



Ingénieurs ISAE-SUPAERO

Programme 2017-2018

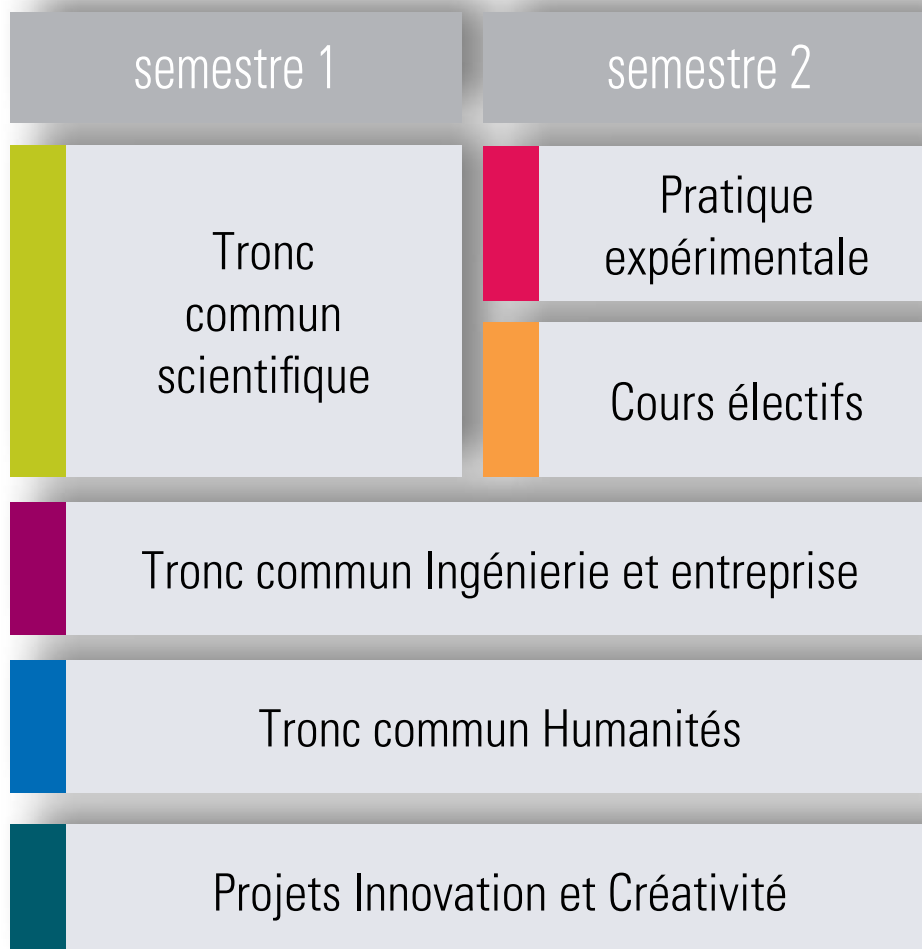
Première année



TABLE DES MATIÈRES

Structuration de la première année	3	MODULES ÉLECTIFS..... 37
TRONC COMMUN SCIENTIFIQUE..... 5		Vers la simulation numérique intensive
Informatique	6	Acoustique et ondes de choc
Mathématiques appliquées	7	Approches alternatives en mécanique
Mécanique et thermodynamique des fluides	8	des fluides
Mécanique générale	9	Aérodynamique des automobiles
Mécanique des solides déformables	10	Écoulements géophysiques
Physique	11	Écoulements diphasiques à interface
Signaux et systèmes	13	Mécanique des milieux continus et des fluides
TRONC COM. INGÉNIERIE ET ENTREPRISE..... 15		Modélisation des systèmes mécaniques
Ingénierie et entreprise 1	16	et éléments de guidage et de transmission
Simulation de gestion : jeu d'ariane	16	Ecoconception et énergie renouvelable
L'entreprise et son environnement.....	17	Systèmes dynamiques : comment ça marche ?
Ingénierie et entreprise 2	18	Performances des avions
Marketing Industriel et technologique	18	Enquête d'opinion sur le trafic aérien
Gestion de Projet	19	Mathématiques et espace
TRONC COMMUN HUMANITÉS	21	Langages fonctionnels et logiques
Arts & cultures	22	Introduction à l'intelligence artificielle
Langue vivante 1 – Anglais	24	par la programmation des jeux
Langue vivante 2	25	Une promenade dans le jardin
Pratiques Corporelles / Cycle de conférences	26	de la théorie des graphes
PROJETS INNOVATION & CREATIVITÉ (PIC)..... 28		Cryptographie
PRATIQUE EXPÉRIMENTALE	32	Approfondissement en mathématiques
PARCOURS D'AIDE À LA CONSTRUCTION		Chaînes de Markov
DE SON CURSUS	35	Théorie de l'information
		Systèmes embarqués de commande
		Relativité générale et cosmologie
		Physique stellaire et planétologie
		Ingénierie quantique : calculateurs quantiques,
		téléportation et molécules-machines
		Physique des lasers.....
		Physique des particules
		La miniaturisation, jusqu'où ?
		Des nanotechnologies aux nano-objets
		Bio-ingénierie : sciences de l'ingénieur
		pour le médical
		Conception des circuits numériques complexes ...
		Approches quantitatives en sciences sociales
		Professional communication and beyond :
		the Soft Skills
		Gouvernance et organisation des entreprises

STRUCTURATION DE LA PREMIÈRE ANNÉE





TRONC COMMUN SCIENTIFIQUE

Informatique	6
Mathématiques appliquées	7
Mécanique et thermodynamique des fluides	8
Mécanique générale	9
Mécanique des solides déformables	10
Physique	11
Signaux et systèmes	13

INFORMATIQUE

TCS1-IN

Responsable : Christophe GARION

L'objectif de ce bloc est de donner aux étudiants un bagage pour concevoir et développer tout ou partie de logiciels de taille moyenne quelque soit le domaine d'application. L'algorithmique et les structures de données usuelles seront présentées. Le langage de programmation C permettra d'illustrer les concepts algorithmiques et de comprendre comment un programme s'exécute sur une machine.

**OBJECTIFS GLOBAUX
CONNAISSANCES ET COMPÉTENCES**

Durant ce cours, l'accent sera mis sur la maîtrise des algorithmes, la programmation structurée en langage C, les structures de données usuelles et les bonnes pratiques de développement, préalable à la production de logiciels de taille moyenne en équipe. On insistera sur la gestion de la mémoire en C.

Algorithmique

- concevoir un algorithme et une structure de données en fonction d'un problème posé (structures linéaires, structures arborescentes, graphes) ;
- évaluer la complexité d'un algorithme donné en terme de O ;
- exprimer un algorithme dans un langage impératif et procédural.

Programmation

- écrire un programme impératif dans le langage C pour implanter un algorithme ou une structure de données ;
- débayer un programme écrit dans ce langage ;
- comprendre ce qui se passe lors de l'exécution d'un programme : modèle mémoire (pile et tas), édition de liens.

Génie logiciel

- décomposer un problème en identifiant les sous-problèmes à résoudre ;
- comprendre une spécification ;
- documenter du code ;
- appliquer des règles de codage.

PRÉREQUIS ET REMISE A NIVEAU

En ce qui concerne le module « Algorithmique et Programmation » de 1A, les seuls prérequis sont les cours d'Informatique pour tous de CPGE et le suivi du module « Command-Line interface in Linux » sur LMS. Des modules de remise à niveau en Python sont disponibles sur LMS.

ÉVALUATIONS

Le module est évalué par trois notes :

- une note de projet (40 % de la note finale) qui est un projet personnel à faire en dehors des heures de cours. La quantité de travail attendue est de 15h. Aucun rapport n'est demandé. Le comportement lors des séances de TP sera pris en compte ;
- une note d'examen (60 % de la note finale). L'examen se déroulera sur une machine permettant de développer des applications en langage C, 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 à la fois sur la conception d'algorithmes et la programmation en langage C.

Le non-suivi de l'autoformation à l'accès système ou une note inférieure à 7/20 à une des deux évaluations empêcheront systématiquement la validation du module.

BIBLIOGRAPHIE

Thomas H. Cormen, Charles E. Leiserson, Ronald L. Rivest and Clifford Stein. Introduction to Algorithms, third Edition. MIT Press, 2009.

Robert Sedgewick and Kevin Wayne. Algorithms, fourth Edition. Addison-Wesley Professional, 2011.

Brian W. Kernighan and Dennis M. Ritchie. The C Programming Language, second Edition. Prentice Hall, 1988.

MATHÉMATIQUES APPLIQUÉES

Responsable: Ghislain HAINE

TCS1-MA

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 phénomènes aléatoires : identifier les lois de probabilités, reformuler les problèmes considérés, utiliser les tests statistiques...

OBJECTIFS GLOBAUX CONNAISSANCES ET COMPÉTENCES

- connaissance : à partir des cours en amphi et des photocopiés 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 déterministes (60h)

- optimisation (20h)
- analyses (40h) :
 - Fonctionnelle
 - Harmonique
 - Numérique

Mathématiques aléatoires (30h)

- probabilités (15h)
- statistique (15h)

PRÉREQUIS ET REMISE À NIVEAU

Les cours sont construits de telle sorte que l'unique pré-requis est le programme de mathématiques de classes préparatoires : filières MP, PC, PSI, PT.

ÉVALUATIONS

La notation du bloc de Mathématiques Appliquées s'appuiera sur 3 notes principales, calculées à partir de deux types d'évaluation :

- des tests écrits ;
- tous les Bureaux d'Étude seront notés (soit en présentiel à l'aide de fiches à remplir, soit sur compte-rendu).

Au total, il y aura 2 tests écrits de 2h, et 9 BE de 2h (1 sur table et 8 sur machine).

- optimisation :
 - 2 BE machine de 2h, notés sur compte-rendu (2 × 7 points)
 - 2 BE machine de 2h, notés sur fiche en présentiel (2 × 3 points)
- analyses :
 - un test écrit de 2h, documents autorisés (10 points)
 - 1 BE sur table de 2h, noté sur compte-rendu fait en présentiel (4 points)
 - 1 BE machine de 2h, noté sur fiche en présentiel (2 points)
 - 1 BE machine de 2h, noté sur compte-rendu (4 points)
- probabilités et Statistique :
 - un test écrit de 2h, documents autorisés (14 points)
 - 2 BE machine de 2h, notés sur compte-rendu (2 × 3 points)

Dans le cas où le bloc ne serait pas validé, un examen de rappel sera organisé et portera a priori sur l'intégralité du programme.

MÉCANIQUE ET THERMODYNAMIQUE DES FLUIDES

TCS1-MF

Responsable : Sébastien DUPLAA

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 thermodynamique appliquée à l'ingénieur, d'exposer la physique à la base des modèles régissant la mécanique des fluides, et d'aborder la notion de propulsion. Les étudiants obtiendront les fondamentaux pour comprendre et analyser le fonctionnement des différents types de machines thermiques qui nous entourent. Ils appréhenderont la phénoménologie des écoulements fluides dans diverses configurations, obtiendront les clés de l'analyse des efforts s'exerçant sur un obstacle, un profil. Enfin, ils aborderont les systèmes propulsifs ainsi que leurs caractéristiques de fonctionnement.

OBJECTIFS GLOBAUX
CONNAISSANCES ET COMPÉTENCES

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

- les modèles classiques de mécanique des fluides et les limites de validité ;
- la terminologie, les paramètres et les outils d'analyse des écoulements ;
- les principes de thermodynamique des cycles.

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

- classer les écoulements ;
- évaluer des efforts ;
- justifier les principes de création de portance et poussée ;
- analyser les performances d'un cycle thermodynamique.

Modèles de fluide et de gaz (14 h) :

Principes de conservation, modèle complet de Navier-Stokes, concept de similitude, modèles restreints : couche limite, fluide parfait, écoulement potentiel, écoulement compressible.

Thermodynamique, aérothermodynamique et cycles (14 h) :

1^{er} et 2^e principe, changement de phase, gaz parfaits et grandeurs totales, machines thermiques (machine à piston, turboréacteur, pompe à chaleur...) et cycles thermodynamiques (Diesel, Joule, Rankine...).

Écoulements canoniques**pour l'aérodynamique et la propulsion (14 h) :**

Établissement des solutions analytiques pour différentes configurations canoniques et analyse des écoulements et performances (plaque plane, cylindre, Blasius, Joukowski, régimes de tuyère).

PRÉREQUIS ET REMISE A NIVEAU

En mécanique des fluides, aucun prérequis ; une pratique antérieure d'hydrostatique pourra faciliter l'intégration de certaines notions, mais non nécessaire.

L'enseignement de thermodynamique sera condensé et enseigné en lien étroit avec la mécanique des fluides sous la forme d'aérodynamique puis rapidement orienté sur les systèmes de génération de puissance.

ÉVALUATIONS

- la validation du bloc est à 10/20 ;
- BE notés et examen final ;
- l'examen sera un écrit d'une durée de 3 h (documents autorisés) et représentera de l'ordre de 70 % de la note finale.

BIBLIOGRAPHIE

A. Bonnet & J. Luneau, Aérodynamique : théories de la dynamique des fluides, Cépaduès, 1989.

Lucien Borel, Thermodynamique et énergétique, Presses polytechniques et universitaires romandes, 3^e édition, 1991.

Herbert B. Callen, Thermodynamics and an introduction to thermostatistics, John Wiley & Sons, 3rd ed., 1985.

Maurice Bailly, Thermodynamique technique – Tome 1 – Chaleur, principes, gaz et vapeurs, Bordas, 1971

Maurice Bailly, Thermodynamique technique, 2a. production transfert de la chaleur – écoulements, Bordas, 1971

Maurice Bailly, Thermodynamique technique 2b. machines thermiques et frigorifiques – tables numériques, Bordas, 1971

Patrick Chassaing, Mécanique des Fluides : éléments d'un premier parcours, Cépaduès éditions, Toulouse, 2000.

J.D. Anderson. Fundamentals of aerodynamics, 3^e Edition, McGraw-Hill, Higher Education, 2001.

I. L. Ryhming, Dynamique des fluides, 2^e édition, Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, 1991.

MÉCANIQUE GÉNÉRALE

Responsable : Éric POQUILLON

TCS1-MG

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 4 disciplines.

OBJECTIFS GLOBAUX CONNAISSANCES ET COMPÉTENCES

Mécanique générale : connaître et savoir appliquer les théorèmes de la mécanique générale pour résoudre les problèmes de systèmes de plusieurs solides en translation et en rotation. Savoir les utiliser pour étudier l'équilibre et la stabilité statique et dynamique des systèmes.

Mécanique céleste : avoir une connaissance générale des problématiques et des outils de la mécanique céleste : problème à deux corps, à trois corps, hamiltonien, couplage spin-orbite.

Dynamique du vol de l'avion : l'enseignement de la dynamique du vol a pour objectif de rendre l'étudiant apte à comprendre et quantifier les phénomènes en jeu lors d'un vol équilibré d'un avion, c'est-à-dire pendant la plus grande partie du vol.

Il pourra répondre aux questions du type : comment faire monter ou descendre l'avion ? Comment modifier la vitesse d'un avion ? Quels sont les efforts impliqués dans l'équilibre du virage ?

Outre l'explication de ces comportements, il pourra calculer les valeurs des paramètres de ces équilibres. Comprendre les phénomènes c'est aussi comprendre pourquoi les avions ressemblent à ce qu'ils sont. Ainsi l'étudiant pourra justifier le rôle de l'empennage horizontal, de la dérive, etc...

Le second objectif concerne l'acquisition d'une culture aéronautique qui permettra à l'étudiant de comprendre les discours généraux sur les avions, leur conception, leurs performances et aussi sur la plupart des accidents.

Mécanique générale : connaissances des théorèmes fondamentaux de la mécanique des systèmes des solides rigides – Connaissances de l'approche de Lagrange et des puissances virtuelles – Connaissances de la stabilité linéaire et équilibre de ces systèmes – Notions de vibration et de résonance

Mécanique céleste : connaissance des fondamentaux de la mécanique céleste – Connaissances

des outils et des méthodes de la mécanique spatiale, et son application aux véhicules spatiaux (orbites terrestres, trajectoires interplanétaires...) – Application de la mécanique du solide aux véhicules aérospatiaux en vue de l'étude de leur trajectoire, des transferts d'énergie, de leur stabilité et de leur contrôlabilité.

Dynamique du Vol de l'avion : Introduction des concepts et du vocabulaire de la mécanique du vol : anémobarométrie, angles et repères spécifiques ; étude des équilibres de l'avion – équilibre longitudinal qui régit le vol dans un plan vertical, en particulier la pente et la vitesse, et équilibre latéral qui traite le cas du virage et du vol rectiligne dérapé. Ce dernier se rencontre lors d'un atterrissage par vent de travers ou en cas de panne moteur.

PRÉREQUIS ET REMISE A NIVEAU

Mécanique générale : théorèmes généraux, géométrie des masses, cinématique ;

Mécanique céleste et la mécanique spatiale : principaux outils mathématiques (Systèmes dynamiques, Lagrangien, Hamiltonien), mécanique générale ;

Dynamique du vol : mécanique générale, bases en Aérodynamique.

ÉVALUATIONS

Le module sera évalué sur la base de :

- ☛ un examen écrit (avec documents) commun entre la mécanique générale, la mécanique céleste et la dynamique du vol ;
- ☛ deux bureaux d'études en mécanique générale ;
- ☛ un bureau d'études en mécanique céleste ;
- ☛ deux bureaux d'études en dynamique du vol.

BIBLIOGRAPHIE

Yves Gourinat, Exercices et problèmes de mécanique des solides et des structures. Application à l'aéronautique et l'aérospatiale, coll. Sciences Sup., Dunod

MÉCANIQUE DES SOLIDES DÉFORMABLES

TCS1-MS

Responsable : Catherine MABRU

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

Ce module de Tronc Commun est composé de deux parties. La première est dédiée à la Mécanique des Matériaux (26h). Elle présente d'une part les familles de matériaux et les propriétés d'usage et pose d'autre part les bases du dimensionnement mécanique d'une structure, en particulier les grandeurs de base du dimensionnement : les contraintes et les déformations, ainsi que les lois de comportement qui les relient. La deuxième partie aborde les premiers éléments de Calcul des Structures (20h) : en s'appuyant sur les bases introduites en première partie, elle se concentre sur l'analyse et le dimensionnement de structures (ou systèmes de structures) élancées de type poutre. Les éléments complémentaires de Calcul de Structures seront vus en 2^e année.

OBJECTIFS GLOBAUX
CONNAISSANCES ET COMPÉTENCES

Pour la **première partie** :

- ➔ montrer l'importance de la composante « matériaux » dans les performances techniques et économiques des structures et moteurs aérospatiaux ;
- ➔ présenter les grandes familles de matériaux (physique et propriétés d'usage) constitutifs des structures et moteurs aérospatiaux ;
- ➔ introduire les relations de comportement avec une application au cas particulier de l'élasticité linéaire ;
- ➔ présenter les critères usuels de dimensionnement des structures.

Pour la **deuxième partie** : analyser une structure simple (ou un système de) de type poutre et en faire le prédimensionnement, dans le cadre de l'hypothèse des petits déplacements et petites déformations.

COMPÉTENCES ATTENDUES

- ➔ connaître les grandes familles de matériaux et leur domaine d'utilisation dans les structures aéronautiques et spatiales ;
- ➔ comprendre les grandeurs de base du dimensionnement : les contraintes et les déformations ;
- ➔ être capable de choisir un matériau pour une application donnée ;
- ➔ être capable de résoudre des problèmes d'élasticité linéaire pour des cas de chargement types ;

- ➔ appliquer les critères usuels de dimensionnement, notamment aux structures simples de type poutre.

Mécanique des matériaux (26h) : Matériaux aéronautiques, propriétés d'usage, choix des matériaux, notions de contraintes, notions de déformations, élasticité linéaire, méthodes de résolution et critères usuels de dimensionnement, rhéologie, plasticité, visco-plasticité

Calcul de structures (20h) : Statique et diagramme, distribution de contraintes/effort internes, effort normal et flexion, cisaillement, torsion, sollicitations combinées, flambage, hyperstaticité

PRÉREQUIS ET REMISE A NIVEAU

Par rapport aux autres modules de 1^e année :

- ➔ mécanique générale ;
- ➔ un minimum de connaissance sur les opérateurs différentiels est souhaité (réalisé dans le socle scientifique Mathématiques).

Par rapport au cursus d'origine (prépa, AST) :

- ➔ mécanique du point.

ÉVALUATIONS

Mécanique des matériaux : 3 BE (50 %), 1 examen écrit de 2 h (50 %)

Calcul de structures : 2 tests de 30 min (25 %), 1 examen écrit de 2 h (75 %)

BIBLIOGRAPHIE

Michael F. Ashby, David R.H. Jones, Matériaux. T1 Propriétés, applications et conception, col. Sciences Sup, Dunod, 2013 – 4^e éd.

D. Dartus, Elasticité linéaire, Editions Cépadues-Collection «Polytech», 1995.

D. Bellet et J.J. Barrau, Cours d'Elasticité, éd. Cépadues-Collection «La Chevêche», 1990.

D. Bellet, Problèmes d'élasticité, éd. Cépadues-Collection «La Chevêche», 1990.

R.. Boudet et P. Stephan, Résistance des matériaux, Cépadues-Editions, 1998.

J.J. Barrau et S. Laroze, Tome 1, Résistance des matériaux et structures, Tome 2, Théorie des poutres, Eyrolles-Masson, 1971.

S. Timoshenko, Résistance des matériaux, tome 1 et 2, Librairie polytechnique, 1954.

J. Roux, Résistance des matériaux par la pratique, tomes 1 et 2, Eyrolles, 1995.

Frey, Mécanique des structures, Presses polytechniques et universitaires romanes, 1994.

J. Courbon, Résistance des matériaux, tomes 1 et 2, Dunod, 1965

PHYSIQUE

Responsable : Sébastien MASSENOT

TCS1-PH

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.

Les enseignements de première année visent à assurer l'assimilation des principaux concepts issus des théories cadres de la physique du début du XX^{ème} siècle : Relativité, Physique Quantique, Physique Statistique. Il s'agira :

- de sensibiliser les élèves à la physique des grandes vitesses, à la physique du monde microscopique et nanoscopique, aux problèmes mettant en jeu un grand nombre de particules ;
- de provoquer une prise de conscience sur le caractère non-intuitif des lois de la physique dans ces différents domaines.

Les concepts introduits permettront aux élèves de disposer des bases et des repères minimaux et nécessaires pour suivre les évolutions aussi bien de la physique de l'infiniment petit que celle de l'infiniment grand.

L'identification par les élèves des différents éléments de physique fondamentale à la base des développements techniques actuels (laser, micro-électronique, matériaux, capteurs...) est un objectif complémentaire à cet enseignement ainsi que la mise en application des outils standards de l'ingénieur : algèbre linéaire, analyse spectrale, transformée de Fourier, probabilités....

OBJECTIFS GLOBAUX – CONNAISSANCES ET COMPÉTENCES

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

- savoir décrire les lois de la physique contemporaine dans les limites des hautes vitesses, aux échelles microscopiques et mettant en jeu un grand nombre de particules ;
- remettre en cause les notions classiques d'espace et de temps ;
- connaître la description du monde quantique ;
- connaître la nécessité de disposer d'une approche statistique pour traiter les problèmes à un grand nombre de particules ;
- maîtriser les ordres de grandeur associés à chacune des échelles rencontrées ;

Relativité restreinte (10h)

- relativité galiléenne et incompatibilité avec l'électromagnétisme ;
- principe de relativité ;
- transformation de Lorentz, dilatation des durées, contraction des longueurs, cinématique relativiste ;
- structure de l'espace-temps ;
- dynamique relativiste, quadrivecteur impulsion-énergie / expression du principe fondamental de la dynamique / équivalence masse-énergie ;
- effets relativistes dans le système GPS (cinématiques et dilatation gravitationnelle du temps).

Physique quantique (20h)

- introduction à la physique quantique - Fonction d'onde à une particule, construction de l'équation de Schrödinger ;
- effet tunnel électronique ;
- état quantique - Principe de superposition ;
- mesure d'un état quantique et fonction d'onde - Grandeurs physiques mesurables - Opérateurs - Principe de correspondance - Spectres d'un opérateur ;
- puits de potentiel infini et quantification ;
- potentiel périodique et bandes d'énergie ;
- réduction du paquet d'onde - Démonstration des relations d'indétermination d'Heisenberg ;
- équation d'évolution ;
- résolution matricielle de l'équation de Schrödinger et transitions entre états quantiques ;
- quantification de l'oscillateur harmonique quantique ;
- rotations et spin d'une particule ;
- fonction d'onde à deux particules et états emmêlés - Corrélations quantiques à longue distance.

Physique statistique à l'équilibre (20h)

- nécessité de la physique statistique ;
- propriétés des particules (classiques, quantiques, discernabilité) / Densité d'états / Notions de micro- et de macro-états ;
- entropie statistique ;
- postulat d'équiprobabilité pour le système isolé ;
- propriétés statistiques d'un système à deux états ;



PHYSIQUE (suite)

Responsable : Sébastien MASSENOT

TCS1-PH

- ➔ propriétés de l'ensemble microcanonique pour le système isolé ;
- ➔ propriétés de l'ensemble canonique pour les systèmes fermés, systèmes en contact avec un thermostat / Fonction de partition ;
- ➔ application au gaz parfait et diatomique ;
- ➔ chaleur spécifique des solides - Modèles d'Einstein et de Debye ;
- ➔ ensemble grand-canonique pour les systèmes ouverts ;
- ➔ introduction aux statistiques quantiques (indiscernabilité des particules et Principe de Pauli) ;
- ➔ propriétés des fermions et des bosons / Gaz parfait de fermions - Gaz parfait de bosons ;
- ➔ thermodynamique du gaz de photons et loi du corps noir ;
- ➔ conductivité électrique et gaz de Fermions.

PRÉREQUIS ET REMISE A NIVEAU

Programme de physique et de mathématiques de classes préparatoires.

ÉVALUATIONS

La validation du bloc est à 10/20.

Relativité restreinte: 1 questionnaire d'autoévaluation – un BE à préparer puis à rendre après la séance

Physique quantique: 2 questionnaires d'autoévaluation et un test écrit d'1h avec documents.

Physique statistique: 2 questionnaires d'autoévaluation, un BE à préparer puis à rendre après la séance et un test écrit d'1h avec documents

BIBLIOGRAPHIE

Relativité et invariance, 2^{de} édition, J.-P. Pérez, Dunod (2011)

Introduction à la relativité restreinte, J. Hladik & M. Chrysos, Dunod (2006)

Relativité restreinte, bases et applications, 2^{de} édition, C. Semay & B. Silvestre-Brac, Dunod (2010)

Mécanique quantique I et II, Cohen-Tannoudji, Diu et Laloë, Hermann (1997)

Physique quantique, M. Le Bellac, EDP Sciences (2007)

Quantique, fondements et applications, J.P. Perez, R. Carles et O. Pujol, DeBoeck (2013)

Mécanique quantique, C. Texier, Dunod (2011).

Eléments de physique statistique. Hasard, Organisation, évolution. S. Vauclair, 1993, InterEditions.

Physique statistique. B. Diu, C. Guthmann, D. Lederer & B. Roulet, 1989, Hermann.

Physique statistique et illustrations en physique du solide. C. Hermann, 2003, Editions de l'école polytechnique.

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

SIGNAUX ET SYSTÈMES

Responsable : Stéphanie BIDON

TCS1-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 et 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 première année, il se décline sous la forme de trois cours pour un total de 55 heures de face à face pédagogique :

- les réseaux électriques embarqués ;
- le traitement du signal déterministe ;
- l'électronique.

Les cours y sont dispensés suivant une approche classique sous la forme de cours magistraux, travaux dirigés, bureaux d'étude. Également, des questionnaires interactifs seront mis en place pendant certains cours, et, un apprentissage des concepts par des projets liés à une application (radar, communications, navigation) sera privilégié dans les cours de traitement du signal.

CONNAISSANCES ET COMPÉTENCES

- maîtriser les différentes représentations (temps, fréquence) des signaux déterministes ;
- comprendre et utiliser des traitements fondamentaux (filtrage, transmission) ;
- analyser et concevoir des fonctions et systèmes électroniques et électriques.

DÉCOUPAGE :**Réseaux électriques embarqués (10h)**

- réseaux continus et alternatifs ;
- génération de puissance électrique ;
- conversion de puissance ;
- consommateurs de puissance électrique dans les applications aéronautiques.

Traitement du signal déterministe (20h)

- représentation, analyse des signaux dans le domaine du temps et de la fréquence (Fourier) ;
- filtrage : définition (convolution), effets (relations entrée-sortie) ;
- notion et utilisation de la corrélation (densité spectrale d'énergie).

Électronique(35h)**Électronique numérique**

- du transistor aux portes logiques ;
- mémorisation de l'information binaire, organisation des mémoires ;
- logique séquentielle et synthèse machine à états finis ;
- exemple de système numérique : cas du processeur.

Électronique analogique

- fonctions électroniques pour les chaînes d'acquisition et de traitement ;
- composants électroniques de base à semi-conducteurs ;
- bruit en électronique ;
- numérisation ;
- boucle à verrouillage de phase, synthèse, transposition et poursuite de fréquence.

PREREQUIS ET REMISE A NIVEAU

- réseaux électriques embarqués : bases de l'électrocinétique et l'électricité d'un bac+2 scientifique ;
- traitement du signal déterministe : TCS1-MA (analyse fonctionnelle et analyse harmonique) ;
- électronique : bases d'électrocinétique d'un bac+2 scientifique pour la partie analogique, algèbre de Boole et simplification des fonctions booléennes, tables de Karnaugh, codage binaire pour la partie numérique.

ÉVALUATIONS

- réseaux électriques embarqués : bureau d'étude CAO, questions écrites en séance ;
- traitement du signal déterministe : QCM, compte-rendu de BE, écrit ;
- électronique : BE, examen écrit.

BIBLIOGRAPHIE

Ian Moir; Allan Seabridge, Aircraft Systems: Mechanical, Electrical, and Avionics Subsystems Integration, Third Edition, AIAA Education, ISBN: 978-1-56347-952-6

G. Séguier, Electronique de puissance - 9e édition: Structures, fonctions de base, principales applications, Dunod, 2011

T. Wildi, Électrotechnique, 4e édition, De Boeck, 2005

Lus Lasne, Electrotechnique et énergie électrique - Notions fondamentales - Machines - Réseaux, 2e édition, Dunod, 2013

Edward L. Bosworth, Design and Architecture of Digital Computers: An Introduction, 2011, TSYS

School of Computer Science: <http://www.edward-bosworth.com/>

Yale N. Patt et Sanjay J. Patel, Introduction to computing systems, Mc Graw Hill, 2nd Edition, 2004

J. Glenn Brookshear, Computer Science: An Overview, 11th edition, Pearson 2012

C. Mead, L. Conway, Introduction to VLSI Systems, Addison-Wesley Pub, First Edition, December 1979

Oppenheim, Alan, and Alan Willsky. Signals and Systems. 2nd ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 1996. ISBN: 9780138147570

Oppenheim, Alan, and Ronald Schafer. Discrete-Time Signal Processing. 3rd ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 2010. ISBN: 9780131988422





TRONC COMMUN

INGÉNIERIE ET ENTREPRISE

Ingénierie et entreprise 1	16
Simulation de gestion : jeu d'ariane	16
L'entreprise et son environnement	17
Ingénierie et entreprise 2	18
Marketing Industriel et technologique	18
Gestion de Projet	19

INGÉNIERIE ET ENTREPRISE 1

IE101

Responsable : Pierre JEANBLANC

→ SIMULATION DE GESTION: JEU D'ARIANE

L'objectif est de mettre les élèves en situation de management stratégique. De façon inductive, ils vont découvrir la complexité systémique de la firme au travers des décisions qu'ils devront prendre (prix, volume, budgets...).

Chaque équipe constitue une entreprise qui va évoluer dans un environnement concurrentiel (Univers) constitué de cinq firmes.

L'objectif est aussi de découvrir le management car si toutes les firmes partent en étant dans la même situation (taille, part de marché, bilan, compte de résultats, trésorerie...), à la fin du jeu, il y aura une forte variance dans la distribution des firmes selon leur niveau de performance économique. Cette variance ne résultera que du fonctionnement et de la cohésion des équipes !

OBJECTIFS GLOBAUX CONNAISSANCES ET COMPÉTENCES

Phase 1 : À SUPAERO

Séance 1 : Après lecture du manuel par les élèves, explications en amphi du principe des décisions, en insistant sur l'implication d'une décision sur les grands équilibres de la firme. Ainsi un investissement en machines de production aura un impact sur l'évolution des coûts, de la trésorerie, de l'endettement, sur les équilibres des grandes masses du bilan, des ressources humaines, des approvisionnements en matières premières, etc. Les élèves doivent donc anticiper l'impact de leurs choix sur le processus de création de valeur de leur firme. À la suite de cette partie académiques, séance de question-réponses sur le jeu.

Séance 2 : Les élèves, en équipe, devront prendre une « décision d'essai », le but étant de se familiariser avec le logiciel et surtout de tester un certain nombre de décisions, essentiellement marketing. Chaque univers sera encadré par un « administrateur » dont le rôle est non seulement pédagogique mais aussi professionnel puisqu'il jouera le rôle de « fonds d'investissement ». Les résultats des décisions sont donnés aux élèves en amphi pour une séance de questions-réponses.

Phase 2: Aux « Monts d'Olmes », session « Sport / Études »

Six sessions de prises de décisions réelles : Chaque firme au sein de son univers, devra prendre les décisions qui lui permettront de renforcer sa position concurrentielle en améliorant en permanence son modèle économique. Elles

pourront ainsi se développer par effet marché et par effet part de marché.

- des « mini – conférences » pourront être organisées pour apporter des compléments académiques ;
- proclamation des résultats après la sixième décision !

ÉVALUATIONS

La note sera moyenne de deux notes.

- la première correspond à la « note de jeux » qui sera attribuée en fonction du classement de chaque firme au sein de son univers. Note qui pourra être pondérée par le degré d'implication des élèves, par une forte progression des résultats, etc ;
- la seconde correspond à la note d'un rapport que chaque firme devra rédiger. Ce rapport doit prendre la forme d'un rapport aux actionnaires qui devra indiquer les grands leviers qui ont été utilisés pour améliorer la situation économique de la firme, ainsi que des recommandations aux repreneurs de leur entreprise pour continuer à renforcer le modèle économique afin d'accroître encore le niveau de performance.

→ L'ENTREPRISE ET SON ENVIRONNEMENT

Afin de mieux s'approprier l'organisation et la structure des entreprises, il convient de définir l'entreprise et ses différentes fonctions. Ce cours permet d'appréhender l'entrepreneuriat qui est la volonté et l'action d'une ou plusieurs personnes de mobiliser et de gérer des ressources (humaines, matérielles et financières) pour créer et développer des entreprises et d'assumer tant les pertes que les bénéfices. L'entrepreneur est donc la personne qui assume l'organisation mais aussi les risques et les responsabilités liés à la création et à la gestion d'une entreprise qui produit des biens et/ou des services.

Tout projet création nécessite donc ce comprendre l'entreprise dans toutes ses dimensions ainsi que de la situer dans son environnement général et spécifique.

OBJECTIFS GLOBAUX CONNAISSANCES ET COMPÉTENCES

PRÉREQUIS

Pas de prérequis si ce n'est un intérêt marqué pour les entreprise et l'environnement économique. La lecture de la presse spécialisée type Les Échos, La Tribune ou Le Monde Économique peut être un plus.

MOTS-CLES

Entreprise, Économie d'entreprise, Structure et organisation d'entreprise, Fonctions d'entreprise, Environnement de l'entreprise.

PLAN DU MODULE

INTRODUCTION

- exemples d'entreprises connues ;
- notions de facteurs de production ;
- système financier et rôle des banques.

DEFINITION DE L'ENTREPRISE

- première définition : la théorie néoclassique de l'entreprise – critiques ;
- définition « universelle » ;
- dimension juridique ;
- dimension sociale : cellule sociale et principales théories « sociales » ;
- dimension financière : calcul économique et notion de création de valeur ;
- dimension système : l'entreprise est un système ouvert sur son environnement.

LES DIFFÉRENTES FONCTIONS DE L'ENTREPRISE

- la fonction de direction ;
- la fonction financière ;
- la fonction sociale ;
- la fonction commerciale-achats : l'approvisionnement ;
- la fonction de production et innovation ;
- la fonction commerciale-ventes.

LES DIFFÉRENTES STRUCTURES D'ORGANISATION DES ENTREPRISES (PRÉSENTATION, AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS)

- simples
 - structure fonctionnelle ;
 - structure hiérarchique ;
 - structure hiérarchico-fonctionnelle ;
 - structure décentralisée (géographique, par produits).
- complexes
 - structure matricielle ;
 - structure multidimensionnelle ;
 - structure organisationnelle.

L'ENVIRONNEMENT DE L'ENTREPRISE

- l'environnement général ;
- l'environnement spécifique.

ÉVALUATIONS

QCM à réponses fermées simples

BIBLIOGRAPHIE

L'essentiel De L'économie D'entreprise, Fabrice Bittner, Éditions Ellipses.

Économie de l'entreprise, Olivier Pastré, Éditions Economica.

Dossiers de la documentation française, Problèmes économiques.

INGÉNIERIE ET ENTREPRISE 2

Responsable : Rob VINGERHOEDS

IE102

→ MARKETING INDUSTRIEL ET TECHNOLOGIQUE

OBJECTIFS DU MODULE

- savoir faire la distinction entre le marketing industriel ou technologique (BtoB) et le marketing de grande consommation (BtoC) ;
- être capable d'analyser avec pertinence un marché industriel ou technologique ;
- comprendre les mécanismes de définition des stratégies sur les marchés industriels ;
- connaître les principes de mise en œuvre opérationnelle des plans marketing sur des marchés industriels ou technologiques.

OBJECTIFS GLOBAUX CONNAISSANCES ET COMPÉTENCES

Apports pour la carrière d'ingénieur

- pour ceux qui resteront dans des carrières techniques : Une meilleure capacité de communication avec les équipes Marketing et commerciales ainsi qu'avec les clients, grâce à une compréhension de la culture Marketing. Ne jamais oublier les enjeux du marketing, créer en permanence de la valeur pour le client, afin de pouvoir se démarquer de plus en plus des concurrents ! Savoir qu'il vous faudra nécessairement donner une dimension économique et concurrentielle à votre démarche scientifique et technique en entreprise ;
- pour ceux qui auront des carrières mixtes : Une capacité d'appréhension immédiate des réalités du marché.

PLAN DU MODULE

Généralités et particularités des marchés industriels

- introduction et généralités ;
- structure des marchés industriels ;
- comportement d'achat industriel ;
- études de marché et veille en univers industriel.

La construction de la stratégie sur les marchés B to B

- fondamentaux de l'analyse stratégique B to B ;
- les outils d'analyse stratégique appliqués au B to B ;
- élaboration du plan Marketing ;
- exemples et précautions à prendre.

L'action sur les marchés B to B

- contraintes et spécificités de la phase opérationnelle en B to B ;
- le Mix en B to B ;
- contrôle et ajustement de l'action (CRM) ;
- éléments de réussite en matière opérationnelle.

ÉVALUATIONS

Test sur table en fin de module (Mini cas et questions de cours).

→ GESTION DE PROJET

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 :

- 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.

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;
 - maîtrise 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 maîtriser 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 « Introduction à la Gestion de Projet », « Plan de développement et budgétisation d'un projet » et « Outils de planification » (le TD « Introduction à la Gestion de Projet » compte double) 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



TRONC COMMUN HUMANITÉS

Arts & cultures	22
Langue vivante 1 – Anglais	24
Langue vivante 2	25
Pratiques Corporelles / Cycle de conférences	26

ARTS & CULTURES

Responsable : Yves CHARNET

AC101 | AC102

« J'aime l'allure poétique, à sauts et à gambades »

Montaigne, Essais, (III, 9)

« Vivre est le métier que je veux lui apprendre »

Rousseau, Mille ou De l'éducation

UN PROJET PÉDAGOGIQUE

La formation humaine du futur ingénieur fait, à l'ISAE, 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.



DES ATELIERS À LA CARTE

Pareil projet pédagogique implique de créer des espaces de transmission qui soient adaptés à cette volonté de mettre au cœur 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 issu 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.

UNE ÉVALUATION INVENTIVE

À apprentissage inventif, évaluation inventive. La variété des questionnements et des pédagogies mises en œuvre 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 œuvre 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.

LANGUE VIVANTE 1

LV1

Responsables: C. ALLARD (anglais) / A. GAMISANS & D. VILAINE

→ ANGLAIS

After 2 years of « Prepa » for most students, it's time to look at English with eyes wide open and time to start thinking outside the (old) box. You will finally start using English actively. Our approach is based on both verbal and non-verbal communication with the aim of gaining autonomy and being able to function in an English-speaking environment. We will start with a total immersion Intensive Day of English during which you will get to know each other and start the year with fun and a head start in an international mode.

Your first year of English at Isae-Supaero will then be devoted to improving your communication skills with a Common Core module first, followed by 2 Electives of your choice. Between the Common Core and the first Elective, there will be a focus on CV and letter writing. Classes will meet every Wednesday morning for 2 hours from September to the end of May.

Common Core: 16 hours

The aim of this module is threefold:

- to enhance your speaking, note taking and presentation skills;
- to develop your ability to run and participate in effective meetings;
- to improve your confidence in public speaking.

ASSESSMENT: based on work during and outside class time, active participation, meetings and presentations.

Electives: 16 hours each

You will choose 2 consecutive Electives from the same course catalog, given by native speakers with a wide variety of educational and cultural backgrounds. These electives will give you the opportunity to put your communication skills into practice and learn more about the many facets of native English speakers from around the world (specific groups will be organized for students

who will need extra help if they haven't reached the mandatory 580 points on the TOEFL.

Some examples: The show must go on (theatre), Debunking Conspiracy Theories, Your very own video documentary, British Multiculturalism, Fair Trade and Beyond, Canada.

ASSESSMENT: based on work during and outside class time, active participation. More details from each Elective teacher.

Preparing for your future (CVs, Letter Writing and Interview)

We will start with a 3 hour Master class, followed a 4 hour workshop. Nothing will stop you from getting that dream internship/job anywhere in the world. This class will provide you with the necessary know how and tools for completing international application forms, prepare your CV, letter and interview to help you reach your goals.

ASSESSMENT: based on CVs, letters and interviews.

→ OTHER LV1 OPTIONS 1

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

Responsables : A. GAMISANS & D. VILAINE / C. ALLARD

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.



PRATIQUES CORPORELLES

Responsable : Stéphane FROUMENTY

PC1 | PC2

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 ET PLUS PRÉCISÉMENT
SUR LA PREMIÈRE ANNÉE

- ➔ s'engager avec lucidité et pertinence. Plus spécifiquement pour la première année, 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. Pour la première année les deux champs de compétences « s'engager avec lucidité et pertinence » et s'impliquer régulièrement et mobiliser ses moyens » sont privilégiés en cohérence avec l'objectif transversal du tronc commun « humanités » : « se connaître ».

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'efficacité 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

CONF100

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.

PROJETS INNOVATION ET CRÉATIVITÉ

PROJETS INNOVATION & CREATIVITÉ (PIC)

PIC101 | PIC102

Responsable : Marie-Pierre BÈS

Le projet Innovation & Créativité a pour vocation d'initier les étudiants à différents processus menant à la réalisation d'un projet. D'ordre créatif ou innovant ils se développeront grâce à un travail d'équipe en interaction avec un référent et un comité de sélection ainsi que dans la partie communication autour du projet.

OBJECTIFS ET COMPÉTENCES

- ➔ initier les étudiants aux processus de créativité et d'innovation ;
- ➔ favoriser le travail d'équipe en rassemblant des groupes de 4 étudiants ;
- ➔ les étudiants sont encouragés à une prise d'initiative dans la construction de leur projet. Ils sont responsables de toutes les étapes du projet : recherche du sujet, de leurs partenaires et de leur(s) encadrant(s) ;
- ➔ communication : sur le dossier initial, sur la revue de projet et sur la restitution finale.

ORGANISATION DU PIC

- ➔ un correspondant, jouant le rôle de référent, est désigné au sein des 6 départements ;
- ➔ une Semaine Innovation & Créativité dès le mois de septembre, intégrée dans le programme de la chaire Innovation Technologique & Entrepreneuriat. Elle s'organise en amont du PIC avec l'initialisation d'un projet et s'inscrit dans une démarche de développement des processus créatifs. Son objectif est d'aborder des champs, des disciplines autres que celles des sciences de l'ingénieur pouvant s'éloigner ainsi du cadre de la prépa. Elle peut être initiatrice de certains PIC.
- ➔ les étudiants construisent leur projet entre octobre et novembre :
 - tous les thèmes de sujets sont possibles, culturels, artistiques, linguistiques, scientifiques, économiques... ;
 - construction d'un dossier incluant l'identification des compétences d'encadrement internes ou externes ;

- ➔ en novembre, un comité de sélection est chargé d'évaluer le dossier et d'assurer une activité de conseil aux étudiants ;
- ➔ une semaine projet et communication au mois de mars : Passage en revue du projet et travail sur le volet communication ;
- ➔ en juin, un temps dédié est prévu afin de finaliser le projet. Réalisation d'une courte vidéo et rédaction d'une fiche de synthèse. Fiche d'auto évaluation.

PROCESSUS D'ÉVALUATION

- ➔ dépôt du dossier relatif au projet ;
- ➔ une démarche interactive s'instaure avec l'étudiant dans lequel le référent renseigne une grille d'évaluation portant sur des points pouvant être sujets à avis ou recommandations ;
- ➔ une présentation intermédiaire sera organisée en mars, axée sur la communication ;
- ➔ le projet est finalement présenté sous la forme d'une vidéo et d'une fiche de synthèse.

Le projet fait ensuite l'objet d'une validation sans note chiffrée. L'étudiant devra finaliser un autre projet sur un thème imposé dans le cas d'une non-validation.

EXEMPLES DE SUJETS

- ➔ exploitation de l'énergie convective ;
- ➔ natur'ailles ;
- ➔ dynamisation de la communication de la fondation ;
- ➔ traducteur holographique oral-langue des Signes ;
- ➔ audioguide pour visites personnalisées de Toulouse ;
- ➔ plaquette Alpha 2016 ;
- ➔ commandes en ligne d'un restaurant universitaire ou d'entreprise ;
- ➔ fondation du club mécanique.





PRATIQUE EXPÉRIMENTALE

PRATIQUE EXPÉRIMENTALE

PREX



L'objectif de l'activité de pratique expérimentale est de mettre l'étudiant en situation d'acquérir les capacités d'élaboration d'une démarche expérimentale, avec un certain degré d'autonomie.

OBJECTIFS GLOBAUX CONNAISSANCES ET COMPÉTENCES

Les compétences attendues sont :

- ➔ savoir élaborer une démarche expérimentale en réponse à des objectifs :
 - identifier et hiérarchiser les paramètres et grandeurs physiques pertinentes ;
 - spécifier une configuration expérimentale ;
 - savoir anticiper les plages de mesure utiles.
- ➔ avoir un regard critique sur la technique de mesure :
 - connaître et critiquer la configuration d'une chaîne de mesure ;
 - savoir évaluer les limites des capteurs utilisés : performances en bruit et dynamique de mesure ;
 - cerner les limites de la précision des mesures ;
 - savoir mener un calcul d'incertitude.
- ➔ savoir exploiter les résultats expérimentaux et en extraire des conclusions en vue de les communiquer :
 - assurer le post-traitement des données ;
 - faire une analyse physique des résultats ;
 - confronter les résultats expérimentaux à des modèles (théoriques ou numériques) ;

- présenter les résultats et analyses associées via des supports adaptés.

ÉVALUATIONS

- ➔ soutenance dans le département d'accueil ;
- ➔ brève analyse critique du déroulement (auto-évaluation des acquis, des limites et des limitations) ;
- ➔ mise en place d'un cahier de manip tenu tout au long du module.

Déroulement et pédagogie déployés au sein du module

- ➔ mise en situation expérimentale en autonomie partielle dans l'un des départements de recherche de l'institut ;
- ➔ programmation sur deux mois 6 à 8 séances hebdomadaires de 3 ou 4 heures ;
- ➔ enseignement méthodologique (4 heures) ;
- ➔ séquençement : 2 h amphis / 3 h séance labo / 2 h amphis / 3 h séance labo / 2 h amphis / 3 h séance labo / 4 h séance labo / 4 h séance labo / 4 h séance labo / 3 h séance labo.

QUELQUES SUJETS ENVISAGÉS

DAEP

- ➔ soufflerie Sub : Caractérisation expérimentale des performances aérodynamiques de voilures subsoniques ;
- ➔ soufflerie Sub : Caractérisation du sillage instationnaire d'un corps fortement décollé de type cylindre ;



- ➔ soufflerie Sub: performances aérodynamiques de corps automobiles, effet de forme, effet de sol...;
- ➔ Fan Dyson: caractérisation de l'écoulement autour d'un ventilateur, calcul de performances;
- ➔ moteur Thermique: métrologie et étude des cycles;
- ➔ pompe à chaleur: métrologie et calcul de performances;
- ➔ rotor 1: performances/optimisation d'hélices contra-rotatives, effet de carénage;
- ➔ rotor 2: performances/optimisation d'hélices contra-rotatives, effet de sol;
- ➔ jet d'hélium: caractérisation fréquentielle de l'instabilité de Kelvin-Helmholtz des jets légers.
- ➔ évaluation de la qualité d'image d'une caméra d'astrophysique;
- ➔ étude, Acquisition et mesure d'un signal vidéo issu d'un capteur d'image conçu pour les applications d'observation de la terre;
- ➔ transport de signaux analogiques hyperfréquences sur fibre optique;
- ➔ optique de Fourier;
- ➔ mesure de déformations par interférométrie holographique;
- ➔ conception et caractérisation d'antennes pour système de télécommunications à 2,45 GHz;
- ➔ instrumentation d'une fusée à eau;
- ➔ récepteur Software de Navigation par Satellites pour la Localisation des Systèmes Autonomes;
- ➔ conception d'un générateur de signaux;
- ➔ positionnement à partir de mesures GPS.

DMSM

- ➔ découverte expérimentale de la théorie des poutres;
- ➔ découverte expérimentale de la loi de Hooke et extensions...;
- ➔ découverte expérimentale de la dynamique vibratoire;
- ➔ propriétés d'usage des matériaux et fractographie.

DEOS

- ➔ instrumentalisation de la mesure de courant EBIC au MEB;
- ➔ caractérisation des performances d'un capteur d'images CMOS dans le visible et le proche infrarouge;

DCAS

- ➔ expérimentations en vol sur le TB20;
- ➔ mesure de performance pour drones indoor (supports: dirigeable, quadrirotors, irobot);
- ➔ capteurs pour vol en formation de drones (capteurs outdoor: GPS, etc.).



PARCOURS D'AIDE À LA CONSTRUCTION DE SON CURSUS

II 1^{re} année I

PARCOURS D'AIDE À LA CONSTRUCTION DE SON CURSUS

Responsable : Caroline BÉRARD

15 h

Ces dernières années les possibilités de personnalisation du cursus se sont multipliées permettant de répondre aux attentes des étudiants et des recruteurs. Il est apparu indispensable de mettre en place des activités visant à aider les étudiants à faire des choix cohérents en adéquation avec leur profil et leurs aspirations. L'objectif de ce parcours est d'apporter aux étudiants des outils et un environnement leur permettant de construire le cursus qui leur correspond.

CONTENU

Le parcours proposé s'inscrit en cohérence avec l'organisation des divers choix que les étudiants seront amenés à faire tout au long de leur cursus.

- La première étape consistera à aider les étudiants à mieux se connaître en leur faisant passer le test **Myers Briggs Type Indicator (MBTI)**. Il s'agit d'un outil d'identification des dominantes psychologiques des personnes dans des cadres liés au management ou aux relations interpersonnelles. Sur la base de ce test et dans le cadre d'un atelier dédié en petit groupe, des analyses seront faites pour en comprendre les résultats et se questionner.
- Dans un second temps, un atelier permettra au travers d'analyse de fiches de poste, d'annonces et de CV anonymes de produire une fiche « passe-elle » liant les messages du questionnaire MBTI et les aspirations professionnelles
- Après une séance d'information générale sur les diverses possibilités qui s'offrent aux étudiants un atelier de construction de son cursus s'appuyant sur le « kit parcours » permettra à chaque étudiant de faire une première ébauche de ce que pourrait être son cursus.
- Un forum général regroupant des professeurs, des encadrants et des étudiants qui viendront témoigner de leur choix et de leur expérience permettra aux étudiants de confronter leur projet à différents avis et d'obtenir des réponses à leurs interrogations.
- Quelques permanences permettront de répondre individuellement aux questions des étudiants
- Lors d'un dernier atelier « mon CV à 3 ans » les étudiants présenteront en 3 minutes le CV fictif à 3 ans tenant compte de la suite de leur cursus et intégrant les stages, les années de césure, les spécialités, options, rêves...



MODULES ÉLECTIFS

Vers la simulation numérique intensive	38
Acoustique et ondes de choc	38
Approches alternatives en mécanique des fluides	39
Aérodynamique des automobiles	39
Écoulements géophysiques	40
Écoulements diphasiques à interface	41
Mécanique des milieux continus et des fluides	42
Modélisation des systèmes mécaniques et éléments de guidage et de transmission	43
Ecoconception et énergie renouvelable	43
Systèmes dynamiques : comment ça marche ?	44
Performances des avions	45
Enquête d'opinion sur le trafic aérien	46
Mathématiques et espace	47
Langages fonctionnels et logiques	48
Introduction à l'intelligence artificielle par la programmation des jeux	49
Une promenade dans le jardin de la théorie des graphes	49
Cryptographie	50
Approfondissement en mathématiques	51
Chaînes de Markov	52
Théorie de l'information	53
Systèmes embarqués de commande	54
Relativité générale et cosmologie	54
Physique stellaire et planétologie	55
Ingénierie quantique : calculateurs quantiques, téléportation et molécules-machines	55
Physique des lasers	56
Physique des particules	56
La miniaturisation, jusqu'où ? Des nanotechnologies aux nano-objets	57
Bio-ingénierie : sciences de l'ingénieur pour le médical	57
Conception des circuits numériques complexes	58
Approches quantitatives en sciences sociales	58
Professional communication and beyond : the Soft Skills	59
Gouvernance et organisation des entreprises	60

VERS LA SIMULATION NUMÉRIQUE INTENSIVE

EAEP-101

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 cœurs 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 égale-

ment 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 cœur du module, développée et mises en œuvre 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.

ACOUSTIQUE ET ONDES DE CHOC

EAEP-103

Responsable: Jérémie GRESSIER

L'objectif de ce module est d'étendre les connaissances de l'étudiant sur deux domaines particuliers de la mécanique des fluides: l'acoustique dont le champ d'application est aujourd'hui incontournable, et les phénomènes instationnaires associés, plus sévères, les ondes de choc (détonation).

**OBJECTIFS GLOBAUX
CONNAISSANCES ET COMPÉTENCES**

L'objectif est de comprendre la physique particulière de ces applications instationnaires. À partir du modèle de fluide parfait principalement, les équations pour l'acoustique seront développées pour mieux décrire les configurations canoniques de propagation d'onde. En parallèle, les aspects pratiques de moyens d'essais, métrologie et application à la réduction de bruit seront illustrés.

Le cadre petites perturbations de pression sera ensuite dépassé pour décrire la physique des ondes de choc instationnaires. Le cadre théorique restera simple et limité au monodimensionnel. Des illustrations sur banc d'essai (tube

à choc), et simulations numériques seront proposées en séance pratique.

ÉVALUATIONS

Évaluation écrite pondérée avec la notation de rapport de TP.

BIBLIOGRAPHIE

Bonnet & Luneau, Aérodynamique: théories de la mécanique des fluides, Cepadues, 1989.

Anderson, Modern Compressible Flow, Mc Graw Hill, 2002.

APPROCHES ALTERNATIVES EN MÉCANIQUE DES FLUIDES

Responsable : Laurent JOLY

EAEP-102

L'objectif est de présenter des outils formels et conceptuels alternatifs pour l'analyse physique des écoulements.

OBJECTIFS GLOBAUX CONNAISSANCES ET COMPÉTENCES

Développement des compétences et mise en pratique sur les quatre thèmes suivants :

Cinématique avancée et déformations canoniques : lignes, surface, volumes matériels, taux de variation des éléments linéiques, de surface et de volume; déformations canoniques; étirement des lignes matérielles, taux de déformation de surface dans le contexte de déformations canoniques.

Rhéologie des fluides complexes : présentations des différents types de comportement non-linéaires et des modèles viscoélastiques linéaires pour des écoulements 1D – Rhéométrie: rhéomètres classiques et mesure des propriétés des fluides. Mécanique des fluides non newtoniennes: objectivité, fluides newtoniens généralisés, dérivées convectives avec application à des exemples: écoulement de fluide en loi de puissance; effet Weissenberg en écoulement tournant, écoulement de fluide de Maxwell...

Dynamique rotationnelle : équation de Helmholtz, modèles restreints pour l'évolution du rotationnel, théo-

èmes d'invariance, productions de rotationnel; induction de Biot-Savart, modélisation par tourbillons ponctuels, tourbillons prototypiques.

Stabilité d'écoulements prototypiques : introduction sur la stabilité des écoulements et la transition vers la turbulence; présentation d'instabilités types; analyse de stabilité linéaire: formalisme, analyse modale, échecs et succès de l'analyse modale, introduction à la stabilité non modale et aux croissances transitoires

ÉVALUATIONS

1 BE + 1 présentation en binôme

BIBLIOGRAPHIE

Mécanique des Fluides : éléments d'un premier parcours, P. Chassaing, Cepadues, 2010.

The kinematics of vorticity, C. Truesdell, IUP, 1954.

Instabilités hydrodynamiques, F. Charru, EDP Sciences, 2007.

Hydrodynamique Physique E. Guyon, J.P. Hulin et L. Petit, EDP Science, 2012.

Rheological Phenomena in focus, D.V. Boger, K. Walters, Elsevier, 1993.

AÉRODYNAMIQUE DES AUTOMOBILES

Responsable : Valérie FERRAND

EAEP-104

L'objectif de ce module est de présenter, au travers d'applications concrètes, les enjeux de l'aérodynamique appliquée aux véhicules de série et de sport automobile.

Ce cours se positionne en complément du cours d'aérodynamique de tronc commun, plutôt centré sur des applications aéronautiques, et constitue une ouverture vers le domaine automobile.

OBJECTIFS GLOBAUX CONNAISSANCES ET COMPÉTENCES

Une première partie du module (13 h) vise à fournir une vision globale des principaux domaines et enjeux aérodynamique lors du processus de conception de véhicule de série. Les différentes sources d'efforts aérodynamiques (portance, traînée), leurs effets sur les performances des véhicules et les voies classiques pour réduire leur influence sont discutées. Les outils expérimentaux et numériques utilisés en recherche et dans la conception de véhicules sont également présentés.

Une deuxième partie (6h) présente les objectifs spécifiques de l'aérodynamique dans le sport automobile et les stratégies de conception associées.

La troisième partie (11 h) est consacrée à réalisation de mesures en soufflerie et de simulations numériques de l'écoulement autour de géométries simplifiées de corps automobile (corps d'Ahmed). Le traitement de ces essais fera l'objet d'un mini-projet.

ÉVALUATIONS

Les 3 blocs composant ce module donneront lieu à un test écrit (1 h) pour la partie 1, rapport d'analyse des essais sur maquette de formule 1 pour la partie 2 et l'élaboration d'une fiche de synthèse du projet sur corps simplifié.

BIBLIOGRAPHIE

Hucho: "Aerodynamics of road vehicles: from fluid mechanics to vehicle engineering", Butterworths, 1987.



ÉCOULEMENTS GÉOPHYSIQUES

EAEP-105

Responsables: 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

mis 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

- Pedlosky 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 GARCIA ROSA

EAEP-106

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.

CONTEXTE

Les écoulements diphasiques se rencontrent dans un nombre considérable de situations ou de phénomènes naturels. Une grande majorité d'écoulements industriels concerne le mouvement de plusieurs phases, liquides, gazeuses ou solides. On distingue souvent les écoulements diphasiques à phase dispersée des écoulements dits à interface. Dans le premier cas, la phase dispersée, représentée de façon ponctuelle est transportée par une phase porteuse avec ou sans interaction (échanges thermiques et de masse). Les écoulements dits à interface se caractérisent par la présence de deux phases continues séparées par une interface qui peut être déformée par les écoulements, et qui est le siège de phénomènes physiques spécifiques. Dans ce cours, on s'intéresse à ce cas d'écoulement diphasique, les écoulements à phase dispersée étant enseignées en Filière Dynamique des Fluides (en 3A).

OBJECTIFS GLOBAUX

À l'issue de ce module, les étudiants doivent être capables de :

- mettre en équation des problèmes canoniques d'écoulement diphasique à interface ;
- expliquer et classer les mécanismes physiques entrant en jeu dans les applications d'intérêt (refroidissement par jet liquide, système d'injection de systèmes propulsifs, transport de gaz avec condensats, débitmétrie diphasique) ;
- 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.

CONTENU

- physique du changement d'état et des interfaces liquide/solide/gaz : tension superficielle, gouttes, films, mouillabilité ;
- étude de configurations canoniques : films liquides, instabilités hydrodynamiques ;
- méthodes numériques locales et capture d'interface ;
- applications et modélisation réduite.

ÉVALUATIONS

- rapports de BE.

BIBLIOGRAPHIE

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

MÉCANIQUE DES MILIEUX CONTINUS ET DES FLUIDES

EMSM-101

Responsable : Grégoire CASALIS

L'objectif de ce module est de poser les fondements théoriques de la mécanique des milieux continus, base de la mécanique des solides déformables et de la mécanique des fluides.

Pour répondre à l'objectif principal :

- ➔ introduire les différents tenseurs des contraintes et des déformations ;
- ➔ introduire le Principe des Puissances Virtuelles ;
- ➔ montrer les liens entre la mécanique des solides et la mécanique des fluides ;
- ➔ introduire les lois de comportement en mécanique des solides et des fluides ;
- ➔ appliquer la mécanique des milieux continus à des cas concrets.

Ce cours permet de donner les fondements théoriques du cours de tronc commun Mécanique des Matériaux de 1^{re} année, puis propose des applications plus complexes de la Mécanique des Milieux Continus. Il s'agit donc d'un cours d'approfondissement et d'applications de ce cours.

Compétences attendues

À l'issue du module, l'étudiant aura compris les fondements de la mécanique des milieux déformables et de la mécanique des fluides. Par ailleurs ce cours introduit les tenseurs et fait le lien entre la formulation faible d'un problème de mécanique et la dualité telle qu'elle est vue en mathématique (cours d'analyse fonctionnelle en 1^{re} année et de calcul scientifique en 2^e année).

Contenu :

- ➔ notions de contraintes et de déformations ;
- ➔ principe des puissances virtuelles ;

- ➔ loi de comportement en mécanique des solides et des fluides ;
- ➔ applications à des cas de mécanique des solides et des fluides ;
- ➔ type de pédagogie : cours, TD, BE.

ÉVALUATIONS

- ➔ 1 test et 1BE.

BIBLIOGRAPHIE

D.J. Acheson. Elementary Fluid Dynamics. Oxford University Press, 1990.

D. Bellet. Problèmes d'élasticité. Cépaduès, 1990.

Allan Bonnet, James Luneau. Théories de la dynamique des fluides. Cépaduès, 1989.

J. Coirier. Mécanique des milieux continus, cours et exercices corrigés. Edition Dunod, 2001.

H. Dumontet, G. Duvaut, F. Léné, P. Muller, N. Turbé. Exercices corrigés de mécanique des milieux continus. Dunod, 2001.

G. Duvaut. Mécanique des milieux continus. Dunod, 1998.

**MODÉLISATION DES SYSTÈMES MÉCANIQUES
ET ÉLÉMENTS DE GUIDAGE ET DE TRANSMISSION**

Responsable : Rémy CHIERAGATTI

EMSM-103

L'objectif de ce module est de fournir les outils de conception et d'analyse des systèmes mécaniques complexes quelle que soit leur mobilité globale : de l'encastrement au robot.

- ➔ flux d'efforts dans les liaisons d'un mât de turbomachine aéronautique ;
- ➔ fonctionnement d'une roue libre de démarreur de turbomachine ;
- ➔ motorisation d'un tapis roulant ;
- ➔ dispositif d'ouverture d'une porte d'avion commercial ;
- ➔ fonctionnement d'un cabestan ;
- ➔ genèse de nouvelles liaisons cinématiques, application robots...

Voici quelques-uns des thèmes pour lesquels seront appliqués la théorie des mécanismes et des modèles de dimensionnement des liaisons (fatigue des contacts étroits, tribologie, matage...). La maîtrise de ces modèles associés à ceux de la mécanique générale permet de concevoir, d'analyser et modifier les systèmes

mécaniques complexes quelle que soit leur mobilité globale :

- ➔ de la plus faible mobilité : encastrement classique en aéronautique ;
- ➔ à la plus grande mobilité : bras articulés pour la robotique .

ÉVALUATIONS

Un BE (50 %) et un examen écrit (50 %).

BIBLIOGRAPHIE

M.Aubin *et al.*, Systèmes Mécaniques, théorie et dimensionnement, Dunod, 1992.

F. Esnaud, Construction mécanique : Tome 1 transmission de puissance : principes, Dunod, 1994 ; Tome 2 transmission de puissance : applications, Dunod, 1994 ; tome 3 transmission de puissance par liens flexibles, Dunod, 1996.

ECOCONCEPTION ET ÉNERGIE RENOUVELABLE

Responsable : Catherine MABRU

EMSM-104

**OBJECTIFS GLOBAUX
CONNAISSANCES ET COMPÉTENCES**

Le cours est une introduction à l'écoconception : choix des matériaux dans une optique environnementale. Face aux enjeux écologiques et économiques actuels et à venir, les directives et la demande de la société, il est nécessaire de minimiser l'impact sur l'environnement dès la phase de conception des produits, qu'il s'agisse de bien, de services...

L'objectif de ce cours est d'une part de présenter les enjeux, les différentes approches et les outils pour écoconcevoir et d'autre part d'étudier les énergies et identifier celles renouvelables avec leurs exploitations ou transformations.

Après avoir vu les fondements de l'écoconception et la stratégie du cycle de vie nous étudierons les méthodes et outils d'écoconception avec leurs spécificités liées à différents secteurs d'activité. Dans une démarche de conception nous exploiterons un logiciel de choix de matériau et de procédé afin de minimiser l'impact

environnemental. Dans le cadre de l'analyse du cycle de vie nous utiliserons aussi des logiciels informatiques comme Simapro et Bilan Carbone permettant d'évaluer l'impact environnemental d'un produit.

ÉVALUATIONS

BE + projet

SYSTÈMES DYNAMIQUES : COMMENT ÇA MARCHE ?

EMSM-102

Responsables : Daniel ALAZARD / Miguel CHARLOTTE

À partir de phénomènes physiques facilement reproductibles expérimentalement (stick-slip, flottement, effet gyroscopique de la toupie, Segway, phénomènes de vibration et d'échanges d'énergie...); l'objectif est d'amener l'étudiant à utiliser les techniques de l'ingénieur pour :

- ➔ modéliser mathématiquement le phénomène;
- ➔ analyser quantitativement ce phénomène en choisissant la méthode des mathématiques appliquée (simulation...);
- ➔ analyser qualitativement ce phénomène afin d'être capable de le « dimensionner » (ou de la prédire) lors d'une démarche de conception;
- ➔ découvrir les problèmes encore ouverts et les limites des techniques de l'ingénieur.

OBJECTIFS GLOBAUX
CONNAISSANCES ET COMPÉTENCES

C'est un bloc d'ouverture transverse, le but n'est pas de voir les techniques de l'ingénieur qui seront vues dans les tronc communs. Des pages Wikipédia judicieusement choisies (éventuellement à remettre en cause par les étudiants) devraient suffire pour les techniques de l'ingénieur. Il s'agit plus de savoir les conjuguer sur un problème donné, de montrer l'intérêt des maths applis pour résoudre des équations qui n'ont pas de solutions analytiques et de montrer les limites des techniques actuelles.

ÉVALUATIONS

Projets : rapport + présentation orale. Travail en groupe de 4/6 personnes. Rendu sous forme de pages web éditées avec Matlab Publish.

DÉROULEMENT :

- ➔ 6 heures de cours sur des concepts généraux en : Mise en équation (Lagrange), linéarisation et solution analytique, intégration numérique, modèle d'amortissement, introduction à la stabilisation, analyse des phénomènes non-linéaires;
- ➔ 7 h de BE dirigées sur un problème permettant d'illustrer tous les points du cours (pendule sur chariot);
- ➔ 2 h de conférence recherche;
- ➔ 2 h de présentations des projets;
- ➔ 11-12h de projets en classe où on répond aux questions (et on guide les étudiants) des 4 groupes d'étudiants (6 max par groupe). Exemples de sujets : Segway, Phénomène de « Stick-slip », Actionneurs gyroscopiques, Vibration d'un rotor d'hélicoptère;

- ➔ 2 heures où l'équipe enseignante, après présentation des résultats de chaque groupe à l'ensemble des étudiants (qui servira à l'évaluation), synthétise les questions des différents groupes, les replace dans un contexte plus général et donne l'état de l'art.

SÉQUENCEMENT

- ➔ C1, C2, Mécanique Lagrangienne, Equation du mouvement, formalisme d'état : Miguel Charlotte (salle de cours) 2H;
- ➔ BE1 mise en équation (Lagrange) sur le cas du pendule sur chariot (DA, JM, MC) (salle de cours) 2H;
- ➔ C3, C4, Introduction à Simulink, Intégration numérique, modèle d'amortissement et analyse non linéaire : Joseph Morlier (Salle de cours) 2H;
- ➔ BE2 Implémentation, simulation sous Matlab/Simulink sur le cas du pendule sur chariot (DA, JM, MC) 2H;
- ➔ C5, C6, Introduction à la stabilisation, linéarisation, point d'équilibre : Daniel Alazard (Salle de cours) 2H;
- ➔ BE3 point d'équilibre, loi de contrôle sous Matlab/Simulink sur le cas du pendule sur chariot (DA, JM, MC) 3H;
- ➔ Présentation des projets (DA, JM, MC) 1H et 2 conférences invités (d'1H chacune à préciser);
- ➔ Séance de Projet 4 x 3h (environ) encadrées par de chercheurs et doctorants ;
- ➔ Présentation orale des projets (DA, JM, MC, invite?) 2H (4 x 25 min +20 minutes de debrief).

BIBLIOGRAPHIE

System Dynamics, Palm III, Mc Graw Hill.

PERFORMANCES DES AVIONS

Responsables: Philippe PASTOR / Emmanuel BÉNARD

ECAS-101

L'objectif de ce module est d'aborder de façon approfondie, les performances opérationnelles, en croisière, au décollage et à l'atterrissage des avions de transport.

Il comprend ainsi un approfondissement en aérodynamique, en propulsion, en mécanique du vol, et leurs relations avec les performances avion.

OBJECTIFS GLOBAUX CONNAISSANCES ET COMPÉTENCES

Ce cours porte sur la définition et le calcul des performances opérationnelles des avions de transports. Il s'intéresse à tous les aspects entrant dans ce calcul des performances: dynamique du vol, aérodynamique et propulsion, et permet d'aborder en profondeur les définitions et contraintes qui y sont liées d'un point de vue opérationnel.

Nous abordons la définition du domaine de vol et l'analyse des différentes phases de vol sera complétée par la recherche d'optimum. Les modèles développés seront alors mis à profit pour mettre en évidence ces optimums de performance et leur sensibilité paramétrique. Les optimums en croisière seront présentés de façon synthétique pour les différents types d'avion. Cela permettra de justifier les solutions retenues actuellement.

L'aérodynamique de l'avion de transport subsonique est présentée à l'aide de méthodes d'avant-projet d'origine théorique et empirique appliquée à la conception aérodynamique de profils, d'ailes et des interactions aérodynamiques voilure-fuselage. Le cours est illustré de nombreux exemples et conduit l'étudiant, aux cours de séances pratiques, à réaliser l'analyse des performances aérodynamiques d'un avion complet.

L'aspect propulsif est abordé au travers de la propulsion des avions par turboréacteur et turbo-propulseur avec modélisation de la poussée et la traction en fonction de la vitesse de vol et de l'altitude. Modèle qui sera utilisé dans l'estimation des performances.

ÉVALUATIONS

Le cours sera évalué par un examen final écrit portant sur l'ensemble des matières enseignées.

BIBLIOGRAPHIE

Introduction to flight – John D. Anderson Jr.

Fundamentals of Aerodynamics – Anderson J.D., 1991.

Mechanics of Flight – Kermode A.C., 1996.



ENQUÊTE D'OPINION SUR LE TRAFIC AÉRIEN

ECAS-102

Responsables: Éric POQUILLON / Marie-Pierre BÈS

L'objectif de ce module est de comprendre les enjeux sociétaux du transport aérien et de montrer qu'il ne suffit pas d'avoir raison pour être entendu, mais que la prise en compte de l'opinion est fondamentale pour l'acceptation et donc la réussite d'un projet.

Après avoir choisi une problématique sujette à controverse (autorisation des vols de nuits, ouverture d'un nouvel aéroport...) et en avoir analysé les enjeux avec l'aide d'experts du domaine, vous réaliserez une mini-enquête d'opinion sur le sujet et présenterez les enseignements que l'on peut en tirer.

**OBJECTIFS GLOBAUX
CONNAISSANCES ET COMPÉTENCES**

À 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.

DÉROULEMENT

- 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.

ÉVALUATIONS

- 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 20 min.

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://quantihypotheses.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. (2^e éd.), 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.

MATHÉMATIQUES ET ESPACE

Responsables : Denis MATIGNON / Stéphanie LIZY-DESTREZ

ECAS-103

L'objectif de ce module est de montrer comment appliquer la théorie des systèmes dynamiques et du contrôle optimal au domaine spatial (mécanique céleste et mécanique spatiale) après une introduction aux méthodes numériques modernes associées.

OBJECTIFS GLOBAUX
CONNAISSANCES ET COMPÉTENCES

Le module se compose de 4 blocs :

- ➔ **systèmes dynamiques non-linéaires (20h)** : systèmes continus, discrets, linéaires périodiques (théorie de Floquet). Points d'équilibres ou Trajectoires périodiques, puis analyse de leur Stabilité. Les 3 sous-variétés stable, instable et neutre. Introduction au chaos déterministe ;
- ➔ **contrôle optimal, avec application « rendez-vous spatial » (15h)** : essentiellement minimisation d'énergie quadratique sous contrainte de système dynamique linéaire, en temps continu ou discret, avec ou sans contrainte d'état final. BE d'application « rendez-vous spatial » ;
- ➔ **intégrateurs symplectiques (6h)** : introduction aux méthodes numériques spécifiquement développées pour simuler des systèmes dynamiques Hamiltoniens ; un cours et 2 BE d'application ;
- ➔ **problème à trois corps et variétés (19h)** : complément du bloc de TC de mécanique spatiale, description précise des variétés stables et instables du problème à 3 corps, puis application au calcul de trajectoires et à l'analyse mission pour le spatial.

Les cours plus théoriques 1 et 2 prendront comme exemples d'application des situations typiques du spatial. Mais celles-ci seront développées beaucoup plus en détail dans les parties 3 et 4.

ÉVALUATIONS

Le module sera évalué à travers :

- ➔ 3 BE notés : contrôle optimal, intégrateurs symplectiques, problème à trois corps et variétés ;
- ➔ un test écrit sur la partie système dynamique.

BIBLIOGRAPHIE

Jean-Louis Pac, *Systèmes Dynamiques*, Cours et exercices corrigés, Dunod, 2012.

Michel Llibre, *Commande optimale : application au calcul de trajectoires*, 2001.

G. Gómez, A. Jorba, J. Masdemont, C. Simo, *Dynamics and mission design near libration points, advanced methods for triangular points*, 2001.

LANGAGES FONCTIONNELS ET LOGIQUES

EISC-101

Responsable : Christophe GARION

L'objectif de ce module est d'apporter de nouvelles façons de penser la programmation : la programmation impérative est traitée dans le tronc commun et conditionne la réflexion vers des solutions basées sur des changements d'états. Or certaines catégories de problèmes se résolvent plus naturellement en utilisant des paradigmes différents, notamment la manipulation de fonctions en tant qu'entités de première classe, ou le raisonnement automatique des langages de logique.

Après avoir suivi ce module, les élèves auront non seulement appris 3 nouveaux langages de programmation, mais également deux nouvelles façons de penser la modélisation et la résolution de problèmes qui sont de plus en plus utilisées (Big Data, machine learning, intelligence artificielle, etc).

**OBJECTIFS GLOBAUX
CONNAISSANCES ET COMPÉTENCES**

Deux grandes formes de programmation sont abordées : la programmation fonctionnelle et la programmation déclarative.

La première s'appuie sur la manipulation de fonctions au même titre que les types de base habituels, et la possibilité de définir des fonctions d'ordre supérieur qui manipulent ces fonctions. Les langages fonctionnels modernes tels que Clojure ou Scala ont récemment montré leurs avantages pour développer des programmes plus fiables, plus compacts et maintenables, dans le traitement important de données (Big Data) ou l'apprentissage machine (Machine Learning). Ces langages représentent aussi l'espoir de pouvoir utiliser plus facilement les processeurs à milliers de cœurs des prochaines années, en proposant un modèle de parallélisme qui passe plus facilement à l'échelle. Les concepts de programmation symbolique, programmation paresseuse, programmation concurrente, inférence de types et évaluation dynamique seront abordés.

La deuxième s'appuie sur la logique du premier ordre et la présence intégrée dans le langage Prolog d'un moteur d'inférence de base de faits et de règles, pour permettre la résolution automatique de problèmes. Le fait qu'il suffise de déclarer les faits connus et les règles de déduction donne souvent l'impression aux débutants d'un aspect « magique » de cette programmation et l'objectif du cours sera de démystifier cette impression.

Trois langages seront abordés durant le cours :

- ➔ Haskell, un langage fonctionnel de la famille des Lisp, qui permettra de poser les bases de la programmation fonctionnelle ;
- ➔ Scala, un langage fonctionnel statiquement typé, qui permettra de montrer l'intérêt de ce type de langages pour l'implantation de types de données par exemple ;
- ➔ Prolog, un langage de programmation logique.

La pédagogie appliquée durant le cours s'appuiera principalement sur la manipulation des langages et l'apprentissage à travers la résolution de problèmes. Les aspects théoriques de ces langages de programmation (lambda-calcul, théorie des types etc.) seront proposés en filigrane pour les étudiants intéressés.

ÉVALUATIONS

Le module sera évalué sur deux notes :

- ➔ une note de TP (30 % de la note finale) qui évaluera l'intérêt et la participation de l'étudiant lors des séances ;
- ➔ une note sur un miniprojet (70 % de la note finale) durant lequel l'étudiant aura 3h pour résoudre un problème en utilisant un des langages vus en cours.

BIBLIOGRAPHIE

H. Abelson, G. J. Sussman, J. Sussman. Structure and Interpretation of Computer Programs. MIT Press, 1996.

B. Pierce, Types and Programming Languages. MIT Press, 2002.

I. Bratko. Prolog Programming for Artificial Intelligence, 3rd edition. Pearson Education, 2001.

J. Hughes. Why Functional Programming Matters. Computer Journal, 32:2, 1989.

<http://www.racket-lang.org>

<http://www.scala-lang.org>

<http://gprolog.org>

**INTRODUCTION À L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE
PAR LA PROGRAMMATION DES JEUX**

Responsable : Fabrice FRANCES

EISC-100

**OBJECTIFS GLOBAUX – CONNAISSANCES
ET COMPÉTENCES**

Les jeux à somme nulle sont des jeux pour lesquels la somme des gains de tous les joueurs est égale à 0, c'est le cas de nombreux jeux de réflexion tels que les échecs ou les dames, le poker, etc.

Un programme qui joue à de tels jeux non-triviaux doit souvent mobiliser une puissance de calcul la plus importante possible, d'où l'intérêt de mettre en œuvre les algorithmes les plus efficaces pour la recherche exhaustive des meilleurs coups. Mais dans cette quête du programme le plus performant, la simple connaissance de ces algorithmes ne suffit pas : trouver une bonne fonction d'évaluation est primordial, et peser le coût d'une heuristique de pré-évaluation permettant de trier les coups en fonction de la profondeur d'analyse peut accélérer fortement les algorithmes.

Dans les cas où il est difficile de trouver une bonne fonction d'évaluation, on s'intéressera aussi aux approches telles que le Monte Carlo

Tree Search (récemment mis en lumière par la victoire d'AlphaGo contre Lee Sedol) : il n'est plus nécessaire de compter sur les compétences d'un Maître International pour développer un excellent programme.

Le module laissera une grande part à l'expérimentation pratique des algorithmes, et à des retours d'expérience des enseignants qui ont souvent implémenté des programmes de jeux.

ÉVALUATIONS

Un BE et un mini-projet.

BIBLIOGRAPHIE

Intelligence Artificielle et Informatique Théorique, Jean-Marc Alliot, Thomas Schiex, Pascal Brisset, F. Garcia, éditions Cépaduès.

**UNE PROMENADE DANS LE JARDIN
DE LA THÉORIE DES GRAPHS**

Responsable : Florian SIMATOS

EISC-102

Ce module est une introduction à la théorie des graphes déterministes et aléatoires. Chaque séance développera un thème indépendant, proposera la preuve d'un résultat célèbre et s'accompagnera de quelques exercices.

**OBJECTIFS GLOBAUX
CONNAISSANCES ET COMPÉTENCES**

Les graphes sont massivement présents au XXI^e siècle. Les réseaux sociaux, les réseaux de communications, les réseaux d'interactions en biologie ou en chimie moléculaire sont au centre de grands enjeux scientifiques, technologiques et sociétaux. L'objectif de ce cours est de fournir les concepts mathématiques clés pour penser et décrire ces structures complexes.

Chaque séance développera un thème indépendant, comme le coloriage des graphes, leur dénombrement ou les arbres aléatoires. Nous y présenterons la preuve d'un résultat célèbre que nous développerons autour de quelques exercices.

EVALUATION

L'évaluation sera basée sur au moins deux notes, une note de mini-projet à réaliser seul ou en binôme, et une note d'examen sur table individuel. Les détails précis dépendront de l'effectif de la classe.

BIBLIOGRAPHIE

D. West "Introduction to graph theory". Second Edition. Prentice Hall, 2001.

N. Alon et J. Spencer "The probabilistic method". Third Edition. John Wiley & Sons, 2008.

S. Janson, T. Luczak et A. Rucinski "Random graphs". John Wiley & Sons, 2000.



CRYPTOGRAPHIE

Responsable : Jérôme LACAN

EISC-104

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 privée ;
- 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 bases 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

CHAÎNES DE MARKOV

EISC-106

Responsable: Florian SIMATOS

L'objectif du module est d'introduire la théorie des chaînes de Markov vues comme des systèmes dynamiques aléatoires à temps discret. Le cas des chaînes de Markov à temps et espace d'état discrets sera traité en détail et les processus de Markov en temps continu seront évoqués en fin de cours. Les différentes notions seront illustrées sur des cas concrets de modélisation de systèmes physiques ainsi que lors d'un BE de modélisation.

OBJECTIFS GLOBAUX
CONNAISSANCES ET COMPETENCES

Les chaînes de Markov constituent une classe particulièrement importante de système dynamique aléatoire à temps discret : il s'agit des systèmes dynamiques aléatoires qui peuvent s'écrire sous la forme $X(n+1) = F(X(n), U(n))$ où $U(n)$ est une variable aléatoire, rendant ainsi tout le système dynamique aléatoire.

Leurs applications sont très nombreuses, par exemple pour modéliser la trajectoire ou l'état d'un avion, les réseaux de communication, l'évolution d'une épidémie, mais aussi en théorie de l'information, en biologie, chimie ou encore en physique statistique. Les chaînes de Markov sont aussi au cœur d'algorithmes fondamentaux tels que les algorithmes stochastiques de type Monte-Carlo, l'algorithme PageRank utilisé par le moteur de recherche de Google ou encore les algorithmes les plus récents de reconnaissance vocale.

D'un point de vue théorique, les chaînes de Markov forment une classe de processus que l'on peut étudier à un très grand niveau de généralité. L'une des questions principale concerne leur comportement en temps long. Contrairement à un système dynamique déterministe, la notion d'équilibre ne s'entend pas au sens trajectorien – dû à l'aléa de la dynamique, les trajectoires oscillent – mais bien au sens probabiliste : on parlera de loi stationnaire si la loi du processus n'évolue pas au cours du temps.

L'objectif principal de ce cours est d'introduire les résultats principaux concernant le comportement en temps long des chaînes de Markov en temps et espace discret (notion d'équilibre, convergence, théorème ergodique).

Ce cours s'appuie sur les connaissances acquises lors du cours de tronc commun de probabilités et statistique.

ÉVALUATIONS

Des DM notés sont à effectuer individuellement et régulièrement pendant le cours, de telle sorte que le cours peut être validé avec un travail continu. Un examen sur table individuel vient compléter la note finale.

BIBLIOGRAPHIE

Pierre Brémaud, Markov chains, Springer-Verlag, Texts in Applied Mathematics, 1999.

THÉORIE DE L'INFORMATION

Responsable : Jérôme LACAN

EISC-107

L'objectif de ce module est de présenter les concepts de base ainsi que les applications de la **théorie de l'information** qui permet de **mesurer la quantité d'information** contenue dans un fichier ou transmise sur un lien de communication.

Les applications de cette théorie sont la **compression de données**, le **codage** et la **sécurité** qui constituent certaines des bases des systèmes et réseaux de communications actuels.

OBJECTIFS GLOBAUX
CONNAISSANCES ET COMPÉTENCES

La Théorie de l'Information définit un ensemble d'outils permettant de mesurer la quantité d'information contenue dans un fichier ou de donner le débit maximum atteignable lors d'une communication. Ces notions sont essentielles dans les réseaux, les communications et l'informatique. Elles sont également utilisées dans d'autres domaines tels que la biologie ou la chimie.

L'objectif de cet enseignement est d'introduire les concepts de base de la Théorie de l'Information et de présenter ses principales applications :

- la **compression de données**, qui permet de réduire la taille des données stockées ou transmises ;
- les **codes correcteurs d'erreurs** qui génèrent de la redondance pour stocker ou transmettre des données de manière fiable ;
- la **sécurité des informations** qui transforme les données de telle sorte à ce qu'elles ne soient pas accessibles par des personnes non autorisées ;
- d'autres applications plus exotiques : liens avec l'apprentissage automatique, les réseaux, la biologie, la chimie, la recherche d'extra-terrestres...

ÉVALUATIONS

Les évaluations seront réalisées sous trois formes :

- examen écrit ;
- BE notés ;
- présentation orale.

BIBLIOGRAPHIE

Claude Shannon, «A Mathematical Theory of Communication». Bell System Technical Journal 27 (3): 379–423, Juillet 1948

Voyage dans le monde de la Théorie de l'information : <https://fr.khanacademy.org/computing/computer-science/informationtheory>



SYSTÈMES EMBARQUÉS DE COMMANDE

ECAS-104

Responsable : Fabrice FRANCES

L'objectif de ce module est de donner une première compétence pratique au développement de Systèmes Embarqués simples, basés sur une boucle automatique. Le module consistera en une succession de petits projets mettant en œuvre des kits à base de micro contrôleurs. Chaque projet mettra en jeu un ensemble de concepts pratiques (commande en largeur d'impulsion, convertisseur analogique numérique, etc.). Ainsi, les élèves pourront acquérir une compréhension des systèmes embarqués.

OBJECTIFS GLOBAUX
CONNAISSANCES ET COMPÉTENCES

À l'issue de ce module, les élèves seront capables de développer des Systèmes Embarqués basés sur une petite plate-forme moderne (type AVR), et de transférer leur savoir faire sur d'autres plates-formes.

A travers la succession de petits projets, les élèves auront l'occasion de contrôler d'abord des entrées-sorties discrètes basiques (interupteurs, LEDs) avant d'utiliser les capteurs

plus évolués qu'on retrouve aujourd'hui dans les objets connectés, les drones, etc. Les trois fonctions essentielles des systèmes embarqués (acquisition, traitement et commande) font appel à des notions élémentaires d'Électronique, de Traitement du signal, d'Automatique, d'Architecture Informatique et d'Algorithmique qui seront distillées pendant le déroulement des projets.

En regroupant l'ensemble des expérimentations autour d'un petit projet robotique, les élèves acquerront une compréhension des systèmes embarqués et un savoir-faire pratique leur permettant de réaliser leurs propres développements de manière autonome.

ÉVALUATIONS

Savoir faire évalué lors d'un des projets.

BIBLIOGRAPHIE

Introduction to Embedded Systems, a Cyber-Physical Systems Approach, Edward Ashford Lee & Sanjit Arunkumar Seshia. <http://leeseshia.org>

RELATIVITÉ GÉNÉRALE ET COSMOLOGIE

EEOS-101

Responsable : Sébastien MASSENOT

L'objectif de ce module est de donner une introduction à deux disciplines phares de l'Astrophysique étroitement liées : la relativité générale et la cosmologie. Il s'agira d'en donner les principes fondamentaux, faire un état des lieux de la compréhension de la structure et de l'évolution de l'Univers ainsi que fournir un aperçu des recherches actuelles sur le sujet.

OBJECTIFS GLOBAUX
CONNAISSANCES ET COMPETENCES

Les thèmes suivants seront abordés au cours de ce module :

- ➔ **introduction à la relativité générale** : à la suite des enseignements de relativité restreinte de tronc commun, il s'agira de prendre en compte les forces de gravitation dans l'application du principe de relativité par l'intermédiaire du principe d'équivalence et s'intéresser aux conséquences sur la structure de l'espace-temps.

- ➔ **introduction à la cosmologie** : Cette discipline s'intéresse à la structure et à l'évolution de l'univers. Il s'agira d'introduire le modèle standard pour la composition de l'univers (matière baryonique, matière noire et énergie noire) ainsi que les modèles d'évolution de l'univers issus des équations de la relativité générale.

EVALUATIONS

Tests écrits

BIBLIOGRAPHIE

N.F. Commins, R. Taillet et L. Vilain, A la découverte de l'Univers – Les bases de l'astronomie et de l'astrophysique, De Boeck, 20011
D. Gialis et F.X. Désert, Relativité générale et astrophysique, EDP Sciences, 2015•

PHYSIQUE STELLAIRE ET PLANÉTOLOGIE

Responsable : David MIMOUN

EEOS-102

L'objectif de ce module est donner une introduction à deux disciplines d'actualité de l'Astrophysique : la Physique du stellaire et la planétologie. Un fort lien avec les différentes et récentes missions d'exploration sera effectué.

**OBJECTIFS GLOBAUX
CONNAISSANCES ET COMPÉTENCES**

Les thèmes suivants seront abordés au cours de ce module :

- ➔ exploration du système solaire et planétologie : Ce cours est une introduction à la physique du système solaire. Il vise à donner des bases en planétologie (formation et propriétés des systèmes planétaires) et en techniques spatiales. De nombreuses sciences sont abordées : chimie, mécanique, nucléaire, biologie, aéronomie, géophysique, etc... ;
- ➔ introduction à la physique stellaire : l'étude des étoiles est un domaine très vaste à la base de toute l'astrophysique puisqu'elle est par exemple reliée à la mesure des distances,

à la formation des systèmes planétaires, à la synthèse des éléments chimiques, le cycle de vie et le recyclage de la matière, etc...

ÉVALUATIONS

Tests écrits

BIBLIOGRAPHIE

N.F. Commins, R. Taillet et L. Vilain, A la découverte de l'Univers – Les bases de l'astronomie et de l'astrophysique, De Boeck, 2001.

F. Leblanc, an introduction to stellar astrophysics, Wiley, 2010.

INGÉNIERIE QUANTIQUE : CALCULATEURS QUANTIQUES, TÉLÉPORTATION ET MOLÉCULES-MACHINES

Responsable : Sébastien MASSENOT

EEOS-103

L'ingénierie quantique est un domaine de recherche récent promis à 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 COMPÉTENCES**

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



PHYSIQUE DES LASERS

Responsable : Sébastien MASSENOT

EEOS-104

Le laser est un système multiphysique issu de la physique théorique et dont les applications actuelles se trouvent aussi bien dans le grand public, l'industrie ou encore la recherche fondamentale: lecteurs CD, télécommunications sur fibres optiques, traitement de matériaux, télémétrie, vélocimétrie, horloges atomiques, fusion nucléaire... Ce module permet d'aborder le fonctionnement général des lasers tout en présentant les principales applications.

OBJECTIFS GLOBAUX
CONNAISSANCES ET COMPETENCES

Les thèmes suivants seront abordés au cours de ce module :

- ➔ fonctionnement des lasers: principe de l'oscillateur optique ;
- ➔ phénomènes d'interaction lumière / matière ;
- ➔ amplification de lumière par émission stimulée ;
- ➔ optique des cavités lasers et des faisceaux gaussiens ;
- ➔ les différents modes de fonctionnement des lasers ;

- ➔ panorama des lasers et applications.

A la fin de cet enseignement, les élèves seront capables de décrire le fonctionnement général d'un laser, ses principales applications et d'identifier le rôle joué par ses différents constituants et ceci tout en gardant à l'esprit le domaine de validité des modèles physiques qui leur seront présentés.

EVALUATIONS

QCM + Présentation d'un dossier sur une application spécifique des lasers

BIBLIOGRAPHIE

- C.Delsart, Lasers et optique non linéaire, Editions Ellipses, Paris, 2008.
B. Cagnac and J.-P. Faroux, Lasers, CNRS Editions, Paris, 2002.
A.E. Siegman, Lasers, University Science Books, Sausalito, 1986.
R. Loudon, The Quantum Theory of Light, Clarendon Press, Oxford, 1973.
O. Svelto, Principles of Lasers, Kluwer Academic, Southampton, 1998.

PHYSIQUE DES PARTICULES

Responsable : S. MASSENOT

EEOS-105

La physique des particules est la branche de la physique qui étudie les constituants élémentaires de la matière, les rayonnements, ainsi que leurs interactions et qui tente de répondre à la question « de quoi nous sommes faits ? » Il s'agit également d'un domaine d'actualité avec la mise en évidence expérimentale récente du boson de Higgs. L'objectif de ce module est de présenter une introduction à la physique des particules moderne.

OBJECTIFS GLOBAUX
CONNAISSANCES ET COMPETENCES

Les thèmes ci-dessous seront abordés au cours de ce module

- ➔ les différents constituants de la matière, description des forces fondamentales ;
- ➔ classification des particules ;
- ➔ physique quantique et physique des particules: spin des particules et introduction à la physique des particules modernes ;

- ➔ relativité et physique des particules : application de la dynamique relativiste ;
- ➔ physique nucléaire, accélérateurs de particules, collisions et désintégrations.

EVALUATIONS

Test écrit

BIBLIOGRAPHIE

- R. Zitoun, Introduction à la physique des particules, Dunod, 2^{de} édition, 2004
B. Clément, Physique des particules : cours et exercices corrigés, Dunod, 2013
D. Griffiths, Introduction to elementary particles, Wiley, 2nd edition, 2008

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

Responsable : S. MASSENOT

EEOS-106

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

BIO-INGENIERIE : SCIENCES DE L'INGÉNIEUR POUR LE MÉDICAL

Responsable : Angélique RISSONS

EEOS-107

OBJECTIFS GLOBAUX CONNAISSANCES ET COMPÉTENCES

Ce module d'ouverture a pour objectif d'utiliser les connaissances acquises dans la formation ingénieur dans le cadre biologique après avoir apporté des connaissances complémentaires sur les processus biologiques fondamentaux. Les enseignements apporteront les bases nécessaires à une ouverture vers les sciences du vivant en s'appuyant sur quatre grandes thématiques du génie biologique au travers de cours, conférences et travaux expérimentaux.

- ➔ ADN: acquérir la connaissance des processus biologiques fondamentaux impliquant l'ADN, appréhender les enjeux des recherches actuelles, explorer les outils technologiques de développement ;
- ➔ les enjeux du séquençage haut débit ;
- ➔ la médecine personnalisée: la médecine du XXI^e s. ;
- ➔ nanomédecine: explorer à l'échelle nano, traiter à l'aide de nano-outils, nanostructures inspirées du vivant ;

- ➔ éthique: quelles sont les limites de la bio-ingénierie ?

Chaque thématique comprendra plusieurs séances dédiées à l'expérimentation.

ÉVALUATIONS

Présentation orale et rapport.

BIBLIOGRAPHIE

Lynn B Jorde, John C. Carey, Michael J. Bamschad, et Raymond L. White, Génétique médicale, éditions Elsevier.

Jean-François Allemand et Pierre Desbiolles, Physique et Biologie: de la molécule au vivant éditions EDP sciences

Millet A et al, Loss of functional OPA1 unbalances redox state: implications in Dominant Optic Atrophy pathogenesis, Annals of Clinical and Translational Neurology, 2016.



CONCEPTION DES CIRCUITS NUMÉRIQUES COMPLEXES

EEOS-108

Responsable : Arnaud DION

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. L'accent est mis sur la pratique au travers d'un projet. Des intervenants du monde industriels partageront leur expérience.

OBJECTIFS GLOBAUX
CONNAISSANCES ET COMPÉTENCES

Nous présentons d'abord :

- la technologie des circuits intégrés ;
- les fonctions d'électronique numérique ;
- les architectures des circuits numériques : micro-processeur, 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, 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 permet donc une mise en application directe sur une carte électronique.

ÉVALUATIONS

Rapport de projet et examen écrit.

BIBLIOGRAPHIE

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

«Engineering the complex SOC», Chris Rowen.

APPROCHES QUANTITATIVES EN SCIENCES SOCIALES

EACS-101

Responsable : Marie-Pierre BÈS

Il s'agit de montrer à des élèves ingénieur quelles sont les démarches quantitatives des sciences sociales (statistiques, probabilités, théorie des graphes) et comment elles obtiennent, collectent et traitent les données. On montrera que les sciences sociales sont des sciences « presque » comme les autres. L'objectif secondaire sera de s'interroger sur les catégorisations sociales existantes (classe sociale, groupe, profession, communauté, réseau de personnes) et sur leur construction, afin de maîtriser certaines clés de lecture du monde social.

STRUCTURATION DU COURS

Les séances permettront d'alterner des interventions de chercheurs en sciences sociales et des applications directes réalisées par les étudiants à l'aide de logiciels de statistiques spécifiques (SPSS, R, Ucinet). Seront en particulier traitées les deux thèmes suivants : catégories socioprofessionnelles et réseaux personnels. Il faudra également regarder de près ce qui existe du côté des nomenclatures institutionnelles permettant l'éla-

boration de statistiques officielles. Les séances auront lieu essentiellement en salle informatique sous la forme de Bureau d'Etudes et suivant un mode « gestion de projet » qui nécessitera une collaboration de l'ensemble des élèves.

BIBLIOGRAPHIE

Bès Marie-Pierre (2011). «Les chaînes relationnelles entre anciens étudiants : l'usage des carnets d'adresses électroniques », Revue Réseaux, n°168-169, 2011, pages 189-214.

Deauvieu Jérôme, Penissat Étienne, Brousse Cécile, Jayet Cyril, « Les catégorisations ordinaires de l'espace social français. Une analyse à partir d'un jeu de cartes », Revue française de sociologie 3/2014 (Vol. 55), p. 411-457.

Desrosières A., Thévenot L., [1988] 2002, Les catégories socioprofessionnelles, Paris, La Découverte.

A. Degenne & M. Forsé, les réseaux sociaux, Armand Colin, 2^e éd., 2004.

PROFESSIONAL COMMUNICATION AND BEYOND: THE SOFT SKILLS

Course Instructor: Anne O'MAHONEY

EACS-102

The Aerospace Engineering curriculum is strongly focused on the development in students of technical knowledge and skills. More and more, employers are increasingly pointing out that this preparation of engineering students is lacking the wide range of written and spoken communication skills required to engage with members of other professional groups, other cultural backgrounds and with the broader community. The need for engineering students to acquire professional and soft skills, in addition to technical skills, in order to enhance both community engagement and career success has therefore been increasingly underlined by industry professionals.

OVERALL OBJECTIVES

In this module we will emphasize the importance and enhancement of soft skills for engineering graduates. There will be three main parts. We will give weight to self-awareness, teamwork, adaptability, confident promotion of a message, oral and personal presentation skills and negotiations. Firstly this workshop takes you on a journey of self-discovery. By focusing on your self-esteem, and looking at ways to improve your confidence through role-play and observation, you will be confronted with professional situations & given the tools to modify your behavior assertively. Secondly we will look at you and your place in a team, you will discover what you can contribute and how to improve your adaptation abilities. The third part of our elective will focus on the techniques necessary to effectively transmit a strong & convincing professional message and negotiate in a professional context.

All classes and work with professionals in English.

ASSESSMENT

Each student will take part in a Professional Presentation delivered for Professionals from different sectors of the corporate world. This presentation/ negotiation may take place in companies or in school depending on the availability of our partners. There will therefore be both a written and oral mark as well as continuous assessment throughout the classes for this elective.

BIBLIOGRAPHY

Carr, Dannie Lu. Brilliant Assertiveness, Pearson, London 2012.

Heath and Heath. Made to Stick, Random House, New York, 2008.

Jaffe, Clella Iles. Public Speaking, Concepts and Skills for a diverse society, Wadsworth Cengage Learning.

Boston, 2013.

Lloyd-Hughes, Sarah. How to be brilliant at Public Speaking, Pearson, London, 2011.

GOUVERNANCE ET ORGANISATION DES ENTREPRISES

EACS-104

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 COMPÉTENCES**

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.

DÉROULEMENT

- ➔ 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.

ÉVALUATIONS

- ➔ 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

Johann Chaulet & Marie-Pierre Bès, « Les diplômés et leur(s) valeur(s) », *Terrains & Travaux*, 2015/1 (N° 26).

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.





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



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

Document non contractuel – septembre 2016