours de conception. Quel est l'intérêt de ces technologies et dans quels systèmes sont elle implémentée ?

OBJECTIFS GLOBAUX CONNAISSANCES ET COMPETENCES

Ce module d'ouverture propose une initiation à la conception de systèmes de communication optique et à la manipulation de composants photoniques/optoélectronique en vue d'une implémentation spatiale. Après un apport des bases théoriques sur la photoniques et les contraintes de spatialisation de cette technologie, des expérimentations sur les composants seront réalisée. Les applications seront présentées par des industriels du secteur et par des démonstrations d'un système de liaison laser satellite sol.

PROGRAMME

- introduction aux technologies photoniques et leurs applications (2C) ;
- qualification des composants et systèmes photoniques pour le spatial (2 C) ;
- communication laser en espace libre : liens satellite-satellite, liens satellite-sol (2 C) ;
- liaison par fibre optique à bord de satellite (2 C) ;
- 4 séances de Travaux pratiques et CAO portant sur le dimensionnement et la conception des systèmes de communication optique :
  - intiation à l'utilisation des moyens de métrologie optiques et hyperfréquence ;
  - caractérisation en signal et en bruit de chaque composants (laser, photodetecteurs, amplificateurs à fibre dopée Erbium, modulateurs, …) ;
  - métrologie du gain et du bruit d'une chaine de communication ;
  - application à un système : cubesat, lien laser espace libre pour communication satellite-sol ;
- démonstration ;
  - application à un système : cubesat, lien laser espace libre pour communication satellite-sol ;

ÉVALUATIONS

- l'évaluation se fera sous forme de compte rendu de travaux pratiques.

BIBLIOGRAPHIE

L. Coldren, "Diode lasers and Photonic Integrated Circuits"

B. Roy et al. , "Optical Feeder Links for High Throughput Satellites", ICSOS 2015

S. Poulenard, S. Crosnier, A. Rissons, « Ground Segment Design for Broadban Geostationary Satellite With Optical Feeder Link », IEEE Journal Opt. Com. Net. , vol.7,No4 April 2015

A. Majumdar, J. Ricklin, "Free Space Laser Communications", Springer, 2008, http://www.esa.int/Our_Activities/Telecommunications_Integrated_Applications/EDRS/First_SpaceDataHighway_laser_relay_in_orbit

MINIATURISER LES CHARGES UTILES POUR LES NANOSATELLITES

EEOS-211

Responsable : Pierre MAGNAN

L'évolution des satellites vers des formes ultra-miniaturisées sous la pression de facteurs techniques et économiques requiert une mise à l'échelle drastique à la fois des plateformes mais aussi des charges utiles et instruments. Ce module se propose d'explorer les challenges que ces derniers doivent affronter pour assurer les fonctions de base des missions - se repérer, mesurer, observer et communiquer - ainsi que les concepts nouveaux et technologies de rupture pour y parvenir.

OBJECTIFS GLOBAUX CONNAISSANCES ET COMPÉTENCES

Envisager si/comment les charges utiles et instruments associés peuvent s'adapter à la miniaturisation requise par les nano-satellites

- triple regard sur:
  - les charges utiles des satellites «traditionnels » : se mettent-elles à l'échelle ?
  - les nano-satellites permettent-ils de réaliser toutes les missions?
  - faut-il des technologies de rupture pour les CU des nano-satellites?
- contenu:
  - les Charges utiles de communication ;
  - observation optique depuis l'espace ;
  - senseurs d'attitude et visée stellaire (Cours et BE) ;
  - introduction générale aux nano-satellites ;
  - la miniaturisation des antennes ;
  - SERB: un exemple de mission scientifique basé sur un nanosatellite.

ÉVALUATIONS

- BE visée stellaire ;
- travail bibliographique par binôme.

TÉLÉSCOPES ET SURVEILLANCE DE L'ESPACE PLANÉTOLOGIE ET SONDES SPATIALES - PHYSIQUE STELLAIRE

Responsable : David MIMOUN

EEOS-213

OBJECTIFS GLOBAUX – COMPÉTENCES

Téléscopes et surveillance de l'espace :

- l'atmosphère terrestre et l'espace ;
- téléscopes et formation des images, récepteurs du rayonnement ;
- applications en astrophysique et à la surveillance de l'espace ;
- observations radar : propriétés générales, techniques des technologies de réception, radiotéléscopes ;
- TP Radioastronomie.

Planétologie et technol. des sondes spatiales

- partie 1 : Introduction à la planétologie comparée

La 1re 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 ;
  - les différents types de corps planétaires ;
  - les planètes et leurs évolutions comparées.

- partie 2 : Techniques et technologies des sondes spatiales

Cette 2e partie déclinera les études en planétologie en se focalisant sur des combinaisons objets / Missions / Instruments. Les intervenants décriront ainsi un objet du système solaire, une thématique scientifique, une mission, un instrument et les résultats scientifiques obtenus. Ces cours aborderont :

  - les techniques principales de l'instrumentation spatiale (en dehors de l'optique) ;
  - les contraintes techniques spécifiques des sondes spatiales et lander planétaires et les solutions techniques associées ;
  - les méthodes de sélection des charges utiles scientifiques.

Physique stellaire :

Formation des étoiles et des systèmes planétaires

ÉVALUATIONS

Commentaires d'articles / Bureaux d'études

GOUVERNANCE ET ORGANISATION DES ENTREPRISES

EACS-205

Responsable : Marie-Pierre BÈS

Il s'agit de comprendre qui dirige les entreprises, quelles sont les caractéristiques sociales et professionnelles et les ressources sociales des dirigeants et managers. L'objectif est de comprendre la composition de ce monde social, ses codes et les manières de faire des managers (se former, consommer, se comporter, décider, diriger). Le cours comprendra des présentations des derniers travaux en économie et sociologie sur les gouverneurs d'entreprises et des illustrations dans la vie contemporaine des affaires.

OBJECTIFS GLOBAUX CONNAISSANCES ET COMPETENCES

A la fin de ce module vous serez capables :

- d'expliquer la composition du monde socio-professionnel ;
- de retracer les trajectoires de formation des cadres et managers ;
- d'analyser les phénomènes de reproduction des élites et d'étudier les relations entre managers ;
- de comprendre l'importance des ressources sociales ;
- de construire et collecter des données pertinentes.

DEROULEMENT

- les cours suivront une série d'interventions des auteurs mentionnés en bibliographie, décrivant les différents aspects des managers et dirigeants d'entreprise, à partir des travaux sur les élites, la mobilité internationale, les ressources sociales, les cercles de décideurs, les professions concernées et les réseaux tissés vers leurs familles, le monde des médias et les entreprises multinationales ;
- les formateurs veilleront à des apports bibliographiques et méthodologiques spécifiques des sciences sociales, notamment à propos des sources de données ;
- le cours finira par un exercice auto-réflexif permettant aux élèves de se positionner dans la structure socioprofessionnelle actuelle.

EVALUATIONS

- les étudiants choisiront un manager célèbre et collecteront des informations afin d'en présenter les caractéristiques ;
- une présentation orale par groupe de 2 élèves sera organisée en fin de module ;
- elle pourra être complétée par la remise d'un document de synthèse sur le sujet choisi ;
- chaque groupe choisira une problématique et réalisera sa propre enquête.

BIBLIOGRAPHIE

François Denord et Paul Lagneau-Ymonet, Le concert des puissants, Raisons d'agir, 2016.

Nicolas Jounin, Voyage de classes : Des étudiants de Seine-Saint-Denis enquêtent dans les beaux quartiers, La Découverte, 2014.

Jules Naudet, Entrer dans l'élite, PUF, 2012.

Scott Viallet-Thévenin, « Etat et secteur énergétique en France : quels dirigeants pour quelles relations ? », Revue Française de Sociologie, 56-3, p. 469-499, 2015.

Anne-Catherine Wagner, Les classes sociales dans la mondialisation, Paris, La Découverte, « Repères», 2007.

ÉCONOMIE DU SECTEUR AÉRIEN

Responsable : Pierre JEANBLANC

EACS-206

Le secteur de l'aéronautique est particulièrement complexe. Les acteurs sont multiples, leurs métiers sont très particuliers, la variance de leur distribution selon la taille est très grande, la bataille pour la redistribution de la valeur ajoutée entre eux est très grande.

Ce module a pour objectif d'apporter les connaissances générales sur le secteur aéronautique au-delà des aspects purement techniques des modules scientifiques. En gardant comme fil conducteur une vision globale et synthétique du marché aéronautique, les différents cours du module présenteront en détails les principaux acteurs et enjeux du secteur.

OBJECTIFS GLOBAUX CONNAISSANCES ET COMPETENCES

1ère partie : les fondamentaux : Connaître les acteurs et comprendre les process

- cours 1 : Panorama du marché aéronautique ;
  - segmentation du marché et chiffres clés ;
  - les principaux drivers du marché ;
  - défis & illustrations.
- cours 2 : Compagnies aériennes ;
  - analyse du marché mondial ;
  - fonctionnement des compagnies aériennes ;
  - interactions entre les différents acteurs du secteur ;
- cours 3 : Chaîne de valeur de l'industrie aéronautique ;
  - présentation de la chaîne de valeur et des interdépendances ;
  - Présentation détaillée des acteurs de la chaîne ;
  - Transformation de la filière et conséquences.

2de partie : impacts et réactions aux évolutions du marché : Connaître et comprendre les contraintes des avionneurs

- cours 4 : Faire face à la pression financière ;
  - exposition au risque de change et risque de marché ;
  - besoins croissants de financement ;
  - conséquence sur les acteurs de la chaîne de valeur ;
  - Make or Buy policy .
- cours 5 : Faire face à la concurrence ;
  - bouleversement des avionneurs historiques par l'émergence de nouveaux acteurs ;
  - les barrières à l'entrée : des restrictions naturelles à la concurrence ;
- cours 6 : Pistes d'évolutions technologiques ;
  - drivers de l'innovation aéronautique ;
  - dynamiques actuelles de l'innovation technologique dans l'aéronautique ;
  - gestion de la montée en maturité des nouvelles technologies.

MÉTHODE PÉDAGOGIQUE

Les cours seront assuré par des consultants qui pourront, dans leurs présentations, vous faire part de la réalité du secteur au travers de leurs expériences. D'où, une grande interactivité.

Ces cours seront également illustrés par des interviews de grands industriels et l'intervention de personnalités renommées du secteur aéronautique afin de mettre en perspective les notions abordées dans le module.

EVALUATION

Les étudiants seront invités à travailler sur une étude de cas sur le thème : « Créez votre entreprise dans le domaine aéronautique ». Cette évaluation leur permettra de capitaliser sur les connaissances acquises pendant ces cours et de travailler en groupe sur des problématiques au cœur des enjeux économiques du secteur aéronautique.

Cette étude de cas sera réalisée par petits groupes d'étudiants encadrés par des consultants de Cylad Consulting

MÉTIERS DU CONSEIL ET GESTION DE CARRIÈRE

EACS-207

Responsable : Pierre JEANBLANC

OBJECTIFS ET ENJEUX PROFESSIONNELS

Permettre aux étudiants de comprendre la logique du secteur du conseil qui embauche massivement les ingénieurs, et comprendre le métier de consultant.

Pour les autres projets de carrière, il y a des pièges à éviter, des logiques à respecter. Tout un ensemble de choses à connaître pour pouvoir piloter sa carrière au sein d'une même entreprise, d'une entreprise à l'autre ou d'une industrie à l'autre.

OBJECTIFS GLOBAUX CONNAISSANCES ET COMPÉTENCES

Les métiers du conseil

- trois séquences de 3 heures sur la présentation du secteur et des métiers ;
- méthodes de conseil en stratégie par Archery Consulting ;
- méthodes de conseil opérationnel par Capgemini.

Gestion de carrière d'un ingénieur

Une carrière c'est une succession de choix, d'opportunités, de changements voulus ou non, de ruptures, de deuils… Sur une centaine d'ingénieurs, 90 auront au moins trois métiers différents dans leur parcours (monter une entreprise, faire de la finance, de la gestion, des RH, mener des projets à l'international…). Une cinquantaine changera de secteur d'activité deux ou trois fois. Une dizaine seulement mènera sa carrière en se spécialisant dans ses choix de départ. Mais… même eux devront sortir de leur bulle technique au risque de se scléroser ou de devenir un chef de service tyrannique…

La gestion de carrière d'un ingénieur n'est donc plus un long fleuve tranquille. Heureusement, il dispose aujourd'hui de nombreux outils pour l'aider à prendre les bonnes décisions au bon moment. Les directions des ressources humaines des entreprises sont là aussi pour l'accompagner en tentant de concilier la difficile équation entre optimisation de ses talents et gestion de sa vie privée.

C'est dans ce cadre que nous explorerons le long parcours qui va de votre diplôme à l'échéance très lointaine de votre retraite aléatoire. Nous aborderons indifféremment l'impact des réseaux sociaux dans votre quotidien de salarié (recherche du poste idéal), la meilleure stratégie pour négocier sa prochaine augmentation, la martingale imparable pour prendre la place de son président, la polyvalence qui vous permettra de concilier l'inconciliable : bonne gestion de vos équipes et réussites techniques !

EVALUATIONS

Les élèves se mettront en équipe de 5 pour résoudre un cas proposé par Capgemini. Ils présenteront leur analyses et leurs propositions devant une équipe de consultants séniors ou managers.

MACROÉCONOMIE ET MONDIALISATION DE L'ÉCONOMIE

Responsable : Pierre JEANBLANC

EACS-208

OBJECTIFS GLOBAUX CONNAISSANCES ET COMPÉTENCES

L'objectif consiste à décrire, analyser, rendre compréhensibles les phénomènes tels que la production, les matières premières, la consommation, les échanges au niveau national ou international, l'utilité de la monnaie, sa création et son utilisation (euro), et bien évidemment, les conséquences de ces variables sur le chômage.

Un second objectif est de vous amener à comprendre les mécanismes géopolitiques dans les échanges internationaux. De nombreux exemples sont pris dans l'actualité immédiate.

➥ MACROÉCONOMIE

- de l'entreprise productrice de valeur ajoutee au produit interieur brut (PIB) ;
  - de la valeur ajoutée au produit intérieur brut ;
  - l'utilisation du revenu produit ;
  - notions sur la monnaie et le système monétaire ;
- l'équilibre macro-economique ;
  - la détermination statique du revenu national ;
  - la dynamisation du système par l'investissement, l'épargne, les exportations, l'expansion, les anticipations des agents ;
  - la relation entre le revenu national d'équilibre et le revenu de plein emploi ;
  - le modèle Keynésien d'équilibre macro-économique : le modèle IS-LM (investissement-épargne - offre et demande de monnaie).

BIBLIOGRAPHIE

Jacques GENEREUX : Les vraies lois de l'économie

Joseph STIGLITZ : Principes d'économie moderne. De Boeck

Gregory MANKIW, Mark TAYLOR et Elise TOSI : Principes de l'économie, 2° édition, De Boeck

P. KRUGMAN, R. WELLS et L. BAECHLER : Macroéconomie. De Boeck

B. GUERRIEN et O. GÜN : Dictionnaire d'analyse économique, La découverte

➥ ÉCONOMIE DE LA MONDIALISATION

OBJECTIFS

- mobiliser les concepts et maîtriser les mécanismes fondamentaux qui sont à l'origine du passage d'une économie internationale à une économie mondiale ;
- examiner les transformations en cours au sein de l'économie mondiale ;
- comprendre les stratégies des acteurs clés de l'économie mondiale (firmes multinationales, banques internationales, organisations multilatérales, investisseurs institutionnels, pays de la Triade, nations émergentes) ;
- saisir le sens des enjeux de la mondialisation des échanges et de l'interdépendance accrue des économies ;
- se positionner par rapport aux grands débats contemporains (dégradation de l'environnement, libéralisation/re-réglementation, rôle des Etats-Nations, délocalisations/relocalisations, creusement des inégalités entre pays...) ;
- apprécier les solutions proposées pour réduire les déséquilibres engendrés par la mondialisation.

PLAN DU COURS

- introduction à l'économie de la mondialisation ;
- la mondialisation des échanges commerciaux ;
- les firmes multinationales et l'organisation mondiale de la production ;
- la globalisation financière : efficience où instabilité économique ?

BIBLIOGRAPHIE

AGLIETTA M., Macroéconomie financière, Repères, La Découverte, 2010

ALLEGRET J.P., LE MERRER P., Economie de la mondialisation, De Boeck, 2007

COHEN D., La mondialisation et ses ennemis Hachette Pluriel, 2011

EL MOUHOUB M., Mondialisation et délocalisation des entreprises, Repères, La Découverte, 2011

FOUGIER E., Altermondialisme, le nouveau mouvement d'émancipation ?, 2004

GHORRA-GOBIN C., Le dictionnaire critique de la mondialisation : une refonte éditoriale, Armand Colin, 2012

GRAZ J.C., La gouvernance de la mondialisation, Repères, La Découverte, 2012

MUCCHIELLI J.L., Relations économiques internationales, Hachette Supérieur, 2005

STIGLITZ J., La grande désillusion, Fayard, 2002

ÉVALUATIONS

Contrôle des connaissances par un QCM

2 ECTS
20 h

MANAGEMENT DE LA DIVERSITÉ

EACS-209

Responsable : Anne O'MAHONEY

Dans ce module seront abordées les différentes formes de diversité que l'on peut rencontrer dans le cadre professionnel.

Qu'elle soit sociale, culturelle ou générique cette diversité sera étudiée à travers des retours d'expériences d'industriels, des mises en situation et des formats pédagogiques innovants afin de faire émerger des pistes de réflexion pour une meilleure gestion de groupes hétérogènes.

2 ECTS
20 h

SEMAINE MOBILITÉ

SEMM1

La création du groupe ISAE en 2011 se traduit par la réalisation de projets variés, tant en recherche qu'en formation. Parmi les actions de formation, une semaine de mobilité est proposée aux étudiants de deuxième année des formations SUPAERO, ISAE-ENSMA, ESTACA et École de l'air.

Cette semaine conduit les étudiants des autres écoles à venir suivre un des modules d'enseignement électif mis en place au sein du cursus SUPAERO.

Les étudiants SUPAERO, pour leur part, peuvent suivre sur le campus des écoles partenaires des cours sur différentes thématiques.

Cette semaine de mobilité répond à un double objectif :

- accroître l'offre de formation proposée aux étudiants des écoles ;
- favoriser les échanges entre les étudiants.

Les étudiants ont aussi la possibilité de participer à un séminaire espace organisé autour de conférences et de tables rondes.

2 ECTS
30 h

MÉTHODOLOGIE D'INNOVATION : LE DESIGN THINKING

EACS-2210

Responsables : V. CHAPIN, D. NGUYEN

Ce module de 4 j proposé pendant la semaine de mobilité permet aux étudiants de pratiquer la méthodologie d'innovation appelée Design Thinking par la pratique, à partir de cas proposées par des entreprises.

Il est destiné aux étudiants ouverts à des carrières évolutives ayant pour point commun la capacité d'innovation.

Le Design Thinking est une méthodologie qui a germé à la d-School de Stanford: un processus d'innovation centré utilisateur, et axé sur l'observation. Les points clés sont la recherche des besoins, le prototypage rapide et l'itération permanente en vue de l'amélioration d'une situation d'usage.

Cette méthodologie est aujourd'hui largement répandue.

Si l'on peut définir le Design Industriel comme « le domaine de la création de concepts et de spécifications destinés à optimiser la fonction, la valeur et l'apparence d'un produit pour le plus grand bénéfice de l'utilisateur et du producteur », la notion de Design Thinking est plus large et intéresse de multiples champs d'application : du produit au service, du marketing au modèle économique, de la stratégie à la création de marque, de la prospective futuriste à l'émergence de nouveaux usages pour aujourd'hui…

Le Design Thinking est un processus de réflexion, d'action, et de résolution de problèmes, en vue de l'amélioration d'une situation d'usage.

Le Design Thinking repose sur une méthode d'innovation centrée sur l'utilisateur (« human centric design ») et qui comporte plusieurs phases : compréhension, observation, réappropriation, créativité, prototypage, test, implémentation.

Les idées-fortes structurant ce processus sont : le travail en groupes pluridisciplinaires, l'itération et la remise en question continues, et la démonstration par la preuve (prototypage et visualisation).

Le Design Thinking intègre de façon conjointe les problématiques touchant aux utilisateurs (ce qui est désirable), à la technologie (ce qui est réalisable), et à l'économique (ce qui est viable).

OBJECTIFS

Apprendre à conduire un projet d'innovation grâce au Design Thinking

Imaginer des services/produits innovants de manière simple et opérationnelle

Expérimenter les étapes clés de la méthode de Design Thinking avec un projet d'innovation

COMPLÉMENTS DE PROGRAMME POUR LES AUDITEURS EN SUBSTITUTION DU SEUL SEMESTRE 4

Les auditeurs venant suivre le seul semestre 4 compléteront leur programme des deux modules ci-dessous :

- pratiques expérimentales (PREX) – 30 h – 3 ECTS ;
- projet Innovation et Recherche, partie 1 : étude bibliographique (PIR) – 20 h – 1 ECTS.

Par ailleurs, ils devront suivre un module au choix parmi ces 6 modules électifs du programme de 1re année :

- aérodynamique des Automobiles (EAEP-104) – 30 h – 2 ECTS ;
- professional Communication and Beyond : the soft skills (EACS-102) – 30 h – 2 ECTS ;
- ingénierie quantique : calculateurs quantiques, téléportation et molécules-machines (EEOS-103) – 30 h – 2 ECTS ;
- systèmes embarqués de commande / contrôle (ECAS-104) – 30 h – 2 ECTS ;
- théorie de l'information (EISC-107) – 30 h – 2 ECTS ;
- systèmes dynamiques: comment ça marche (EMSM-102) – 30 h – 2 ECTS.

Adresse postale
ISAE-SUPAERO
10, avenue E. Belin – BP 54032 31055 Toulouse CEDEX 4 – France

Téléphone
33 (0)5 61 33 80 80

Site internet
www.isae-supaero.fr

Crédits photos : Aude Lemarchand
Rédaction et conception : ISAE-SUPAERO

Document non contractuel – mai 2016