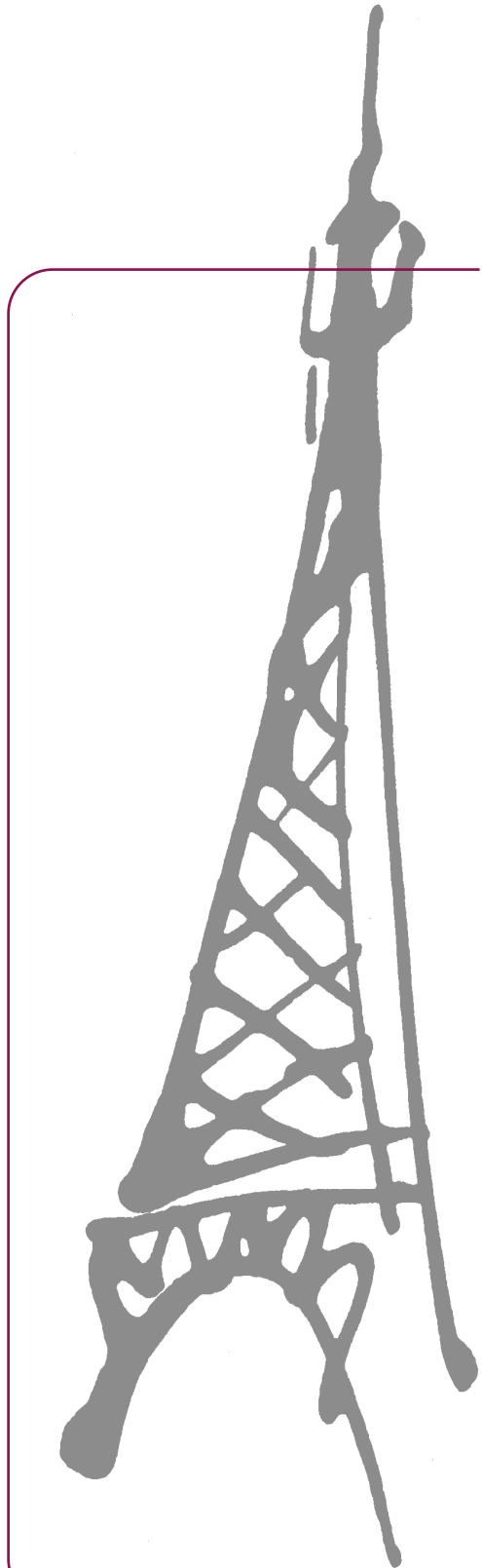




ÉCOLE CENTRALE PARIS  
*Choisissez l'excellence*

# CATALOGUE DES COURS





## Table des matières

<b>Énergétique</b>	<b>7</b>
EN1100 Transferts thermiques . . . . .	8
EN1101 Soutien en transferts thermiques . . . . .	10
EN1110 Transferts thermiques avancés . . . . .	11
EN1120 Transferts thermiques . . . . .	12
EN1200 Mécanique des fluides . . . . .	13
EN1201 Mécanique des Fluides . . . . .	15
EN1300 Thermodynamique appliquée . . . . .	17
EN1400 Modélisation et simulation de la combustion . . . . .	18
EN1500 Ingénierie nucléaire . . . . .	19
EN1600 Énergies renouvelables . . . . .	21
EN1700 Eléments de neutronique et de physique des réacteurs nucléaires . . . . .	22
EN1920 Activité expérimentale – Aérodynamique et Énergétique . . . . .	24
EN2910 Aircraft Design . . . . .	26
EN2930 Ingénierie de systèmes complexes : Application aux moteurs automobiles . . . . .	28
<b>Technologies de l'information, Systèmes avancés</b>	<b>29</b>
IS1110 Systèmes d'information . . . . .	30
IS1210 Algorithmique et Programmation . . . . .	32
IS1220 Génie logiciel avec objets et composants . . . . .	33
IS1230 Introduction aux bases de données . . . . .	35
IS1240 Calcul intensif pour les sciences de l'ingénieur et la finance . . . . .	36
IS1250 Programmation pour dispositifs mobiles . . . . .	37
IS1260 Projet de développement logiciel . . . . .	39
IS1310 Théorie des graphes pour l'informatique : algorithmes et applications . . . . .	40
IS1350 Logique mathématique pour l'informatique . . . . .	42
IS1410 Ingénierie numérique et collaborative . . . . .	44
IS1510 Communications numériques et réseaux . . . . .	45
IS2110 Systèmes embarqués . . . . .	47
IS2120 Systèmes Automatiques . . . . .	48
IS2950 Activité expérimentale – Électronique . . . . .	49
IS2960 Module expérimental – Électronique . . . . .	50
<b>Langues et cultures</b>	<b>51</b>
LC0000 Langues, culture et civilisation . . . . .	52
LC1000 Anglais . . . . .	53
LC2000 Français langue étrangère (FLE) . . . . .	55
LC3000 Allemand . . . . .	56

LC4000 Espagnol . . . . .	57
LC5000 Italien . . . . .	58
LC6000 Portugais . . . . .	59
LC7000 Chinois . . . . .	60
LC8000 Japonais . . . . .	61
LC9000 Russe . . . . .	62
LCA000 Arabe . . . . .	63
LCB000 Suédois . . . . .	64
<b>Mathématiques</b>	<b>65</b>
MA1100 Analyse . . . . .	66
MA1200 Probabilités . . . . .	67
MA1300 Statistique . . . . .	68
MA1400 Equations aux Dérivées Partielles . . . . .	69
MA2100 Modélisation des risques financiers . . . . .	70
MA2200 Optimisation . . . . .	72
MA2300 Probabilités avancées . . . . .	73
MA2500 Traitement du signal et codage dépouillé . . . . .	74
MA2610 Calcul scientifique . . . . .	76
MA2620 Equations différentielles et systèmes dynamiques . . . . .	78
MA2630 Distributions et opérateurs . . . . .	79
MA2814 Introduction à la modélisation aléatoire . . . . .	81
MA2815 Modélisation mathématique pour la biologie . . . . .	83
MA2822 Statistique avancée . . . . .	85
MA2823 Introduction à la théorie de l'apprentissage . . . . .	86
MA2824 Géométrie différentielle . . . . .	88
MA2825 Algèbre et cryptologie . . . . .	90
MA2826 Mathématiques discrètes pour l'informatique . . . . .	91
MA2827 Fondements de l'optimisation discrète . . . . .	93
<b>Mécanique, Génie civil</b>	<b>97</b>
MG1100 Mécanique . . . . .	98
MG1200 Génie civil . . . . .	99
MG1300 Dynamique des structures et acoustique . . . . .	101
MG1400 Plasticité et rupture : comportement des matériaux . . . . .	102
MG1500 Biomécanique . . . . .	103
MG1600 Nanomécanique . . . . .	104
MG1700 Design de maintenance de voie ferroviaire . . . . .	106
MG1960 Activité expérimentale – Génie civil . . . . .	107
MG1970 Activité expérimentale – Dimensionnement des structures mécaniques . . . . .	108
MG2812 Initiation à l'acoustique industrielle et musicale . . . . .	110

MG2814 Économie et conception de barrages . . . . .	111
MG2816 Microsystèmes électromécaniques (MEMS) . . . . .	113
MG2817 Applications de la méthode des éléments finis . . . . .	114
MG2818 Exploration et production pétrolière . . . . .	115
MG2920 Module expérimental – Construction durable et architecture . . . . .	117
<b>Physique</b>	<b>119</b>
PH1100 Physique quantique et statistique . . . . .	120
PH1102 Mise à niveau en physique . . . . .	122
PH1910 Activité expérimentale – Physique . . . . .	123
PH2100 Ondes . . . . .	124
PH2200 Synchrotron X-ray Beamline Design . . . . .	125
PH2300 Physique de la matière : du solide aux nano-matériaux . . . . .	127
PH2450 Nouveaux enjeux industriels de la chimie . . . . .	128
PH2500 Physique mathématique moderne . . . . .	130
PH2600 Relativités . . . . .	131
PH2812 Introduction à la physique atomique et moléculaire . . . . .	132
PH2813 Matériaux avancés et nouveaux composants pour les technologies de l'information et de la communication . . . . .	133
PH2814 Science-fiction et physique . . . . .	134
PH2820 Technologies opto-électroniques . . . . .	136
PH2821 Applications de la physique statistique à des systèmes socio-économiques complexes . . . . .	138
PH2930 Physique nucléaire - Module expérimental . . . . .	140
<b>Procédés</b>	<b>141</b>
PR1100 Introduction aux matériaux . . . . .	142
PR1930 Activité expérimentale – Matériaux et biomatériaux . . . . .	144
PR2100 Traitement de l'eau et protection des nappes souterraines . . . . .	146
PR2940 Activité expérimentale – Procédés et environnement . . . . .	148
PR3100 Génie des procédés et développement durable . . . . .	150
PR4200 Réseaux électriques . . . . .	152
PR4300 Cogénération et production d'énergie . . . . .	154
PR5100 Science du vivant . . . . .	155
PR5210 Le génome . . . . .	156
<b>Sciences de l'entreprise</b>	<b>157</b>
SE1100 Finance d'entreprise . . . . .	158
SE1200 Gestion d'entreprise . . . . .	159
SE1300 Finance d'entreprise, finance de marché . . . . .	160
SE1400 Économie . . . . .	161
SE1500 Modélisation d'entreprise . . . . .	163

SE1600 Économie Avancée . . . . .	165
SE1950 Activité expérimentale – Ingénierie inverse et prototypage rapide . . . . .	166
SE2150 Ingénierie des Systèmes Complexes . . . . .	167
SE2200 Conception et innovation de produits et services (CIPS) . . . . .	168
SE2300 Stratégie et marketing . . . . .	170
SE2350 Vers une autonomie énergétique d'une région . . . . .	172
SE2400 Production et distribution de biens et services . . . . .	174
SE2500 Supply chain management . . . . .	175
SE2550 Introduction à la fonction Achat . . . . .	176
SE2650 Évaluation et maîtrise des risques . . . . .	177
SE2700 Modélisation pour l'aide à la décision . . . . .	179
SE2750 Modèles stochastiques et théorie des files d'attente et applications . . . . .	181
SE2800 Ordonnancement et planification des activités . . . . .	182
SE2910 Gestion de projet . . . . .	183
SE2920 Gestion de projets complexes . . . . .	184
SE3100 Droit . . . . .	186
SE3200 Droit 2 . . . . .	187
SE3300 Introduction à la création d'entreprise . . . . .	188
<b>Sciences humaines et sociales</b>	<b>189</b>
SH1100 Activités d'ouverture culturelle — Session 1 . . . . .	190
SH1200 Activités d'ouverture culturelle — Session 2 . . . . .	191
SH1300 Philosophie des sciences . . . . .	192
SH1500 Epistémologie des sciences . . . . .	193
SH2100 Jeux d'entreprise . . . . .	194
SH2300 Séminaires individus, travail, organisations . . . . .	195
SH2400 Séminaires International et interculturel . . . . .	196
SH2500 Séminaires enjeux de société . . . . .	197
SH2550 Enjeux de société . . . . .	198
SH2600 Science, Technologie, Société . . . . .	200
SH2650 Science, Technologie, Société . . . . .	201
SH2700 Innovation, Arts et créativité . . . . .	203
SH3200 Séminaires individus, travail, organisations . . . . .	204
SH3300 Science, Technologie, Société . . . . .	205
SH3400 Séminaires International et interculturel . . . . .	206
SH3500 Séminaires enjeux de société . . . . .	207
SH3600 Innovation, Arts et créativité . . . . .	208
<b>Sports</b>	<b>209</b>
SP1100 Éducation physique et sportive . . . . .	210
SP1200 Éducation physique et sportive . . . . .	211

SP2100 Éducation physique et sportive . . . . .	212
SP2200 Éducation physique et sportive . . . . .	213
<b>Leadership et métiers de l'ingénieur</b>	<b>214</b>
WL1100 Ateliers développement professionnel et leadership . . . . .	215
WL1200 Ateliers développement professionnel et leadership . . . . .	217
WL2100 Leadership de l'ingénieur en projet . . . . .	218
WL2200 Métier de l'ingénieur, éthique et responsabilité . . . . .	220
<b>Grands enjeux, projets et stages</b>	<b>222</b>
WP1100 Introduction aux grands enjeux du 21ème siècle . . . . .	223
WP1200 Projet sur les grands enjeux du 21ème siècle . . . . .	224
WP2100 Développement Durable . . . . .	225
WP5000 Approche philosophique de la stratégie et de l'innovation . . . . .	227
WP5100 Projet innovation S7 . . . . .	228
WP5200 Projet innovation S8 . . . . .	230
WP5210 Projet innovation S8 court . . . . .	231
WP6100 Projet associatif S7 . . . . .	232
WP6200 Projet associatif S8 . . . . .	234
WP6210 Projet associatif S8 court . . . . .	236
WP8100 Stage opérateur de production . . . . .	237
WP8110 Stage humanitaire . . . . .	238
<b>Liste des cours par période</b>	<b>239</b>

## *Langue d'enseignement*

Les cours de l'École Centrale Paris sont dispensés dans les quatre options de langue suivantes, spécifiées pour chaque cours dans ce catalogue :

**Français**, cours entièrement en français (avec utilisation occasionnelle de l'anglais possible) ;

**Anglais**, cours entièrement en anglais ;

**Français ou Anglais**, cours dédoublé, un dans chaque langue ;

**Anglais\***, cours enseigné entièrement en anglais, sauf si tous les étudiants inscrits à ce cours maîtrisent suffisamment le français, auquel cas le professeur peut demander une dérogation à la Direction des Études pour enseigner en français.

## *Codes des périodes*

Ce catalogue décrit l'ensemble des cours proposés pendant les deux premières années d'enseignement à l'École Centrale Paris. Ces deux années sont découpées en 4 semestres, les semestres d'automne (5 et 7) s'étendent de septembre à janvier et les semestres de printemps (6 et 8) de février à juin.

La rubrique **Période** de chaque fiche de cours contient un code à 7 caractères de la forme *EEEESTTT* indiquant la position du cours dans l'emploi du temps et les formations auxquelles il s'adresse. De nombreux cours disposent de plusieurs codes période, car ils sont donnés plusieurs fois dans l'année, ou sont proposés dans le cadre de plusieurs formations.

Les trois premiers caractères (*EEE*) du code permettent de déterminer le public auquel s'adresse le cours :

**IN1**, première année du cycle ingénieur

**IN2**, deuxième année du cycle ingénieur

**FEP**, programme d'échange des semestres d'automne

**SEP**, programme d'échange des semestres de printemps

Le caractère suivant (*S*) correspond au semestre (5 à 8).

Les trois derniers caractères (*TTT*) donnent le créneau du cours dans l'emploi du temps de la formation considérée :

**COM**, parcours commun

**DE1** à **DE7**, cours électif 1 à 7

**IE1** à **IE5**, cours électif 8 à 12

**DXP**, activité expérimentale du parcours différencié

**IXP**, activité expérimentale du parcours individualisé

**IS1**, **SH1**, semaine réservée 1

**IS2**, **SH2**, semaine réservée 2

**CAA**, ateliers de développement professionnel et leadership



# Énergétique

# EN1100

## Transferts thermiques

**Responsable** : Franck Enguehard

**Langue d'enseignement** : français ou anglais – **Heures** : 30 – **ECTS** : 2.5

**Prérequis** : Notions de base en thermodynamique et en mathématiques

**Période** : S5 entre septembre et janvier IN15COM, FEP5COM

### Objectifs

- ◇ Maîtriser les notions de base des trois modes de transfert thermique
- ◇ Savoir écrire un bilan et construire un modèle élémentaire

### Contenu

**Cours** (40% du temps programmé) :

- ◇ Les trois modes de transfert thermique ; flux conductif, radiatif, convectif, conducto-convectif (approche phénoménologique du coefficient de transfert).
- ◇ Bilan d'énergie en régime stationnaire pour un système fixe.
- ◇ Modèles linéaires de conduction stationnaire (résistances et conductances, modèle et approximation de l'ailette, cas limites de l'ailette idéale et de l'ailette infinie).
- ◇ Notions de corps opaque et de milieu transparent. Luminance et flux radiatif monochromatiques directionnels. Première expression d'un flux radiatif.
- ◇ Flux d'énergie et conditions aux limites.
- ◇ Rayonnement d'équilibre. Absorptivité, réflectivité, émissivité monochromatiques directionnelles. Flux émis et absorbé. Modèles simples de transfert radiatif.
- ◇ Physique de la diffusion instationnaire appliquée à la conduction thermique ; temps et échelles caractéristiques. Analyse dimensionnelle. Interprétation physique et application des nombres de Fourier et de Biot. Modèle du mur semi-infini (réponse aux temps courts). Analyse spectrale d'un signal thermique. Dégénérescence de la diffusion en propagation à fréquence fixe. Modélisation de systèmes finis.
- ◇ Approche dimensionnelle de la convection forcée thermique. Notions qualitatives de couches limites. Nombres de Reynolds, Prandtl et Nusselt. Approches classiques de la convection externe et de la convection interne (limitée à des régimes établis) dans des cas standards. Transitions entre régime laminaire et turbulent. Notion de diamètre hydraulique.

**Petites classes** (60% du temps programmé) :

Les problèmes traités sont généralement monodimensionnels de façon à éliminer les difficultés d'ordre mathématique et focaliser l'attention sur la physique des phénomènes dans une approche de type « dimensionnement et design ». L'objectif principal des petites classes de la deuxième moitié de l'enseignement est la construction de modèles simples pour la résolution de problèmes thermiques industriels ou de la vie quotidienne.

### Organisation du cours

Supports de cours, exercices, site web en anglais.

### Support

Jean Taine et Estelle lacona, A First Course in Heat Transfer, Dunod 2011.

### Évaluation

- ◇ Contrôle intermédiaire facultatif écrit de 1h30 : petits exercices d'application immédiate (aucun document ni moyen de calcul autorisé).

- ◇ Contrôle final obligatoire écrit de 3h. Partie 1 : petits exercices d'application immédiate (aucun document ni moyen de calcul autorisé). Partie 2 : mise en œuvre de modèles simples, à construire et valider, sur une application réelle (documents et moyens de calcul autorisés).

## EN1101

### Soutien en transferts thermiques

**Responsable** : Franck Enguehard

**Langue d'enseignement** : français – **Heures** : 16 – **ECTS** : 0

**Prérequis** : Avoir suivi le cours EN1100 ou équivalent. Suivre en parallèle les cours et petites classes de EN1100 avec assiduité

**Période** : S5 entre septembre et janvier IN15COM, FEP5COM

#### Objectifs

Ces séances de soutien ont pour but de fournir un appui aux élèves ayant des difficultés avec le cours EN1100.

#### Organisation du cours

Les séances ont généralement lieu le jeudi après-midi sous la forme de questions-réponses sur le cours et les exercices.

## EN1110

### Transferts thermiques avancés

**Responsable** : Benoît Goyeau

**Langue d'enseignement** : anglais\* – **Heures** : 36 – **ECTS** : 3

**Prérequis** : Avoir suivi le cours EN1100 ou équivalent.

**Période** : S7 Électif 06 novembre à décembre IN27DE6, FEP7DE6

#### Objectifs

L'objectif de cet enseignement est double. Il consiste, dans un premier temps, en s'appuyant sur un certain nombre d'**applications industrielles** (refroidissement d'un réacteur nucléaire, isolation thermique, élaboration des matériaux, ...), à donner aux élèves ingénieurs une bonne maîtrise des mécanismes de transferts thermiques (plus particulièrement convectifs). Dans un deuxième temps, un enseignement de type **méthodologique** permettra l'utilisation des connaissances acquises pour la résolution de problèmes concrets.

La partie consacrée aux notions de base abordera les mécanismes de convection forcée et naturelle d'origine thermique en milieu fluide. Cet enseignement s'appuiera sur la théorie des couches limites en considérant l'analyse d'échelles, les solutions de similitude et les méthodes intégrales. Un approfondissement du rayonnement thermique (facteurs de forme) sera également proposé.

Les petites classes seront dans un premier temps consacrées à la mise en pratique directe des notions fondamentales puis seront organisées en **travail de groupes** autour de mini-projets (méthodologie).

#### Contenu

- ◇ Convection forcée interne et externe
- ◇ Convection naturelle thermique
- ◇ Stabilité de la convection naturelle en couche horizontale
- ◇ Introduction à la convection turbulente
- ◇ Méthodologie thermique (utilisation des connaissances pour la résolution de problèmes concrets)

#### Organisation du cours

Amphis : 15h, Petites classes : 18h, Contrôle : 3h

#### Support

- ◇ *Convection Heat Transfer*, A. Bejan, Third Edition. Wiley (2004)
- ◇ *Principles of Heat Transfer*, M. Kaviany (2002)

#### Évaluation

- ◇ Examen écrit : 2 h

## EN1120

### Transferts thermiques

**Responsable** : Christophe Laux

**Langue d'enseignement** : anglais – **Heures** : 36 – **ECTS** : 3

**Prérequis** : Notions de base en thermodynamique et en mathématiques

**Période** : S8 Électif 12 mars à juin IN28IE5, SEP8IE5

#### Objectifs

- ◇ Maîtriser les notions de base des trois modes de transferts thermiques
- ◇ Apprendre à écrire un bilan de transfert thermique et savoir construire un modèle élémentaire pour les applications pratiques

#### Contenu

- ◇ Les trois modes de transfert thermique : conduction, convection, rayonnement. Approche phénoménologique du coefficient de transfert : conducto-convection.
- ◇ Bilans d'énergie en régime stationnaire pour un système fixe.
- ◇ Conduction stationnaire. Approximation de l'ailette. Ailette idéale et ailette infinie.
- ◇ Corps opaques et milieux transparents. Luminance et flux radiatif spectral et directionnel. Flux d'énergie et conditions aux limites.
- ◇ Rayonnement d'équilibre. Absorptivité, réflectivité, émissivité directionnelle et spectrale. Flux émis, absorbé, radiatif. Transfert radiatif entre corps opaques soumis à un rayonnement d'équilibre ou entourés par un corps noir isotherme, linéarisation du flux radiatif. Cas général du transfert radiatif entre corps opaques à travers un milieu transparent, facteurs de forme, méthode des flux incidents / partants.
- ◇ Physique de la conduction instationnaire : temps et échelles caractéristiques, analyse dimensionnelle. Nombres de Fourier et de Biot. Modèle du mur semi-infini (réponse aux temps courts). Analyse spectrale d'un signal thermique. Dégénérescence de la diffusion en propagation à fréquence fixe. Modélisation de systèmes finis.
- ◇ Approche dimensionnelle de la convection forcée. Notions de couches limites mécaniques et thermiques. Nombres de Reynolds, Prandtl et Nusselt. Transitions laminaire/turbulent.
- ◇ Convection externe et interne en régime établi dans des cas standards (plaque plane, tube).
- ◇ Notions d'échangeurs thermiques. Calcul des champs de température dans les échangeurs. Nombre d'Unités de Transfert. Efficacité d'un échangeur.
- ◇ Notions qualitatives de convection naturelle : nombres de Grashoff et de Rayleigh.

Les séances d'applications traitent de problèmes industriels ou de la vie quotidienne. L'accent est mis sur l'analyse du problème et sur la construction d'un modèle approprié.

#### Organisation du cours

Cours : 16h30, Exercices et applications : 16h30, Contrôle : 3h

#### Support

*A First Course in Heat Transfer*, J. Taine and E. Iacona, Dunod (2011)

#### Évaluation

Contrôle intermédiaire (CI) écrit de 1h, en classe, sans documents ni moyens de calcul + contrôle final (CF) écrit de 3h en deux parties (Partie 1: 1h sans documents ni moyens de calcul, Partie 2: 2h avec documents et moyens de calcul). Note finale =  $\text{Sup}(\text{CF}, 0.3\text{CI} + 0.7\text{CF})$ .

## EN1200 Mécanique des fluides

**Responsable** : Thierry Schuller

**Langue d'enseignement** : français – **Heures** : 36 – **ECTS** : 3

**Prérequis** : Calcul différentiel et intégral, Analyse vectorielle

<b>Période</b> :	S6	Électif 01	février à avril	IN16DE1, SEP6DE1
	S7	Électif 03	septembre à novembre	IN27DE3, FEP7DE3
	S8	Électif 08	février à avril	IN28IE1, SEP8IE1

### Objectifs

La mécanique des fluides a connu un essor remarquable avec des applications dans des secteurs clés : énergie, environnement, aéronautique, spatial, automobile, procédés d'élaboration des matériaux. Des développements remarquables ont été réalisés dans le domaine de la bio-ingénierie en combinant l'étude des écoulements dans des organes aussi essentiels que le cœur et les poumons et le cerveau avec les nouvelles méthodes d'imagerie du corps humain. Le changement climatique global et l'évolution de l'environnement atmosphérique et océanique sont pour une bonne part des problèmes de mécanique des fluides. On trouve encore la mécanique des fluides en association avec les autres sciences de l'ingénieur lorsqu'on cherche à développer de nouvelles technologies pour l'utilisation des ressources fossiles plus efficaces et moins polluantes. Par exemple, la réduction du bruit des avions, l'augmentation du rendement de propulsion, la réduction des émissions polluantes passent par la résolution de problèmes de mécanique des fluides, d'aéroacoustique, de combustion et de beaucoup de sciences connexes. Pour résoudre les grands défis du 21<sup>ème</sup> siècle, il faudra réaliser des développements importants et passionnants, dans tous les domaines de la technologie, santé et environnement. Dans ce contexte une bonne compétence en mécanique des fluides est un atout pour l'avenir et cette matière est essentielle à la formation d'ingénieurs de haut niveau.

Les objectifs de l'enseignement sont :

- ◇ Permettre une compréhension opérationnelle des aspects essentiels pour être acteur du progrès dans ce domaine.
- ◇ Entraîner à la résolution de problèmes (« problem solving ») sur des études de cas d'intérêt pratique.
- ◇ Faire partager notre passion pour la mécanique des fluides et ses applications.

### Compétences acquises en fin de cours

A l'issue de cet enseignement, les élèves auront acquis une connaissance de la physique des écoulements, des capacités (1) à faire des approximations et des estimations d'ordres de grandeur, (2) à modéliser des phénomènes complexes, à simplifier les modèles et à utiliser les bilans fondamentaux pour résoudre des problèmes d'ingénieur. Ils seront en mesure d'apporter des solutions concrètes à des problèmes d'ingénieur (« problem solving competence »).

### Contenu

- ◇ Séance 1 : Place de la mécanique des fluides dans le monde actuel (technologie, environnement, santé). Objectifs, organisation et méthodes de travail. Concept de milieu continu. Types d'écoulements. Méthodes générales de résolution des problèmes de Mécanique des Fluides. Systèmes matériels et description du mouvement. Vitesse et accélération. Visualisation des écoulements. Théorèmes de transport. Equation de bilan de masse. Description des mélanges d'espèces.
- ◇ Séance 2 : Phénomène de diffusion et bilans d'espèces. Taux de déformation et contraintes dans un fluide. Bilan de quantité de mouvement. Equations d'Euler, de Navier- Stokes, de Bernoulli.

- ◇ Séance 3 : Bilans d'énergies. Ecoulements unidimensionnels. Bilan d'énergie mécanique. Estimation des pertes de charges régulières et singulières.
- ◇ Séance 4 : Bilans macroscopiques. Théorème des quantités de mouvement et du moment angulaire. Applications aux turboréacteurs et moteurs fusées.
- ◇ Séance 5 : Analyse dimensionnelle et estimations a priori. Théorème Pi. Similitude et exemples d'applications.
- ◇ Séance 6 : Théorie de la couche limite. Echelles caractéristiques de la couche limite. Décollement et transition. Couche limite laminaire.
- ◇ Séance 7 : Résolution des équations de la couche limite. Equation intégrale de Karman. Effets de gradients de pression.
- ◇ Séance 8 : Ecoulements turbulents. Caractéristiques de la turbulence. Cascade de Kolmogorov. Estimation d'échelles. Traitement statistique des équations du mouvement (équations de Reynolds). Introduction à la modélisation et à la simulation de la turbulence.
- ◇ Séance 9 : Ecoulements compressibles. Ecoulements isentropiques de gaz réels et parfaits. Effets des changements de section. Equations fondamentales. Tables d'écoulements isentropiques.
- ◇ Séance 10 : Physique des ondes de choc. Analyse des chocs droits. Relations de saut au travers d'un choc. Tables de choc. Perturbations faibles des écoulements compressibles.
- ◇ Séance 11 : Régimes d'écoulement dans les tuyères convergentes-divergentes. Souffleries.
- ◇ Séance 12 : Contrôle final écrit (3h). Application des équations de bilan à la résolution de problèmes d'écoulements de fluides incompressibles et compressibles.

### Organisation du cours

Cours et ateliers de résolution de problèmes : 33h, Contrôle final : 3h

### Support

- ◇ S. Candel (2001) Mécanique des fluides, Dunod Paris.
- ◇ S. Candel, (sous la direction de) (1995) Mécanique des fluides, problèmes résolus. Dunod, Paris
- ◇ Polycopiés (cours et problèmes)

### Évaluation

- ◇ 1 Bureau d'Etudes (obligatoire) : contrôle écrit de 1h30 en présence des assistants, tous documents autorisés
- ◇ 1 Contrôle Final (obligatoire) : contrôle écrit de 3h, tous documents autorisés

Note = MAX(0,4xBE+0,6xCF, CF)



## EN1201

### Mécanique des Fluides

**Responsable** : Ronan Vicquelin

**Langue d'enseignement** : anglais – **Heures** : 36 – **ECTS** : 3

**Prérequis** : Calcul différentiel et intégral, analyse vectorielle ; réservé par principe aux étudiants étrangers ne parlant pas le français

**Période** : S6 Électif 01 février à avril IN16DE1, SEP6DE1  
S8 Électif 08 février à avril IN28IE1, SEP8IE1

#### Objectifs

La mécanique des fluides a connu un essor remarquable avec des applications dans des secteurs clés : énergie, environnement, aéronautique, spatial, automobile, procédés d'élaboration des matériaux. Des développements remarquables ont été réalisés dans le domaine de la bio-ingénierie en combinant l'étude des écoulements dans des organes aussi essentiels que le cœur et les poumons et le cerveau avec les nouvelles méthodes d'imagerie du corps humain. Le changement climatique global et l'évolution de l'environnement atmosphérique et océanique sont pour une bonne part des problèmes de mécanique des fluides. On trouve encore la mécanique des fluides en association avec les autres sciences de l'ingénieur lorsqu'on cherche à développer de nouvelles technologies pour l'utilisation des ressources fossiles plus efficaces et moins polluantes. Par exemple, la réduction du bruit des avions, l'augmentation du rendement de propulsion, la réduction des émissions polluantes passent par la résolution de problèmes de mécanique des fluides, d'aéroacoustique, de combustion et de beaucoup de sciences connexes. Pour résoudre les grands défis du 21<sup>ème</sup> siècle, il faudra réaliser des développements importants et passionnants, dans tous les domaines de la technologie, santé et environnement. Dans ce contexte une bonne compétence en mécanique des fluides est un atout pour l'avenir et cette matière est essentielle à la formation d'ingénieurs de haut niveau.

Les objectifs de l'enseignement sont :

- ◇ Permettre une compréhension opérationnelle des aspects essentiels pour être acteur du progrès dans ce domaine.
- ◇ Entraîner à la résolution de problèmes (« problem solving ») sur des études de cas d'intérêt pratique.
- ◇ Faire partager notre passion pour la mécanique des fluides et ses applications.

#### Compétences acquises en fin de cours

A l'issue de cet enseignement, les élèves auront acquis une connaissance de la physique des écoulements, des capacités (1) à faire des approximations et des estimations d'ordres de grandeur, (2) à modéliser des phénomènes complexes, à simplifier les modèles et à utiliser les bilans fondamentaux pour résoudre des problèmes d'ingénieur, (3) opérationnelle utilisables dans un contexte technique concurrentiel. Ils seront en mesure d'apporter des solutions concrètes à des problèmes d'ingénieur (« problem solving competence »).

#### Contenu

- ◇ Séance 1 : Place de la mécanique des fluides dans le monde actuel (technologie, environnement, santé). Objectifs, organisation et méthodes de travail. Concept de milieu continu. Types d'écoulements. Méthodes générales de résolution des problèmes de Mécanique des Fluides. Systèmes matériels et description du mouvement. Vitesse et accélération. Visualisation des écoulements. Théorèmes de transport. Equation de bilan de masse. Description des mélanges d'espèces.
- ◇ Séance 2 : Phénomène de diffusion et bilans d'espèces. Taux de déformation et contraintes dans un fluide. Bilan de quantité de mouvement. Equations d'Euler, de Navier- Stokes, de Bernoulli.

- ◇ Séance 3 : Bilans d'énergies. Ecoulements unidimensionnels. Bilan d'énergie mécanique. Estimation des pertes de charges régulières et singulières.
- ◇ Séance 4 : Bilans macroscopiques. Théorème des quantités de mouvement et du moment angulaire. Applications aux turboréacteurs et moteurs fusées.
- ◇ Séance 5 : Analyse dimensionnelle et estimations a priori. Théorème Pi. Similitude et exemples d'applications.
- ◇ Séance 6 : Théorie de la couche limite. Echelles caractéristiques de la couche limite. Décollement et transition. Couche limite laminaire.
- ◇ Séance 7 : Résolution des équations de la couche limite. Equation intégrale de Karman. Effets de gradients de pression.
- ◇ Séance 8 : Ecoulements turbulents. Caractéristiques de la turbulence. Cascade de Kolmogorov. Estimation d'échelles. Traitement statistique des équations du mouvement (équations de Reynolds). Introduction à la modélisation et à la simulation de la turbulence.
- ◇ Séance 9 : Ecoulements compressibles. Ecoulements isentropiques de gaz réels et parfaits. Effets des changements de section. Equations fondamentales. Tables d'écoulements isentropiques.
- ◇ Séance 10 : Physique des ondes de choc. Analyse des chocs droits. Relations de saut au travers d'un choc. Tables de choc. Perturbations faibles des écoulements compressibles.
- ◇ Séance 11 : Régimes d'écoulement dans les tuyères convergentes-divergentes. Souffleries.
- ◇ Séance 12 : Contrôle final écrit (3h). Application des équations de bilan à la résolution de problèmes d'écoulements de fluides incompressibles et compressibles.

### Organisation du cours

Cours et ateliers de résolution de problèmes : 33h, Contrôle final : 3h

### Support

- ◇ S. Candel (2001) Mécanique des fluides, Dunod Paris.
- ◇ S. Candel, (sous la direction de) (1995) Mécanique des fluides, problèmes résolus. Dunod, Paris
- ◇ Polycopiés (cours et problèmes)

### Évaluation

- ◇ 1 Bureau d'Etudes (obligatoire) : contrôle écrit de 1h30 en présence des assistants, tous documents autorisés
- ◇ 1 Contrôle Final (obligatoire) : contrôle écrit de 3h, tous documents autorisés

Note = MAX(0,4xBE+0,6xCF, CF)

# EN1300

## Thermodynamique appliquée

**Responsable** : Didier Jamet

**Langue d'enseignement** : français – **Heures** : 15 – **ECTS** : 1

**Prérequis** : Aucun

**Période** : S6 entre février et juin IN16COM, SEP6COM

### Objectifs

- ◇ Interprétation physique des notions fondamentales de la thermodynamique : énergies, entropie, premier et second principe
- ◇ Bilan de masse, d'énergie et d'entropie des systèmes ouverts
- ◇ Comprendre la notion d'exergie
- ◇ Comprendre et étudier les cycles thermodynamiques en tant que système de conversion d'énergie

### Compétences acquises en fin de cours

- ◇ Comprendre pourquoi et comment fonctionnent les grandes installations énergétiques classiques
- ◇ Savoir analyser leurs performances
- ◇ Savoir déterminer les sources d'amélioration

### Contenu

- ◇ Conditions d'équilibre thermodynamique
- ◇ Equations d'état et diagrammes thermodynamiques
- ◇ Equations macroscopiques de bilan de masse, d'énergie et d'entropie pour un système ouvert en évolution instationnaire
- ◇ Principaux systèmes de conversion d'énergie et leur optimisation

### Organisation du cours

Amphis : 6h, Petites Classes : 7h30, Contrôle : 1h30

### Support

Polycopié

### Évaluation

Contrôle final écrit de 1h30 avec documents et calculatrice

## EN1400

### Modélisation et simulation de la combustion

**Responsable** : Nasser Darabiha

**Langue d'enseignement** : anglais\* – **Heures** : 36 – **ECTS** : 3

**Prérequis** : Thermodynamique, mécanique des fluides, transferts thermiques et massiques

**Période** : S8 Électif 10 février à juin IN28IE3, SEP8IE3

#### Objectifs

Le cours introduit dans un premier temps les concepts fondamentaux de la combustion. Ces notions sont utilisées par l'ingénieur pour comprendre et concevoir les systèmes de combustion industriels dans une grande variété de secteurs liés à l'énergie : aéronautique, automobile, production d'énergie, sidérurgie. En parallèle de l'apprentissage des fondamentaux, nous aborderons la modélisation de la combustion. Les étudiants utiliseront, dans le cadre de travaux dirigés, des outils de simulation numérique pour prédire les performances des systèmes réactifs (efficacité de combustion, formation de polluants). Enfin, la simulation numérique d'un four industriel sera réalisée sous la forme d'un mini-projet avec le logiciel industriel Fluent.

#### Compétences acquises en fin de cours

Estimation rapide des ordres de grandeur « à la main » d'une température de fin de combustion et de la composition des produits de combustion. Calcul des débits de combustible et comburant nécessaires pour assurer une puissance désirée Simulation de systèmes de combustion simplifiés (réacteurs, flammes 1D) Simulation d'écoulements réactifs turbulents avec un code de CFD commercial.

#### Contenu

- ◇ Introduction générale (6h) : généralités, cinétique de la combustion, rappel thermodynamique (Cours Magistral). Exemple de calcul de température de fin de combustion (TD papier). Calcul équilibre thermodynamique avec le code Chemkin (TD simulation numérique)
- ◇ Modèles 0D (3h) : équations (CM), simulations par le code Chemkin (TD SN).
- ◇ Flammes laminaires prémélangées (6h) : théorie (CM), simulation avec Premix (TD SN).
- ◇ Flammes laminaires de diffusion (3h) : théorie (CM), simulation avec Chemkin (TD SN).
- ◇ Introduction à la combustion turbulente (3h) : théorie (CM).
- ◇ Introduction à la simulation numérique sous Fluent (6h) : méthodologie (CM), tutorial du code Fluent (TD SN).
- ◇ Projet combustion. Modélisation four industriel (9h) : modélisation 0D, simulation par le code Fluent (TD SN).

#### Organisation du cours

Amphis : 12 h, Petites classes : 15h, Projet final : 9h

#### Support

- ◇ Polycopié : N. Darabiha, E. Esposito, F. Lacas et D. Veynante, Cours de combustion de l'Ecole Centrale Paris, 2004.
- ◇ K.K. Kuo, Principle of Combustion, John Wiley and Sons, 2005.
- ◇ T. Poinot and D. Veynante, Theoretical and Numerical Combustion, Edwards, 2005.

#### Évaluation

Contrôle continu mini-projets + Projet final

## EN1500 Ingénierie nucléaire

**Responsable** : Pascal Yvon

**Langue d'enseignement** : anglais\* – **Heures** : 36 – **ECTS** : 3

**Prérequis** : Aucun

**Période** : S8 Électif 09 février à avril IN28IE2, SEP8IE2

### Objectifs

- ◇ Présenter le fonctionnement global d'une centrale nucléaire électrogène, et les sciences ou techniques mises en œuvre, ainsi que les verrous technologiques à lever dans le cadre de réacteurs de nouvelle génération.
- ◇ Présenter le cycle du combustible (caractéristiques de l'uranium et d'autres combustibles nucléaires, et les industries et procédés en amont et en aval du cycle) et les solutions industrielles, théoriques et expérimentales pour la gestion des déchets nucléaires.

### Compétences acquises en fin de cours

Compréhension du fonctionnement des diverses filières nucléaires, de l'intérêt des divers réacteurs dans le mix énergétique futur, des avantages et inconvénients de l'énergie nucléaire comparée aux autres sources d'énergie, ainsi que des domaines où la recherche permettra de lever certains verrous technologiques et d'ouvrir de nouvelles options pour les futures stratégies réacteurs/cycles.

### Contenu

- ◇ Description du fonctionnement d'un réacteur à neutrons thermiques (REP). Présentation des différentes filières nucléaires.
- ◇ Aspects neutroniques : interactions neutron-matière, description des diverses réactions neutroniques, bilan neutronique et exploitation d'un coeur de réacteur.
- ◇ Aspects thermohydrauliques : fluide caloporteur (eau), problème de l'ébullition.
- ◇ Production d'électricité, interactions avec le réseau (équilibre production-consommation).
- ◇ Source froide et aspects environnementaux
- ◇ Matériaux (cuve, structures internes, combustibles). Comportement sous irradiation.
- ◇ Le cycle du combustible : ressources en uranium et activités minières, chimie de l'uranium (yellow cake, UF<sub>6</sub>, UO<sub>2</sub>), enrichissement, conception et fabrication de l'assemblage combustible, comportement en réacteur, retraitement, recyclage (RepU, MOx), transports radioactifs.
- ◇ Les déchets nucléaires : classification, traitement et diverses stratégies selon les pays ; focus sur les solutions pour les déchets de haute activité, radio-toxicité long terme, stockage long terme et géologique profond.
- ◇ Développements futurs : réacteurs de 4ème génération (notamment réacteurs à neutrons rapides), futurs cycles et combustibles nucléaires, thorium, transmutation, fusion.

### Organisation du cours

Cours : 18h, Petites classes : 15h, Contrôle : 3h

Une journée de visite de site nucléaire (EDF, AREVA et/ou CEA) peut être organisée hors emploi du temps

### Support

Transparents en anglais disponibles sur Claroline

**Moyens**

Enseignants : Pascal Yvon (CEA), Hervé Cordier (EDF), Jean-Luc Salanave (Areva)

**Évaluation**

Contrôle écrit de 3h sans documents

Ce contrôle portera sur 3 parties : reacteurs (40% de la note), cycle du combustible (40% de la note) et matériaux (20% de la note)

## EN1600

### Énergies renouvelables

**Responsable** : Jean-Claude Vannier

**Langue d'enseignement** : français – **Heures** : 36 – **ECTS** : 3

**Prérequis** : Connaissances de base en électricité, en thermique et en automatique

**Période** : S8 Électif 11 mars à juin IN28IE4, SEP8IE4

#### Objectifs

L'objectif de ce cours est de présenter les potentialités des systèmes utilisant les sources d'énergie renouvelable. La première partie est consacrée aux principaux dispositifs de production d'énergie à partir de sources renouvelables. La deuxième partie concerne l'intégration et la gestion de l'énergie au sein des systèmes de transport, d'utilisation et de distribution. Les éléments de conversion et de stockage utilisés dans ce cadre seront abordés.

#### Compétences acquises en fin de cours

- ◇ Maîtriser les particularités des différents éléments intervenant dans la génération, la conversion et la gestion de l'énergie d'origine renouvelable
- ◇ Comprendre les difficultés liées à l'intégration de ces moyens de production dans les réseaux électriques
- ◇ Résoudre des problèmes simples de dimensionnement de systèmes d'alimentation énergétique de sites à partir de sources renouvelables
- ◇ Évaluer les aspects économiques

#### Contenu

- ◇ Principaux moyens de production d'énergie à base de sources renouvelables. Éolien, solaire photovoltaïque (PV), solaire thermique, géothermique. Pompes à chaleur, biomasse, cycle de Rankin, biocarburants.
- ◇ Intégration et gestion de l'énergie. Intégration physique des énergies renouvelables dans les réseaux électriques. Économie de l'énergie renouvelable.
- ◇ Moyens de stockage, principes et mise en œuvre. Batteries, volants d'inertie, hydraulique.
- ◇ Filière hydrogène. Production, stockage, utilisation.
- ◇ Cas des réseaux isolés autonomes. Modélisation et dimensionnement des éléments. Gestion des flux d'énergie.

#### Organisation du cours

Amphis : 24h, Petites classes : 9h, Contrôle : 3h

#### Évaluation

Un examen écrit de 3h00. Tout document et ordinateur non communiquant autorisés.

# EN1700

## Éléments de neutronique et de physique des réacteurs nucléaires

**Responsable** : Richard Lenain

**Langue d'enseignement** : français – **Heures** : 36 – **ECTS** : 3

**Prérequis** : Aucun

**Période** : S8 Électif 10 février à juin IN28IE3, SEP8IE3

### Objectifs

L'objectif est de présenter les éléments de physique nucléaire et de neutronique dont la connaissance est indispensable pour comprendre la physique des réacteurs nucléaires. Ces bases permettront d'aborder la conception des réacteurs nucléaires et des installations du cycle du combustible nucléaire. La neutronique et les méthodes de résolution ne seront pas abordées de manière approfondie et pourront faire l'objet d'une spécialisation en troisième année. Ce cours peut être vu de façon complémentaire au cours EN1500.

### Compétences acquises en fin de cours

- ◇ Maîtriser les principales phases de la vie des neutrons dans un milieu multiplicateur et absorbant
- ◇ Comprendre et effectuer un bilan neutronique
- ◇ Connaître les éléments essentiels de la conception des réacteurs des principales filières nucléaires

### Contenu

1. Introduction générale (2h cours)
2. Éléments de physique nucléaire (4h cours + 4h PC)
  - ◇ Rappels : unités, atomes, masse, taille, nombre atomique, ...
  - ◇ Noyau : propriétés, modèles nucléaires (goutte, couche), vallée de stabilité, radioactivité, loi de la radioactivité, chaîne radioactive, réactions nucléaires, conservation (A,Z, énergie, moments), énergie de liaison.
  - ◇ Les différentes réactions binaires : bilans ; Q-value, fission, fusion ; produits de fission.
  - ◇ Réactions neutrons : scattering, capture, fission ; sections efficaces, libre parcours moyen.
  - ◇ Interaction neutron/matière : atténuation, sections microscopiques (classification des différents types d'interaction, diffusions, absorption résonnante, fission, rendements, ...), sections macroscopiques, taux de réaction, courant de neutrons, équation de bilan dans un milieu multiplicateur.
3. Principes des réacteurs nucléaires (5h cours + 9h PC)
  - ◇ Introduction à la neutronique : caractéristiques des principaux noyaux lourds (fissions thermiques),  $\eta$ , réaction en chaîne ; cycle de vie des neutrons dans un réacteur (formule des 4 facteurs), coefficient de température ; facteur de multiplication des neutrons, réactivité, condition critique.
  - ◇ Equation de la diffusion : établissement, équation de bilan ; condition critique, milieux homogènes finis ; coeur, réflecteur.
  - ◇ Cinétique des milieux multiplicateurs : équation de Nordheim, cas des petites et grandes réactivités.
  - ◇ Evolution du combustible : chaîne de l'U et du Th, cas du Pu et de l' $^{233}\text{U}$ , déchets, ...
4. Réacteurs nucléaires (4h cours + 6h PC)
  - ◇ Éléments d'histoire : des premiers réacteurs à la percée des REL



- ◇ Conception REP : démarche de conception et choix fondamentaux : modérateur, caloporteur, combustible, TD, accident de réactivité, pilotage.
- ◇ Présentation des autres différentes filières de réacteurs : REB, RNR-Na, réacteurs modérés au graphite, réacteurs expérimentaux.
- ◇ Méthode de calcul : principes et applicatio à l'équation de la diffusion à deux groupes.

## Organisation du cours

Amphis : 15h, Petites classes : 19h, Contrôle : 2h

## Support

Ouvrages de base :

- ◇ P. Reuss, Précis de neutronique, EDP Sciences
- ◇ P. Reuss, Exercices de neutronique, EDP Sciences
- ◇ J. Kenneth et al., Fundamentals of Nuclear Science and Engineering, CRC Press
- ◇ R. Barjon, Physique des réacteurs nucléaires, INSTN

Approfondissement :

- ◇ L. Valentin, Le monde subatomique, 2 tomes, Hermann
- ◇ S. G. Prussin, Nuclear Physics for Applications, Wiley-VCH
- ◇ P. Charles, Energie nucléaire, fusion et fission, Ellipses
- ◇ E. Bertel et G. naudet, L'économie de l'énergie nucléaire, EDP Sciences
- ◇ L. Patarin, Le cycle du combustible nucléaire, EDP Sciences
- ◇ P. Coppolani et al., La chaudière des réacteurs à eau sous pression, EDP Sciences

## Moyens

Enseignants : Eric Dumonteil, Richard Lenain, Anne Nicolas, Xavier Raepsaet (CEA)

## Évaluation

Contrôle final écrit de 2 h sans ordinateur, mais les documents fournis par les enseignants sont autorisés

## EN1920

### Activité expérimentale – Aérodynamique et Énergétique

**Responsable** : Laurent Zimmer

**Langue d'enseignement** : français ou anglais – **Heures** : 30 – **ECTS** : 2

**Prérequis** : Notions de bases en mécanique des fluides et transferts thermiques

**Période** : S5      novembre à décembre    IN15DXP, FEP5DXP

                 S6      entre février et juin            IN16DXP, SEP6DXP

#### Objectifs

Assurer un apprentissage méthodologique aussi proche que possible de la démarche du concepteur ou du chercheur : définition du problème, étude de la littérature sur le sujet, confrontation expérience/théorie montrant la nécessité de la rigueur expérimentale mais aussi la limite de la théorie, capacité à faire un bilan et à en tirer les perspectives, exposé des travaux et conception d'un poster.

Des expériences originales peuvent être proposées par les étudiants eux-mêmes.

#### Compétences acquises en fin de cours

Capacité à définir une problématique scientifique et à l'étudier par une approche expérimentale.

#### Contenu

Organisation des travaux effectués par les étudiants sur les 4 journées consacrées à cet enseignement :

- ◇ 1ère journée : Choix d'une plate-forme expérimentale parmi la liste ci-dessous. Après prise en main du matériel mis à disposition, les élèves devront faire le choix des phénomènes physiques à étudier et la recherche documentaire sur le sujet choisi. Ils devront ensuite proposer une série d'expériences et s'appuyer sur des approches théorique pour la validation du protocole expérimental et des objectifs avec l'aide d'un assistant.
- ◇ 2ème et 3ème journées : Réalisation du montage expérimental avec l'aide d'une équipe technique ; Expériences et acquisition des données ; Exploitation des résultats.
- ◇ 4ème journée : Présentation orale (15 minutes) ; Questions et discussion (15 minutes).
- ◇ Travail en dehors des séances : Rédaction d'un rapport écrit sous forme de poster.

Plate-formes expérimentales proposées :

- ◇ Essais en soufflerie (4 souffleries disponibles)
- ◇ Mesure de gradients d'indice optique par une méthode d'interférométrie
- ◇ Mesure de gradients d'indice optique par une méthode de strioscopie
- ◇ Mesure de température par thermocouple dans des ailettes
- ◇ Spectroscopie d'émission ou d'absorption

#### Organisation du cours

Travaux pratiques : 24h, Contrôle : 6h

#### Moyens

Le responsable du cours est aidé par deux techniciens et des assistants de laboratoire. Les techniciens réalisent les pièces nécessaires à l'expérience proposée par chaque groupe. Chaque assistant de laboratoire (ingénieur de recherche au CNRS ou étudiant en thèse au laboratoire EM2C) s'occupe de deux groupes simultanément. Son rôle est de s'assurer de la cohérence scientifique des projets et d'aider les étudiants à mener à bien leurs études.

## Évaluation

L'évaluation est obtenue par la moyenne des notes suivantes

- travail expérimental : coef 2
- soutenance orale : coef 1
- document écrit : coef 1
- comportement : coef 1

## EN2910 Aircraft Design

**Responsable** : Didier Breyne

**Langue d'enseignement** : anglais – **Heures** : 36 – **ECTS** : 3

**Prérequis** : Aucun

**Période** : S8 Électif 13, semaine réservée 1 13 au 17 avril IN28IS1, SEP8IS1

S8 Électif 13, semaine réservée 2 18 au 22 mai IN28IS2, SEP8IS2

### Objectifs

L'objectif de ce cours est de faire découvrir les différentes étapes du processus de design d'un avion, à la fois d'un point de vue théorique et d'un point de vue pratique. Les méthodes types utilisées dans les bureaux d'étude seront présentées, puis appliquées au design d'un avion choisi par l'étudiant. Cette formation permet aux étudiants d'acquérir les connaissances et techniques qui leur permettront de définir très rapidement les caractéristiques principales et le dimensionnement d'un avion.

### Contenu

Lorsqu'une équipe s'engage à dessiner un nouvel avion ou à modifier un avion existant, le projet suit toujours le même schéma. Le processus commence par une analyse de marché et des produits existants. Viennent ensuite les phases de design conceptuel, design préliminaire et design de détail avant d'envoyer les dessins à l'atelier qui réalise un prototype. Plusieurs itérations sont bien sûr nécessaires à chaque étape avant de passer à l'étape suivante.

Le cours commence par une approche de design plus ou moins globale ou synthétique avant d'entrer plus avant dans les détails. Nous irons du concept de base jusqu'à l'optimisation complète, en commençant par des paramètres issus de données statistiques simples pour aller progressivement vers l'utilisation d'algorithmes sophistiqués.

Les étudiants apprennent dans ce cours à :

- ◇ Définir le plan et la configuration du nouvel appareil
- ◇ Estimer le poids à vide et le poids maximal au décollage
- ◇ Calculer la charge d'ailes
- ◇ Estimer la portance et la traînée
- ◇ Estimer les performances (décollage, montée, croisière, atterrissage)
- ◇ Analyser la stabilité et le contrôle de l'appareil
- ◇ Calculer les charges appliquées
- ◇ Sélectionner les matériaux structurels
- ◇ Estimer les coûts (design, production, opérations)

Les concepts généraux présentés dans ce cours s'appliquent non seulement aux avions, mais aussi à la conception et au développement de nombreux autres produits ou services.

### Organisation du cours

Ce cours peut être suivi sur la première ou la deuxième semaine dédiée (mars ou mai). Les étudiants qui suivent le cours en mars devront suivre le module SH3300 « Créativité et innovation » en mai. Ceux qui suivent le cours en mai auront le choix entre tous les modules SHS de mars.

### Évaluation

L'évaluation se fera par :

- ◇ Un test écrit d'une durée d'une heure, sans document, qui se fera lors de la dernière journée de cours.

- ◇ Un rapport relatif au projet de modélisation d'avion qui devra être communiqué au plus tard 1 semaine après la fin du cours.

# EN2930

## Ingénierie de systèmes complexes : Application aux moteurs automobiles

**Responsable** : Axel Coussement

**Langue d'enseignement** : français – **Heures** : 36 – **ECTS** : 3

**Prérequis** : Aucun

**Période** : S8 Électif 13, semaine réservée 2 18 au 22 mai IN28IS2, SEP8IS2

### Objectifs

Ce cours a pour objectif de présenter les bases du fonctionnement d'un moteur à piston, des contraintes technologiques et industrielles liées à leurs dessins ainsi que l'organisation de l'industrie automobile : Pourquoi si peu de constructeurs automobiles ? Pourquoi un moteur essence consomme plus ? Comment sont traités les polluants ? Quels matériaux sont utilisés et pourquoi ? ...

Les mini-projets permettront de comprendre comment, avec des lois simples et des règles métiers, des systèmes complexes peuvent être pré-dimensionnés permettant ainsi de jeter une base qui sera optimisée par la suite jusqu'au véhicule final.

### Compétences acquises en fin de cours

Principe de fonctionnement d'un moteur à piston, calcul de dynamique d'un véhicule, principe de contrôle moteur flex-fuel, contraintes de dimensionnement d'un groupe motopropulseur, formulation et compréhension d'un cahier des charges véhicule.

### Contenu

Ces dernières décennies les moteurs automobiles ont connus une forte évolution : l'électronique d'une part et, plus récemment le développement de nouvelles architectures (hybride, down-sizing, etc.). Ils sont devenus des machines extrêmement complexes dont la conception fait appel à quasi toutes les disciplines de l'ingénieur : électronique, mécanique, combustion, chimie, science des matériaux, gestion de production etc ...

Après une introduction générale aux moteurs à piston, leur fonctionnement mais surtout les contraintes industrielles et économiques liés à l'industrie automobile, le cours proposera d'effectuer :

- ◇ une pré-étude du système de gestion électronique du véhicule pour une conversion au bio-carburant.
- ◇ un choix et pré-dimensionnement du moteur et de ses accessoires (refroidissement, boîte de vitesse, hybridation ... ) dans le but d'atteindre les performances prescrites.

Ces deux études se baseront sur des cas de vie concrets vécus en industrie et mettront en évidence les moyens utilisés pour pré-dimensionner des systèmes complexes.

### Organisation du cours

Le cours est divisé à 50% en cours oral et 50% projets permettant d'illustrer les concepts vus au cours oral.

### Support

PDF des slides utilisés durant le cours.

### Évaluation

L'évaluation consiste en un examen écrit avec les notes de cours ainsi qu'une évaluation du projet effectuée durant le cours.

## **Technologies de l'information, Systèmes avancés**

# IS1110

## Systèmes d'information

**Responsable :** Guillaume Mainbourg

**Langue d'enseignement :** anglais\* – **Heures :** 20 – **ECTS :** 2.5

**Prérequis :** Aucun

**Période :** S5 entre septembre et janvier IN15COM, FEP5COM

### Objectifs

- ◇ Comprendre le fonctionnement d'un ordinateur et des réseaux pour mieux les utiliser
- ◇ Fournir des méthodes de base pour comprendre et construire l'architecture des systèmes informatiques d'une entreprise
- ◇ Entrevoir quelques aspects « avancés » de l'informatique et les métiers possibles
- ◇ Mieux appréhender l'architecture des systèmes d'information d'une entreprise en travaillant sur des études de cas

### Contenu

#### Modélisation

- ◇ Objectifs : Comprendre les bases de la modélisation des données, apprendre une méthodologie pour concevoir une base de donnée fiable et cohérente, manipuler les données à l'aide de requêtes SQL.
- ◇ Contenu : Modélisation des données, bases de données relationnelles, SQL

#### Bases informatiques

- ◇ Objectifs : Présenter les principaux composants d'un ordinateur (dont processeur, mémoire, disque dur), décrire les grands algorithmes d'ordonnancement et le fonctionnement d'un programme, comprendre les limitations d'un ordinateur, comprendre les enjeux de la sécurité des systèmes d'information et les principales solutions, connaître les grandes tendances de l'industrie informatique
- ◇ Contenu : Architecture et fonctionnement des ordinateurs, systèmes d'exploitation, brève histoire de l'informatique et de son industrie, sécurité

#### Réseaux

- ◇ Objectifs : Comprendre les principes de base des réseaux et les principales architectures réseau pour en faire le meilleur usage possible aujourd'hui et se préparer à utiliser de façon efficace les systèmes que les étudiants rencontreront dans leur environnement professionnel, être capable d'échanger avec des spécialistes en tant qu'utilisateur ou chef de projet.
- ◇ Contenu : Principes de base des réseaux, architecture des réseaux IT, architecture des réseaux de télécoms, convergence

### Organisation du cours

Amphis : 9h, Petites classes : 10h30

### Support

Polycopié et Intranet : <http://cours.etudes.ecp.fr/claroline/course/index.php?cid=S11>

### Moyens

Tous les intervenants dans ce cours ont une activité principale en entreprise, du professeur responsable aux assistants pour les petites classes, ce qui renforce le lien de cette matière avec les véritables besoins des entreprises et solutions mises en oeuvre. L'équipe des assistants est complétée par des élèves de 2ème et 3ème année, qui ont eu une très bonne



note dans cette matière et qui présentent des qualités pédagogiques pour animer une petite classe

## **Évaluation**

Contrôle final écrit de 1h30, sans documents, sans ordinateur

# IS1210

## Algorithmique et Programmation

**Responsable** : Pascale Le Gall, Céline Hudelot

**Langue d'enseignement** : français – **Heures** : 24 – **ECTS** : 2.5

**Prérequis** : Aucun

**Période** : S5 entre septembre et janvier IN15COM, FEP5COM

### Objectifs

- ◇ Acquérir les bases de la programmation impérative
- ◇ Structurer les données informatiques à l'aide de types de données (listes, piles, files, arbres, graphes)
- ◇ Concevoir et analyser des algorithmes de base

### Compétences acquises en fin de cours

- ◇ Connaissances des principales caractéristiques des langages informatiques (structures de contrôle et types prédéfinis, performances, structuration du code)
- ◇ Analyser un problème afin de le modéliser et implémenter à l'aide d'un programme informatique

### Contenu

- ◇ Introduction aux constructions des langages impératifs
- ◇ Introduction à l'algorithmique (fonctions et procédures itératives et récursives) et aux notions de bases de la complexité temporelle et spatiale
- ◇ Notions de types de données et présentations des principaux types de données (listes, piles, files, arbres et graphes)
- ◇ Algorithmes de base (recherche, parcours) associés aux différents types de données

Le langage de programmation utilisé est Python.

### Organisation du cours

Amphis : 6h, Petites classes et Travaux pratiques : 21h

### Support

Un polycopié en français, ainsi que la copie des diapositives diffusées en cours seront fournis

### Évaluation

Un contrôle final (CF) écrit de trois heures, les documents et l'ordinateur n'étant pas autorisés.

La présence en petite classe (PC) est obligatoire. Trois appels seront organisés sur l'ensemble des PC.

La présence constatée lors des 3 appels confère 1 point de bonus à la note de CF, tandis que l'absence constatée à deux des 3 appels confère 1 point de malus à la note de CF.

## IS1220

### Génie logiciel avec objets et composants

**Responsable :** Paolo Ballarini

**Langue d'enseignement :** anglais – **Heures :** 36 – **ECTS :** 3

**Prérequis :** Avoir suivi le cours IS1210 ou équivalent. Algorithmique et programmation

<b>Période :</b>	S6	Électif 01	février à avril	IN16DE1, SEP6DE1
	S7	Électif 02	septembre à décembre	IN27DE2, FEP7DE2
	S8	Électif 08	février à avril	IN28IE1, SEP8IE1

#### Objectifs

Ce cours est une introduction à la conception et à la réalisation des systèmes logiciels à base de composants. Il s'appuiera sur la programmation orientée-objet (POO). Ce cours comprendra alors une première partie d'introduction aux concepts de base de la POO (objet, classe, encapsulation, héritage, polymorphisme, etc.) suivi par une seconde partie dédiée à l'apprentissage des techniques (design patterns) dédiées à la conception/développement de programmes dits flexibles (i.e. programmes qui peuvent être étendus/modifiés facilement). Le cours est basé sur le langage de programmation JAVA et sur l'environnement de développement (Integrated Development Environment, IDE) ECLIPSE.

Il sera également présenté une introduction à la modélisation de haut niveau des systèmes (outils de spécification participant donc au processus du génie logiciel). En particulier le cours comprendra une introduction au langage « Unified Modeling Language » (UML), langage qui fournit des notations pour la conception des systèmes logiciels indépendamment d'un langage de programmation visé.

Plus spécifiquement, les objectifs du cours sont résumés par les points suivants:

1. 1. POO concepts de base: concepts de base de la programmation orientée objet, les classes, les objets, les messages, la pensée par classes; héritage des classes et sous-classes; motivation: pourquoi OOP est important et comment il diffère de la non-POO.
2. Elements de base du langage JAVA: aperçu de la technologie JAVA, types de données, les variables, les arrays, les opérateurs, les instructions de contrôle de flux. Classes et objets: la déclaration d'une classe; les constructeurs de classe; les variables de classe, les méthodes de classe, la création et l'utilisation d'objets.
3. Interfaces: qu'est-ce que c'est une interface (motivation), comment déclarer une interface; interface comment un type. Héritage: superclasse et sous-classe, héritage de méthodes dans une sous-classe, remplacement et cache des méthodes; polymorphisme; les méthodes abstraites et les classes abstraites.
4. La gestion des exceptions: qu'est-ce que c'est une exception? (gestion des erreurs dans le code Java). Capture et manipulation des exceptions (les «try», «catch», «throw» les blocs); Avantages des exceptions.
5. Operations de Entree/Sortie (Input/Output) en JAVA : I / O à partir de fichiers ; I/O continu sur octets / caractères ; I/O à partir de la ligne de commande ;
6. Principes de base de la programmation concurrente. Programs concurrents en Java: les programmes multi-thread: Définition et exécution des threads ; interférence entre threads, la synchronisation;
7. Principes de base de la programmation reseau (modele Client-Server). Realisation de programmes Client-Server en JAVA
8. Introduction aux langage de modelisation UML, diagrammes de classes, modelisation des programmes OO avec les diagrammes de classes

#### Compétences acquises en fin de cours

L'étudiant sera en mesure de développer, tester et déboguer du code Java à travers un IDE (par exemple Eclipse ou autre). L'étudiant aura également acquis une connaissance générale de la programmation orientée objet, d'où il / elle sera en mesure d'appliquer la philosophie de développement OO en général à toute question de développement de logiciels.

Les connaissances acquises dans ce cours sera également fondamentale pour les étudiants qui souhaitent prendre le Module est de 1250 («tablette de Programmation»), qui exige une bonne connaissance des bases du langage Java.

## Support

Toutes les supports du cours seront en anglais. Il s'agira notamment: les transparents de chaque séance du cours, les exercices des TP/TD. Les étudiants seront également visée à du matériel supplémentaire, comme: des tutoriels JAVA en ligne. Nous faisons référence à plusieurs livres de support, notamment : «Thinking in Java», par Bruce Eckel (également disponible en ligne au format PDF), « Effective JAVA », par Joshua Bloch, « UML for Java programmers » par R.C. Martin.

## Évaluation

Examen écrit durée 3h + Projet JAVA noté (ca sera fait pendant le cours et le TPs).

# IS1230

## Introduction aux bases de données

**Responsable** : Nicolas Travers

**Langue d'enseignement** : français – **Heures** : 36 – **ECTS** : 3

**Prérequis** : Avoir suivi le cours IS1210 ou équivalent. Une introduction aux systèmes d'informations (comme IS1110) est utile mais non requise.

**Période** : S7 Électif 03 septembre à novembre IN27DE3, FEP7DE3

### Objectifs

Dans le prolongement de l'introduction aux bases de données relationnelles effectuée dans le cours de SI de première année, il s'agit d'appréhender l'ensemble du périmètre de l'interaction avec une Base de Données. Le cours s'orientera principalement sur la pratique d'une Base de Données, aussi bien sur sa création (modèle E/A), son interrogation (SQL), sa programmation (PL/SQL), le contrôle de son intégrité (Trigger), de la concurrence d'accès (transactions) et des interactions extérieures via une application (JDBC). Grâce à ces différentes notions, l'étudiant pourra mener de bout en bout la conception d'un Système d'Information orienté Base de Données.

### Compétences acquises en fin de cours

- ◇ Savoir construire une base de données adaptée
- ◇ Savoir manipuler une base de données à l'aide du langage SQL et des langages de programmation
- ◇ Comprendre les mécanismes internes des Systèmes de Gestion de Bases de Données

### Contenu

- ◇ Modélisation des données, modèle entité-association
- ◇ Transformation d'un modèle conceptuel en schéma relationnel
- ◇ Présentation de l'algèbre relationnelle
- ◇ Contraintes d'intégrité, contraintes d'assertions
- ◇ Le langage SQL (Data Definition Language, Data Manipulation Language), mise en pratique avec MySQL
- ◇ PL/SQL : programmation dans un SGBD
- ◇ Trigger : maintenir la cohérence de la base avec les déclencheurs
- ◇ Utilisation d'un SGBD à partir d'un langage de programmation (Java, PHP, Python, C, etc.)
- ◇ Concurrence d'accès dans un SGBD

### Organisation du cours

Cours : 10h30, petites classes : 03h, TP : 19h30, Contrôle : 2h

### Support

Polycopié du cours, manuels de référence MySQL, études de cas

### Évaluation

L'évaluation sera basée sur un TP noté sur la première partie du cours (30%) et le contrôle final (70%) examen de 2h.

# IS1240

## Calcul intensif pour les sciences de l'ingénieur et la finance

**Responsable** : Frédéric Magoulès

**Langue d'enseignement** : anglais\* – **Heures** : 36 – **ECTS** : 3

**Prérequis** : Notions de base en algèbre linéaire et en programmation

**Période** : S8 Électif 11 mars à juin IN28IE4, SEP8IE4

### Objectifs

- ◇ Comprendre les enjeux et les difficultés de la simulation numérique intensive dans tous les domaines de la recherche et du développement
- ◇ Former des généralistes qui sauront inventer, intégrer et utiliser les nouvelles technologies pour construire des systèmes d'information internationaux répondant aux besoins scientifiques intensifs des entreprises

### Compétences acquises en fin de cours

- ◇ Méthodologie d'algorithmique parallèle et distribuée
- ◇ Méthodes directes et itératives adaptées au calcul scientifique intensif

### Contenu

- ◇ Architecture des calculateurs : différents types de parallélisme, architecture mémoire.
- ◇ Parallélisation et modèles de programmation : parallélisation, critères de performance, parallélisme de données, vectorisation, tâches communicantes
- ◇ Algorithmique parallèle : algorithmes parallèles pour les récurrences, localisation et distribution - produit de matrices
- ◇ Méthodes directes de résolution de grands systèmes linéaires : principe de la décomposition LU, factorisation de Gauss, factorisation de Gauss-Jordan, factorisation de Crout et de Cholesky pour des matrices symétriques.
- ◇ Factorisations parallèles des matrices pleines et des matrices creuses : factorisation par blocs, mise en oeuvre de la factorisation par blocs dans un environnement de programmation par échanges de messages, structure de la matrice factorisée, factorisation symbolique et renumérotation, arbre d'élimination, arbre d'élimination et dépendance, bisections emboîtées.
- ◇ Méthodes itératives de résolution de grands systèmes linéaires : méthode de Lanczos, méthode du gradient conjugué, méthode GMRES, ORTHODIR, etc.
- ◇ Parallélisation des méthodes de Krylov : parallélisation du produit matrice-vecteur plein, parallélisation du produit matrice-vecteur creux par ensemble de points, par ensemble d'éléments.

### Organisation du cours

Amphis : 18h, Petites classes : 9h, Travaux pratiques : 9h

### Évaluation

Projet avec rapport écrit et soutenance orale + contrôle final écrit

# IS1250

## Programmation pour dispositifs mobiles

**Responsable** : Adel Amri

**Langue d'enseignement** : français ou anglais – **Heures** : 36 – **ECTS** : 3

**Prérequis** : Avoir suivi le cours IS1220 ou équivalent. Avoir suivi le cours IS1220 ou un cours de programmation en JAVA équivalent.

**Période** : S8 Électif 11 mars à juin IN28IE4, SEP8IE4

### Objectifs

L'objectif principal du cours est la conception, réalisation, et déploiement d'une application à destination des dispositifs mobiles (tablettes, smartphones) avec la plate-forme Android. Le développement d'applications sous iOS sera présenté de façon succincte (sous forme de tutorial).

### Compétences acquises en fin de cours

- ◇ Programmation Java sur plate-forme Android
- ◇ Interfaces Graphiques
- ◇ Conception et implémentation orientées services

### Contenu

- ◇ Introduction : contexte et présentation des différentes plate-formes de développement sur mobile.
- ◇ Présentation de la plate-forme Android : architecture de la plate-forme, installation du SDK Android sous Eclipse.
- ◇ Cycle de vie d'une application Android : structuration interne et architecture d'une application Android (*Building Blocks, Activity, Broadcast, Receivers, Content Providers, Services*).
- ◇ Outils de communication des smart-phones et tablettes : *Intents, Intent Filters, Pending Intents*, communication inter processus.
- ◇ Interfaces graphiques : modèle MVC et gestion des événements (*Android User Interface Toolkit (widgets, menus, dialog box, action bar, etc), Layout, Input Events, Touch Gesture*).
- ◇ Réutilisation et interopérabilité
- ◇ Exploitation des ressources matérielles disponibles : capteurs de position, GPS, caméra, écran tactile, etc.
- ◇ Interfaçage entre applications natives et applications Web.
- ◇ Services orientés multimédi
- ◇ Sécurisation des applications Android

### Organisation du cours

Cours : 18h, Exercices : 18h

Intervenants : Adel Amri, Philippe Livosli

Deux classes de 20 étudiants chacune seront enseignées en parallèle, une en français, l'autre en anglais.

### Support

- ◇ Copies des transparents
- ◇ Sujet de projets et de TP

## Évaluation

L'évaluation des élèves se fera sur la base de la réalisation d'une application sous Android (travail sera effectué en binôme ou en individuel, à partir de sujets de projets ou de travaux pratiques) et d'un examen de connaissances sous forme de QCM.



## IS1260

### Projet de développement logiciel

**Responsable** : Yolaine Bourda

**Langue d'enseignement** : français – **Heures** : 16 – **ECTS** : 1

**Prérequis** : Avoir suivi le cours IS1210 ou équivalent.

**Période** : S6 entre février et juin IN16COM, SEP6COM

#### Objectifs

- ◇ renforcer les bases algorithmiques et de modélisation
- ◇ acquérir une compétence de mise en oeuvre de développement logiciel
- ◇ mettre en oeuvre cette compétence sur des problématiques d'ingénieur

#### Compétences acquises en fin de cours

A la fin du cours, les élèves seront capable d'appréhender un problème d'ingénieur en mettant en place une modélisation et un développement logiciel pour résoudre le problème posé.

#### Contenu

Projet

#### Organisation du cours

Projet

#### Moyens

Cette activité pilotée par le département TISA implique des enseignants de plusieurs départements.

#### Évaluation

L'évaluation est basée sur le projet rendu par les élèves.

# IS1310

## Théorie des graphes pour l'informatique : algorithmes et applications

**Responsable** : Wassila Ouerdane

**Langue d'enseignement** : français – **Heures** : 36 – **ECTS** : 3

**Prérequis** : Avoir suivi le cours IS1210 ou équivalent.

**Période** : S6 Électif 01 février à avril IN16DE1, SEP6DE1  
S8 Électif 08 février à avril IN28IE1, SEP8IE1

### Objectifs

Les graphes constituent un outil mathématique fondamental de la Recherche Opérationnelle. Ils permettent la modélisation de systèmes extrêmement variés et complexes. L'objectif de ce cours est, d'une part, d'approfondir les connaissances de théorie des graphes et d'algorithmique dans les graphes et, d'autre part, de se familiariser avec les grands problèmes de graphes, leur résolution et leurs domaines d'applications. L'accent est mis non seulement sur la maîtrise des concepts et notions relevant de la théorie des graphes mais aussi sur les techniques informatiques qui leur sont liées.

### Compétences acquises en fin de cours

Modélisation et résolution d'un problème à l'aide de l'algorithmique des graphes

### Contenu

1- Préambule:

- ◇ optimisation, programmes mathématiques: un aperçu.
- ◇ Quelques rappels sur la notion de complexité pour les algorithmes.

2- Introduction: concepts et notions de base en graphes

3- Les problèmes du plus court chemin (définitions, théorèmes, algorithmes, complexité et applications)

4- Les problèmes de colorations

5- Les problèmes de l'arbre de poids minimum

6- Les problèmes de flots dans les réseaux de transport

7- Une introduction aux problèmes d'ordonnement.

8- Une introduction à la programmation mathématique (linéaire)

### Organisation du cours

Cours magistral suivi: de travaux dirigés qui ont pour but de mettre en application les notions vues en cours à travers divers exercices (théoriques ou appliqués à des réalités) et de travaux pratiques notés qui ont pour but de mettre en oeuvre à travers la programmation (en langage python) les notions vues en cours.

### Support

Slides (power point) et des séries de TD et TP

### Moyens

Wassila Ouerdane (Enseignant chercheur au laboratoire Génie Industriel)

Céline Hudelot (Enseignant chercheur au Laboratoire de Mathématiques appliqués aux systèmes.)

### **Évaluation**

Contrôle Intermédiaire sous le forme de projet (en binome ou trinome) avec une soutenance à la fin du cours.

Contrôle finale obligatoire de 3h à la fin du cours.

Règle: la note sera composée de: note du TP, note du projet et la note du contrôle final.

# IS1350

## Logique mathématique pour l'informatique

**Responsable** : Marc Aiguier, Pascale Le Gall

**Langue d'enseignement** : français – **Heures** : 36 – **ECTS** : 3

**Prérequis** : Aucun

**Période** : S8 Électif 10 février à juin IN28IE3, SEP8IE3

### Objectifs

Savoir aborder la modélisation « discrète » d'un problème donné en vue de son implantation informatique et avoir compris les outils formels utiles pour analyser les modèles discrets.

### Compétences acquises en fin de cours

Ce cours permet d'appréhender les fondements sous-jacents aux outils informatiques liés à la thématique générale du « développement de logiciels sûrs » tels que les assistants à la preuve (e.g. prouveur COQ), les outils d'aide à la conception des systèmes informatiques (méthode B), les outils d'analyse de code, de génération de tests,...

### Contenu

Démonstration automatique

- ✧ Logique propositionnelle et des prédicats (syntaxe, sémantique, démonstration, théorème de Church, théorème de Gödel)
- ✧ Algorithme de semi-décision (modèle de Herbrand)
- ✧ Démonstration automatique (calcul des séquents de Gentzen, élimination des coupures)

Evaluation symbolique ou calcul

- ✧ Logique équationnelle
- ✧ Raisonnement algébrique
- ✧ Réécriture algébrique
- ✧ Prototypage rapide
- ✧ Extensions (réécriture de graphes, automates cellulaires)

Programmation Logique

- ✧ Clauses (formes prénexes, skolémisation)
- ✧ Résolution
- ✧ Prolog : programmation logique
- ✧ Satisfaction de contraintes
- ✧ Programmation logique avec contraintes

### Organisation du cours

Alternance entre cours magistral et séances de pcs.

### Support

Polycopié du cours (en français) et énoncé des pcs.

### Évaluation

L'évaluation se fera au moyen d'un examen final de 3 heures. Les documents de cours (polycopié, matériel des pcs) sont autorisés.

Un travail personnel sous la forme d'un projet ou d'une lecture d'article pourra être demandé.

## IS1410

### Ingénierie numérique et collaborative

**Responsable** : Pascal Morenton, Laurent Cabaret

**Langue d'enseignement** : français – **Heures** : 36 – **ECTS** : 3

**Prérequis** : Aucun

**Période** : S6 Électif 01 février à avril IN16DE1, SEP6DE1  
S7 Électif 02 septembre à décembre IN27DE2, FEP7DE2

#### Objectifs

Présenter les principaux concepts, outils et méthodologies de l'ingénierie numérique et collaborative ; Présenter les pratiques actuelles et les mutations en cours dans ce domaine ; Permettre aux élèves de traiter une étude de cas pour laquelle ils devront réaliser un travail d'ingénierie pluridisciplinaire.

#### Compétences acquises en fin de cours

- ◇ Mener une étude d'avant-projet dans un contexte pluridisciplinaire et en connaître les points clés
- ◇ Mettre en oeuvre des outils et méthodes d'ingénierie numérique et collaborative

#### Contenu

- ◇ Travail collaboratif synchrone et asynchrone
- ◇ Ingénierie concourante et intégrée
- ◇ Entreprise étendue
- ◇ Ingénierie numérique
- ◇ Plateau virtuel
- ◇ Conception assistée par ordinateur
- ◇ Maquette, usine et chaîne numériques

#### Organisation du cours

Amphi : 6h, Petites classes : 9h, Travaux pratiques : 18h, Contrôle : 3h

#### Support

- ◇ « Formation au logiciel de CAO SPACECLAIM », polycopié École Centrale Paris
- ◇ « PLM, la gestion collaborative du cycle de vie des produits », Denis DEBAECKER, Ed. HERMES
- ◇ « Product Lifecycle Management », John Starck, Ed. Springer
- ◇ « Altium Designer : Prise en main », polycopié École Centrale Paris

#### Moyens

Plus d'informations sur : <http://www.designworkshops.fr/index.php?page=cwd>

#### Évaluation

Soutenance d'un mini-projet à la fin du cours

# IS1510

## Communications numériques et réseaux

**Responsable** : Pierre Lecoy

**Langue d'enseignement** : français – **Heures** : 36 – **ECTS** : 3

**Prérequis** : Bases en systèmes d'information, signal et systèmes embarqués

**Période** : S7 Électif 06 novembre à décembre IN27DE6, FEP7DE6

### Objectifs

Comprendre les principes fondamentaux, les bases physiques et les outils utilisés dans la conception et la mise en oeuvre des systèmes et réseaux de communication numériques. Connaître et comprendre les bases théoriques en signal et comment elles sont appliquées au codage, au traitement, à la transmission numérique des informations (voix, données, images). Comprendre et appliquer les traitements mis en oeuvre dans les systèmes nouveaux et futurs (CDMA, OFDM, etc.). Comprendre les différentes architectures et protocoles mis en oeuvre dans les réseaux et leurs évolutions dans l'histoire récente des télécoms et pour l'avenir.

En s'appuyant sur le cours de SI de première année, ce cours électif s'adresse aux élèves souhaitant approfondir les principes et les méthodes et/ou s'impliquer dans la conception, dans le déploiement et l'exploitation de ces réseaux et systèmes, dans le développement de services (web, mobiles, triple play), et dans la recherche (codages et traitement de l'information, protocoles, architectures).

### Compétences acquises en fin de cours

- ◇ Comprendre le fonctionnement des réseaux et des systèmes de communications
- ◇ Avoir une vision prospective de leur évolution
- ◇ Acquérir un savoir-faire dans les grandes lignes des choix techniques
- ◇ Appliquer des règles simples de dimensionnement de réseau

### Contenu

Aspects théoriques des communications numériques :

- ◇ Notions de théorie du signal appliquées aux communications (représentation des signaux, transformations, éléments de théorie de l'information).
- ◇ Echantillonnage d'un signal, conversion analogique-numérique, codage de source, codages différentiels et prédictifs.
- ◇ Multiplexage, techniques d'accès multiple appliquées notamment à la radio.
- ◇ Canal de transmission, distortions et bruits, capacité d'un canal, protection contre les erreurs
- ◇ Transmissions numériques en bande de base (codages en ligne, embrouillage) et en bande transposée (modulations numériques, étalement de spectre, OFDM), exemple de l'ADSL
- ◇ Régénération, filtrage, égalisation, probabilité d'erreur

Compression des images et du son (algorithmes MPEG), le triple play

Architectures et protocoles de réseaux :

- ◇ Modèles de réseaux en général, modèles en couche OSI (référence) et TCP/IP - UDP
- ◇ Protocoles de liaison HDLC et PPP, domaines d'application
- ◇ Réseaux locaux, différentes normes, Ethernet, LANs commutés
- ◇ Routage, principes, l'Internet
- ◇ Réseaux de transport : Frame Relay, ATM, MPLS, SDH
- ◇ Architecture de Réseaux d'Entreprise LAN et WAN
- ◇ Notions d'administration de réseaux, sécurité, interconnexion.

◇ La convergence, l'IMS, voix et vidéo sur IP

Réseaux de communication mobiles (GSM, UMTS, Wifi, satellitaires)

### **Organisation du cours**

Amphis : 20h, Petites classes : 10h, Travaux pratiques : 3h, Contrôle : 3h

### **Support**

Polycopié en français + planches des amphis en français et/ou anglais disponibles sur Claroline

### **Moyens**

Enseignants : Pierre Lecoy (Professeur, Ecole Centrale Paris), Philippe Boutin (Ecole Centrale Paris), Damien Lucas (co-fondateur de la société ANEVIA), Walter Peretti (enseignant, ESME), Pierre Carpène (enseignant, Ecole Centrale et ESME)

### **Évaluation**

Contrôle final écrit de 3h(avec documents, sans ordinateur) + bonus sur les activités encadrées (étude de cas et travaux pratiques)



## IS2110

### Systèmes embarqués

**Responsable** : Philippe Martin, Philippe Benabes

**Langue d'enseignement** : français – **Heures** : 30 – **ECTS** : 2.5

**Prérequis** : Notions de base de calcul différentiel et d'algèbre linéaire (équations différentielles, matrice jacobienne, vecteurs, matrices, valeurs propres). Nombres complexes, lois de Kirchhoff pour les circuits, loi d'Ohm.

**Période** : S6 entre février et juin IN16COM, SEP6COM

#### Objectifs

Ce cours a pour but de donner les bases nécessaires à l'analyse et à la conception de systèmes automatiques embarqués, tant du point de vue du matériel que des algorithmes :

- ◇ introduction à l'environnement matériel (électronique, micro-processeur, capteurs, actionneurs)
- ◇ introduction à l'analyse et à la conception d'algorithmes de commande présents dans les systèmes embarqués
- ◇ introduction à l'implémentation de tels algorithmes sur un calculateur embarqué.

#### Compétences acquises en fin de cours

Conception, analyse et implémentation d'un algorithme de contrôle simple et de son environnement matériel

#### Contenu

- ◇ Outils mathématiques pour l'analyse des systèmes commandés (forme d'état; points d'équilibre; stabilité; simplification par linéarisation; simplification par perturbations)
- ◇ Introduction à la conception de contrôleurs (performances statiques/dynamiques en poursuite/rejet, bouclage, effet intégral, anti-windup, contrôleur PID)
- ◇ Le contrôleur PID (effets des termes P, I, D; dérivée approximée; anti-windup; préfiltrage de la référence; initialisation sans à-coup)
- ◇ Implémentation d'un contrôleur sur un système embarqué (présentation des environnements matériels et logiciels pour les calculateurs embarqués; échantillonnage; filtre anti-aliasing; discrétisation d'un contrôleur continu; quantification et calculs en virgule fixe; méthodologie d'implémentation et de test)
- ◇ Conditionnement des capteurs et conception de filtres analogiques
- ◇ Introduction aux microprocesseurs
- ◇ Bases sur les moteurs électriques à courant continu et leur électronique de puissance

#### Organisation du cours

Amphis : 12h (6h automatique, 6h électronique), Petites classes : 15h, Contrôle : 3h

#### Support

Polycopiés + fascicule d'exercices

#### Évaluation

Contrôle final écrit de 3h avec documents (sans ordinateur)

## IS2120 Systèmes Automatiques

**Responsable** : Philippe Martin

**Langue d'enseignement** : français – **Heures** : 36 – **ECTS** : 3

**Prérequis** : Avoir suivi le cours IS2110 ou équivalent. Notions de base de calcul différentiel et d'algèbre linéaire (équations différentielles, matrice jacobienne, vecteurs, matrices, valeurs propres). Des bases de Matlab/Simulink sont souhaitables (par exemple l'étude des tutoriels « Getting Started » de Matlab, Simulink et System Control Toolbox).

**Période** : S7 Électif 05 novembre à janvier IN27DE5, FEP7DE5

### Objectifs

Ce cours vise à donner un bon bagage opérationnel sur l'analyse et la conception de lois de commande linéaires pour les systèmes. Il privilégie une approche « globale » :

- ◇ partir d'un « vrai » système (c'est-à-dire non linéaire) et d'objectifs de performances
- ◇ en extraire un modèle linéaire simplifié pertinent (ou une collection de modèles linéaires)
- ◇ concevoir et régler une loi de commande raisonnablement performante et robuste
- ◇ implémenter et tester cette loi en simulation sur le « vrai » système
- ◇ conclure par rapport aux objectifs initiaux : cela marche-t-il comme je le souhaitais ?

Une partie importante du cours est consacrée à des études de cas issues de différents systèmes industriels, traitées avec l'aide de Matlab/Simulink et System Control Toolbox (l'apprentissage de ces outils fait partie intégrante du cours).

### Contenu

- ◇ Outils mathématiques pour l'analyse des systèmes commandés (stabilité, simplification par linéarisation, simplification par perturbations)
- ◇ Outils mathématiques pour l'analyse des systèmes linéaires commandés (en temporel et en fréquentiel)
- ◇ Introduction à la conception de contrôleurs (performances statiques/dynamiques en poursuite/rejet, bouclage, effet intégral, anti-windup, contrôleur PID)
- ◇ Méthodes « classiques » de conception (lieu des racines, « loop shaping » en fréquentiel)
- ◇ Méthodes « modernes » de conception (bouclage d'état, observateur-contrôleur avec modèle des perturbations)
- ◇ Méthodologie pour le réglage d'un observateur-contrôleur (critère optimal quadratique, choix des matrices de pondération, Loop Transfer Recovery, liens avec les méthodes « classiques » et le contrôleur PID)
- ◇ Au delà de la commande linéaire ?

### Organisation du cours

- ◇ Amphis: 18h (dont 9h consacrées à l'apprentissage de Matlab/Simulink sur les notions de bases du cours)
- ◇ Etudes de cas: 15h (3 études de cas sont traitées avec Matlab/Simulink)
- ◇ Examen final: (étude de cas avec Matlab/Simulink)

### Support

Polycopié + études de cas

### Évaluation

Contrôle final de 3h (étude de cas avec Matlab/Simulink), documents et ordinateur autorisés

## IS2950

### Activité expérimentale – Électronique

**Responsable** : Pierre Carpène

**Langue d'enseignement** : français – **Heures** : 30 – **ECTS** : 2

**Prérequis** : Notions de base en électronique analogique et numérique.

**Période** : S5      novembre à décembre    IN15DXP, FEP5DXP  
              S6      entre février et juin            IN16DXP, SEP6DXP

#### Compétences acquises en fin de cours

Maîtriser les bases de l'électronique analogique et numérique et les expérimenter

#### Contenu

Ce cours se déroule sous la forme d'un mini-projet en binôme (ou trinôme) encadré, associant conception d'un système (calculs théoriques, CAO, etc.), réalisation et essais (mesures, tests, etc.). L'accent est mis sur la compréhension globale d'un système, par exemple :

- ◇ transmission d'ordre de positions par radio
- ◇ carte d'acquisition (conversion analogique numérique) vers PC
- ◇ filtres analogiques
- ◇ jauge de contrainte (mesures mécaniques)
- ◇ alimentation stabilisée (régulation en tension et en courant)
- ◇ détection de champs magnétiques

#### Organisation du cours

Quatre Mercredis, de 8h00 à 17h00

#### Moyens

Les séances auront lieu au Laboratoire d'Informatique et des Systèmes Avancés (LISA). Bâtiment Dumas, salle de réunion du laboratoire LISA (salle D219, 1er étage de la section D)

#### Évaluation

Le dernier après-midi sera consacré aux soutenances orales avec support PowerPoint. Un rapport devra être remis, par voie électronique, dans les huit jours suivant la soutenance orale. Présence obligatoire de toutes et tous aux soutenances.

## IS2960

### Module expérimental – Électronique

**Responsable** : Pierre Carpène

**Langue d'enseignement** : français ou anglais – **Heures** : 36 – **ECTS** : 3

**Prérequis** : Bon niveau en électronique analogique et numérique

**Période** : S8 Électif 13, semaine réservée 2 18 au 22 mai IN28IS2, SEP8IS2

#### Compétences acquises en fin de cours

Comprendre en profondeur les systèmes étudiés en établissant les liens (similitudes et différences) entre étude théorique et expérimentation

#### Contenu

Ce cours se déroule sous la forme d'un mini-projet en binôme (ou trinôme) encadré, associant conception d'un système (calculs théopriques, CAO, etc.), réalisation et essais (mesures, tests, etc.). L'accent est mis sur la compréhension globale d'un système, par exemple :

- ◇ capteur de température
- ◇ transmission d'ordre de positions par radio
- ◇ carte d'acquisition (conversion analogique numérique) vers PC
- ◇ filtres analogiques
- ◇ jauge de contrainte (mesures mécaniques)
- ◇ alimentation stabilisée (régulation en tension et en courant)
- ◇ détection de champs magnétiques

#### Organisation du cours

Une semaine bloquée ( 5 jours ) . De 8h00 à 17h15 .

#### Moyens

Les séances auront lieu au Laboratoire d'Informatique et des Systèmes Avancés (LISA). Bâtiment Dumas, salle de réunion du laboratoire LISA (salle D219, 1er étage de la section D)

#### Évaluation

Le dernier après-midi sera consacré aux soutenances orales. Un rapport écrit devra être remis par voie électronique dans les huit jours suivant la soutenance orale. Présence obligatoire de toutes et tous aux soutenances.

## **Langues et cultures**

## LC0000

### Langues, culture et civilisation

**Responsable** : Claude Mézin-Wilkinson

**Langue d'enseignement** : français ou anglais – **Heures** : 24 – **ECTS** : 2

**Prérequis** : Aucun

<b>Période</b> : S5	entre septembre et janvier	IN15COM, FEP5COM
S6	entre février et juin	IN16COM, SEP6COM
S7	entre septembre et janvier	IN27COM, FEP7COM
S8	entre février et juin	IN28COM, SEP8COM

#### Contenu

L'étude de l'anglais et d'une deuxième langue est obligatoire. La deuxième langue peut être choisie parmi : français langue étrangère (pour les étudiants non-francophones), allemand, chinois, espagnol, italien, japonais, portugais, russe ou suédois. Des cours d'arabe sont dispensés à Supelec. Une troisième langue de la liste précédente peut aussi être étudiée si l'étudiant possède un niveau suffisant dans les deux premières langues.

Les élèves internationaux en programme d'échange d'un semestre ou d'une année ont la possibilité de s'inscrire à ces cours de langue. Nous conseillons fortement une inscription en Français Langue Etrangère (FLE) au niveau approprié (B1, B2, C1 ou C2), 2 ECTS par semestre. Pour les élèves issus de pays non anglophones, une inscription en anglais est aussi conseillée (2 ECTS par semestre). Les élèves ayant déjà un niveau C2 en FLE ou en anglais peuvent, en fonction de leur emploi du temps et de leur niveau, demander une inscription dans une autre langue vivante.

## LC1000 Anglais

**Responsable** : Artie Raghavan

**Langue d'enseignement** : anglais – **Heures** : 24 – **ECTS** : 2

**Prérequis** : Aucun

<b>Période</b> :	S5	entre septembre et janvier	IN15COM, FEP5COM
	S6	entre février et juin	IN16COM, SEP6COM
	S7	entre septembre et janvier	IN27COM, FEP7COM
	S8	entre février et juin	IN28COM, SEP8COM

### Objectifs

- ◇ Consolider et développer les quatre compétences linguistiques (compréhension écrite et orale, expression écrite et orale) qui fourniront les outils pour communiquer dans un environnement scolaire, professionnel et/ou personnel internationalisé et varié
- ◇ Consolider et développer les outils d'une compréhension interculturelle qui permettront aux élèves d'amorcer l'ouverture culturelle et d'aborder l'International
- ◇ Permettre à chacun de développer les moyens de continuer son apprentissage en favorisant l'autonomie et la responsabilité dans le processus d'apprentissage
- ◇ Proposer, tout au long de trois années d'études, des approches variées et innovantes permettant à chacun de se retrouver dans un enseignement qui convient

### Contenu

**COURS GÉNÉRAUX** – ouverts à tous les niveaux

- ◇ Anglais général : cours d'anglais général, de niveau varié, où sont appris, pratiqués et approfondis grammaire, vocabulaire, lecture, écriture, langue parlée et écoute.
- ◇ Préparation aux examens de Cambridge : cours d'anglais général soutenu, où sont pratiqués, consolidés et approfondis grammaire, vocabulaire, lecture, écriture, langue parlée et écoute, dans le cadre de la préparation d'un des examens de langue anglaise de Cambridge (Advanced English ou Proficiency.) Ce cours s'adresse aux élèves voulant une remise à niveau intensif en anglais et/ou une qualification en langue reconnue. Il est particulièrement utile pour les élèves ayant abandonné l'anglais pendant la prépa. Le passage de l'examen est facultatif.

**COURS THÉMATIQUES** – ouverts aux élèves de niveau B2.

- ◇ Littérature : approfondissement de la langue et la culture par l'étude de textes et d'œuvres littéraires anglophones et par la discussion en classe de ces œuvres et les thématiques qu'ils ouvrent. Ce cours s'adresse aux élèves de bon niveau aimant lire et discuter de leurs lectures.
- ◇ Cinéma : approfondissement de la langue et la culture par l'étude du cinéma anglophone et par la discussion en classe de ces œuvres et les thématiques qu'ils ouvrent. Ce cours s'adresse aux élèves de bon niveau aimant lire et discuter de leurs lectures.
- ◇ Comedy : approfondissement de la langue et la culture par l'étude de textes écrits, émissions de télévision ou radio, et de comiques. Ce cours s'adresse avant tout aux élèves d'un très bon niveau souhaitant améliorer leur compréhension auditive de documents authentiques.
- ◇ Conversation avancée : approfondissement et consolidation de la langue parlée en toutes situations par jeux de rôles, simulations, débats, jeux de langue, présentations, travail en groupe, travail en paires etc. Ce cours s'adresse avant tout aux élèves de bon niveau parlant déjà couramment qui souhaitent améliorer la qualité de leur discours.
- ◇ Debating : l'art oratoire en anglais. Maîtrise d'argumentation et techniques rhétoriques pour convaincre en public. Le cours s'adresse aux élèves d'un excellent niveau, et se

complète par la participation aux tournois de joutes en France et à l'étranger. Voir <http://projets.etudes.ecp.fr/2002-2003/debating>

- ◇ Anglais scientifique : approfondissement de la langue et maîtrise de vocabulaire scientifique spécifique par l'étude et la lecture de différents textes scientifiques et la discussion de découvertes récentes. Ce cours s'adresse aux élèves de bon niveau aimant le monde scientifique.
- ◇ Anglais économique : approfondissement de la langue et maîtrise de vocabulaire économique spécifique par l'étude de textes et de thématiques économiques spécifiques. Ce cours s'adresse aux élèves de bon niveau qui s'intéressent à l'économie (micro, macro et mondiale) et à la finance.

### **Organisation du cours**

Chaque élève, après un test de niveau, est placé dans un cours correspondant à son niveau. Cours de niveaux A1-A2, B1-B2, C1-C2 (cadre européen commun de référence).

### **Support**

Des supports très variés, allant d'articles et exercices créés pour le cours aux oeuvres littéraires et aux manuels d'anglais en fonction du cours choisi.

### **Évaluation**

Contrôle continu 50% ; examen écrit/test auditif/oral à la fin de chaque semestre 50%



## LC2000

### Français langue étrangère (FLE)

**Responsable :** Laurence Honoré

**Langue d'enseignement :** français – **Heures :** 24 – **ECTS :** 2

**Prérequis :** Niveau minimum B1 en français

<b>Période :</b> S5	entre septembre et janvier	IN15COM, FEP5COM
S6	entre février et juin	IN16COM, SEP6COM
S7	entre septembre et janvier	IN27COM, FEP7COM
S8	entre février et juin	IN28COM, SEP8COM

#### Objectifs

- ◇ Consolider et développer les quatre compétences linguistiques (compréhension écrite et orale, expression écrite et orale) qui fourniront les outils pour communiquer dans un environnement scolaire, professionnel et/ou personnel internationalisé et varié
- ◇ Consolider et développer les outils d'une compréhension interculturelle qui permettront aux élèves d'amorcer l'ouverture culturelle et d'aborder l'International
- ◇ Permettre à chacun de développer les moyens de continuer son apprentissage en favorisant l'autonomie et la responsabilité dans le processus d'apprentissage

#### Compétences acquises en fin de cours

- ◇ Maîtriser le français comme langue d'enseignement supérieur, langue commune de communication internationale sur le campus et dans la communauté Ecole Centrale, langue de communication professionnelle
- ◇ Maîtriser la langue française comme moyen de communication pour accéder aux différents aspects de la culture française contemporaine

#### Contenu

Deux modalités d'enseignement existent : cours intensifs en début de chaque semestre ou cours hebdomadaires.

Les cours intensifs ont pour but de permettre à chaque élève de s'intégrer dans les meilleures conditions possibles à l'environnement à la fois académique et social du campus.

Les cours hebdomadaires sont organisés selon plusieurs niveaux en fonction des résultats obtenus au test de niveau de français. Ils permettent notamment de préparer au test de connaissance du français (TCF) mise en place par le Centre International d'Études Pédagogiques (CIEP).

Les cours consistent en ateliers de travaux pratiques permettant de travailler systématiquement : compréhension et communication orale ; compréhension et communication écrite ; compétence structurale (grammaire, vocabulaire). Les étudiants seront amenés à travailler et à présenter en groupe et en individuel des dossiers thématiques variés concernant la culture française contemporaine dans sa relation au passé historique.

#### Organisation du cours

Chaque élève, après un test de niveau, est placé dans un cours correspondant à son niveau : B1, B2, C1 (cadre européen commun de référence)

#### Support

Spécifique à chaque cours et établi en fonction du niveau du groupe par le professeur. Documents écrits (presse, littérature, ...), audiovisuels (films, enregistrements sonores, ...), manuels de cours,...

## LC3000 Allemand

**Responsable** : Sabine Geisert

**Langue d'enseignement** : français – **Heures** : 24 – **ECTS** : 2

**Prérequis** : Aucun

<b>Période</b> :	S5	entre septembre et janvier	IN15COM, FEP5COM
	S6	entre février et juin	IN16COM, SEP6COM
	S7	entre septembre et janvier	IN27COM, FEP7COM
	S8	entre février et juin	IN28COM, SEP8COM

### Objectifs

- ◇ Consolider et développer les quatre compétences linguistiques (compréhension écrite et orale, expression écrite et orale) qui fourniront les outils pour communiquer dans un environnement scolaire, professionnel et/ou personnel internationalisé et varié
- ◇ Consolider et développer les outils d'une compréhension interculturelle qui permettront aux élèves d'amorcer l'ouverture culturelle et d'aborder l'International
- ◇ Permettre à chacun de développer les moyens de continuer son apprentissage en favorisant l'autonomie et la responsabilité dans le processus d'apprentissage
- ◇ Proposer, tout au long de trois années d'études, des approches variées et innovantes permettant à chacun de se retrouver dans un enseignement qui convient

### Évaluation

Contrôle continu 50% ; examen écrit/test auditif/oral à la fin de chaque semestre 50%

## LC4000 Espagnol

**Responsable** : Maria-Dolores Soler-Pardinilla

**Langue d'enseignement** : français – **Heures** : 24 – **ECTS** : 2

**Prérequis** : Aucun

<b>Période</b> :	S5	entre septembre et janvier	IN15COM, FEP5COM
	S6	entre février et juin	IN16COM, SEP6COM
	S7	entre septembre et janvier	IN27COM, FEP7COM
	S8	entre février et juin	IN28COM, SEP8COM

### Objectifs

- ◇ Consolider et développer les quatre compétences linguistiques (compréhension écrite et orale, expression écrite et orale) qui fourniront les outils pour communiquer dans un environnement scolaire, professionnel et/ou personnel internationalisé et varié
- ◇ Consolider et développer les outils d'une compréhension interculturelle qui permettront aux élèves d'amorcer l'ouverture culturelle et d'aborder l'International
- ◇ Permettre à chacun de développer les moyens de continuer son apprentissage en favorisant l'autonomie et la responsabilité dans le processus d'apprentissage
- ◇ Proposer, tout au long de trois années d'études, des approches variées et innovantes permettant à chacun de se retrouver dans un enseignement qui convient

### Évaluation

Contrôle continu 50% ; examen écrit/test auditif/oral à la fin de chaque semestre 50%

## LC5000 Italien

**Responsable** : Stephen Brown

**Langue d'enseignement** : français – **Heures** : 24 – **ECTS** : 2

**Prérequis** : Aucun

<b>Période</b> :	S5	entre septembre et janvier	IN15COM, FEP5COM
	S6	entre février et juin	IN16COM, SEP6COM
	S7	entre septembre et janvier	IN27COM, FEP7COM
	S8	entre février et juin	IN28COM, SEP8COM

### Objectifs

- ◇ Consolider et développer les quatre compétences linguistiques (compréhension écrite et orale, expression écrite et orale) qui fourniront les outils pour communiquer dans un environnement scolaire, professionnel et/ou personnel internationalisé et varié
- ◇ Consolider et développer les outils d'une compréhension interculturelle qui permettront aux élèves d'amorcer l'ouverture culturelle et d'aborder l'International
- ◇ Permettre à chacun de développer les moyens de continuer son apprentissage en favorisant l'autonomie et la responsabilité dans le processus d'apprentissage
- ◇ Proposer, tout au long de trois années d'études, des approches variées et innovantes permettant à chacun de se retrouver dans un enseignement qui convient

### Contenu

Cours de langue général par niveaux (de débutant à avancé) axé sur :

- ◇ la compréhension et l'expression orales (prononciation, intonation, rythme, lexique, structures)
- ◇ la compréhension et l'expression écrites (lexique, structures)

### Support

Manuels, articles de presse, enregistrements radiophoniques, chansons, documentaires, films, émissions télévisées, textes littéraires, poésies,...

### Évaluation

Contrôle continu 50% ; examen écrit/test auditif/oral à la fin de chaque semestre 50%

## LC6000 Portugais

**Responsable** : Stephen Brown

**Langue d'enseignement** : français – **Heures** : 24 – **ECTS** : 2

**Prérequis** : Aucun

<b>Période</b> :	S5	entre septembre et janvier	IN15COM, FEP5COM
	S6	entre février et juin	IN16COM, SEP6COM
	S7	entre septembre et janvier	IN27COM, FEP7COM
	S8	entre février et juin	IN28COM, SEP8COM

### Objectifs

- ◇ Consolider et développer les quatre compétences linguistiques (compréhension écrite et orale, expression écrite et orale) qui fourniront les outils pour communiquer dans un environnement scolaire, professionnel et/ou personnel internationalisé et varié
- ◇ Consolider et développer les outils d'une compréhension interculturelle qui permettront aux élèves d'amorcer l'ouverture culturelle et d'aborder l'International
- ◇ Permettre à chacun de développer les moyens de continuer son apprentissage en favorisant l'autonomie et la responsabilité dans le processus d'apprentissage
- ◇ Proposer, tout au long de trois années d'études, des approches variées et innovantes permettant à chacun de se retrouver dans un enseignement qui convient

### Évaluation

Contrôle continu 50% ; examen écrit/test auditif/oral à la fin de chaque semestre 50%

## LC7000 Chinois

**Responsable** : Stephen Brown

**Langue d'enseignement** : français – **Heures** : 24 – **ECTS** : 2

**Prérequis** : Aucun

<b>Période</b> :	S5	entre septembre et janvier	IN15COM, FEP5COM
	S6	entre février et juin	IN16COM, SEP6COM
	S7	entre septembre et janvier	IN27COM, FEP7COM
	S8	entre février et juin	IN28COM, SEP8COM

### Objectifs

- ◇ Consolider et développer les quatre compétences linguistiques (compréhension écrite et orale, expression écrite et orale) qui fourniront les outils pour communiquer dans un environnement scolaire, professionnel et/ou personnel internationalisé et varié
- ◇ Consolider et développer les outils d'une compréhension interculturelle qui permettront aux élèves d'amorcer l'ouverture culturelle et d'aborder l'International
- ◇ Permettre à chacun de développer les moyens de continuer son apprentissage en favorisant l'autonomie et la responsabilité dans le processus d'apprentissage
- ◇ Proposer, tout au long de trois années d'études, des approches variées et innovantes permettant à chacun de se retrouver dans un enseignement qui convient

### Évaluation

Contrôle continu 50% ; examen écrit/test auditif/oral à la fin de chaque semestre 50%

## LC8000 Japonais

**Responsable** : Stephen Brown

**Langue d'enseignement** : français – **Heures** : 24 – **ECTS** : 2

**Prérequis** : Aucun

<b>Période</b> : S5	entre septembre et janvier	IN15COM, FEP5COM
S6	entre février et juin	IN16COM, SEP6COM
S7	entre septembre et janvier	IN27COM, FEP7COM
S8	entre février et juin	IN28COM, SEP8COM

### Objectifs

- ◇ Consolider et développer les quatre compétences linguistiques (compréhension écrite et orale, expression écrite et orale) qui fourniront les outils pour communiquer dans un environnement scolaire, professionnel et/ou personnel internationalisé et varié
- ◇ Consolider et développer les outils d'une compréhension interculturelle qui permettront aux élèves d'amorcer l'ouverture culturelle et d'aborder l'International
- ◇ Permettre à chacun de développer les moyens de continuer son apprentissage en favorisant l'autonomie et la responsabilité dans le processus d'apprentissage
- ◇ Proposer, tout au long de trois années d'études, des approches variées et innovantes permettant à chacun de se retrouver dans un enseignement qui convient

### Évaluation

Contrôle continu 50% ; examen écrit/test auditif/oral à la fin de chaque semestre 50%

## LC9000 Russe

**Responsable** : Stephen Brown

**Langue d'enseignement** : français – **Heures** : 24 – **ECTS** : 2

**Prérequis** : Aucun

**Période** : S5      entre septembre et janvier      IN15COM, FEP5COM  
                 S6      entre février et juin                      IN16COM, SEP6COM  
                 S7      entre septembre et janvier      IN27COM, FEP7COM  
                 S8      entre février et juin                      IN28COM, SEP8COM

### Objectifs

- ◇ Consolider et développer les quatre compétences linguistiques (compréhension écrite et orale, expression écrite et orale) qui fourniront les outils pour communiquer dans un environnement scolaire, professionnel et/ou personnel internationalisé et varié
- ◇ Consolider et développer les outils d'une compréhension interculturelle qui permettront aux élèves d'amorcer l'ouverture culturelle et d'aborder l'International
- ◇ Permettre à chacun de développer les moyens de continuer son apprentissage en favorisant l'autonomie et la responsabilité dans le processus d'apprentissage
- ◇ Proposer, tout au long de trois années d'études, des approches variées et innovantes permettant à chacun de se retrouver dans un enseignement qui convient

### Évaluation

Contrôle continu 50% ; examen écrit/test auditif/oral à la fin de chaque semestre 50%



## LCA000 Arabe

**Responsable** : Stephen Brown

**Langue d'enseignement** : français – **Heures** : 24 – **ECTS** : 2

**Prérequis** : Aucun

<b>Période</b> :	S5	entre septembre et janvier	IN15COM, FEP5COM
	S6	entre février et juin	IN16COM, SEP6COM
	S7	entre septembre et janvier	IN27COM, FEP7COM
	S8	entre février et juin	IN28COM, SEP8COM

### Objectifs

- ◇ Consolider et développer les quatre compétences linguistiques (compréhension écrite et orale, expression écrite et orale) qui fourniront les outils pour communiquer dans un environnement scolaire, professionnel et/ou personnel internationalisé et varié
- ◇ Consolider et développer les outils d'une compréhension interculturelle qui permettront aux élèves d'amorcer l'ouverture culturelle et d'aborder l'International
- ◇ Permettre à chacun de développer les moyens de continuer son apprentissage en favorisant l'autonomie et la responsabilité dans le processus d'apprentissage
- ◇ Proposer, tout au long de trois années d'études, des approches variées et innovantes permettant à chacun de se retrouver dans un enseignement qui convient

### Organisation du cours

L'enseignement de ce cours se déroule à Supelec.

### Évaluation

Contrôle continu 50% ; examen écrit/test auditif/oral à la fin de chaque semestre 50%

## LCB000 Suédois

**Responsable** : Stephen Brown

**Langue d'enseignement** : français – **Heures** : 24 – **ECTS** : 2

**Prérequis** : Aucun

<b>Période</b> :	S5	entre septembre et janvier	IN15COM, FEP5COM
	S6	entre février et juin	IN16COM, SEP6COM
	S7	entre septembre et janvier	IN27COM, FEP7COM
	S8	entre février et juin	IN28COM, SEP8COM

### Objectifs

- ◇ Consolider et développer les quatre compétences linguistiques (compréhension écrite et orale, expression écrite et orale) qui fourniront les outils pour communiquer dans un environnement scolaire, professionnel et/ou personnel internationalisé et varié
- ◇ Consolider et développer les outils d'une compréhension interculturelle qui permettront aux élèves d'amorcer l'ouverture culturelle et d'aborder l'International
- ◇ Permettre à chacun de développer les moyens de continuer son apprentissage en favorisant l'autonomie et la responsabilité dans le processus d'apprentissage
- ◇ Proposer, tout au long de trois années d'études, des approches variées et innovantes permettant à chacun de se retrouver dans un enseignement qui convient

### Évaluation

Contrôle continu 50% ; examen écrit/test auditif/oral à la fin de chaque semestre 50%

# Mathématiques

# MA1100

## Analyse

**Responsable** : Lionel Gabet

**Langue d'enseignement** : français – **Heures** : 20 – **ECTS** : 2

**Prérequis** : Notions de topologie (limites, convergence, complétude, compacité, densité, etc.).  
Notions d'analyse fonctionnelle (intégrale de Riemann, séries entières, séries de Fourier, etc.).  
Espaces euclidiens (bases, projections, réduction des formes quadratiques, etc.).

**Période** : S5 entre septembre et janvier IN15COM, FEP5COM

### Objectifs

Ce cours a pour objectif de former les élèves à la compréhension et à la maîtrise de concepts indispensables

- ◇ pour la représentation et la modélisation des phénomènes aléatoires (et donc au cours de probabilités)
- ◇ pour comprendre des outils et des méthodes nécessaires à de nombreuses sciences de l'ingénieur (physique, traitement du signal, automatique, etc.)

### Compétences acquises en fin de cours

Les élèves maîtrisons les concepts et les méthodes fondamentales de l'analyse fonctionnelle (espaces de Lebesgue, espaces de Hilbert, analyse de Fourier, espaces de Sobolev)

### Contenu

- ◇ Tribus, mesures, intégrale de Lebesgue
- ◇ Transformation de Fourier
- ◇ Analyse hilbertienne
- ◇ Espaces de Sobolev

### Organisation du cours

Amphis : 9h, Petites classes : 9h, Contrôle : 1h30

### Support

Polycopié

### Évaluation

Examen écrit de 1h30 : 1H30 sans document

# MA1200

## Probabilités

**Responsable** : Erick Herbin

**Langue d'enseignement** : français – **Heures** : 21 – **ECTS** : 1.5

**Prérequis** : Avoir suivi le cours MA1100 ou équivalent.

**Période** : S5 entre septembre et janvier IN15COM, FEP5COM

### Objectifs

L'objectif de ce cours est de fixer les bases théoriques des mathématiques de l'aléatoire. Il introduit la théorie moderne des probabilités, qui prend ses origines dans la théorie de la mesure. Ses concepts de base sont : l'espace de probabilité comprenant une tribu d'événements et une mesure de probabilité ; les variables aléatoires et leur loi de probabilité ; l'intégration de variables aléatoires ; la propriété d'indépendance ; les différents modes de convergence d'une suite de variables aléatoires.

En liaison avec le cours de Statistique, le cours de probabilités vise à acquérir les connaissances indispensables à la prise en compte des aléas dans les différents métiers de l'ingénieur (incertitudes en simulation, modélisation des phénomènes physiques fluctuants, mathématiques financières, ...).

Le cadre théorique ainsi introduit permettra d'aborder l'étude générale des processus stochastiques, au sein d'un cours avancé, particulièrement utilisés pour décrire des phénomènes aléatoires ou fluctuants.

### Compétences acquises en fin de cours

A la suite de ce cours, les étudiants seront capables de suivre un cours avancé (de niveau Master 1), qui vise à l'étude des processus stochastiques tels que martingales et chaînes de Markov.

### Contenu

- ◇ Axiomatique, espaces de probabilité discrets
- ◇ Probabilité et variables aléatoires
- ◇ Probabilités sur  $\mathbb{R}$  et fonctions caractéristiques
- ◇ Vecteurs gaussiens
- ◇ Suites et séries de variables aléatoires
- ◇ Espérance conditionnelle
- ◇ Introduction aux martingales

### Organisation du cours

Amphis : 9h, Petites classes : 10h30, Contrôle : 1h30

### Support

Polycopié de cours et exercices. Corrections rédigées d'exercices.

### Évaluation

Contrôle écrit de 1h30 sans document ni moyen électronique (ordinateur, téléphone portable,...)

## MA1300 Statistique

**Responsable** : Gilles Faÿ

**Langue d'enseignement** : français – **Heures** : 20 – **ECTS** : 1.5

**Prérequis** : Avoir suivi le cours MA1200 ou équivalent.

**Période** : S5 entre septembre et janvier IN15COM, FEP5COM

### Objectifs

Comprendre la démarche statistique à travers les concepts fondamentaux suivants :

- ◇ modèle statistique et échantillon
- ◇ estimation d'un modèle paramétrique et risques associés
- ◇ tests (ou décision statistique) et risques associés

Cet enseignement fournit la base nécessaire à l'interprétation correcte et critique de données numériques, en intégrant le bruit ou les incertitudes dans une modélisation aléatoire.

### Compétences acquises en fin de cours

- ◇ Savoir construire des estimateurs ponctuels et par intervalles dans des contextes simples
- ◇ Etre capable d'évaluer la performance de ces estimateurs
- ◇ Savoir formaliser un test statistique, prendre une décision sur une base statistique, en comprendre les risques
- ◇ Avoir une approche critique sur la modélisation et les énoncés statistiques
- ◇ Comprendre l'intérêt pratique d'une régression et d'une analyse en composante principale

### Contenu

- ◇ Modèle statistique, échantillonnage.
- ◇ Rappels de probabilités
- ◇ Estimation ponctuelle et par intervalle de confiance
- ◇ Méthodes de substitution et du maximum de vraisemblance
- ◇ Tests paramétriques, notion d'optimalité (Neymann-Pearson)
- ◇ Tests d'ajustement non-paramétriques (khi-deux, Kolmogorov-Smirnov)
- ◇ Modèle de régression linéaire
- ◇ Analyse en composantes principales

### Organisation du cours

Amphis : 9h, Petites classes : 9h, Contrôle : 1h30.

L'enseignement est assuré par Nicolas Vayatis (amphis) et coordonné par Gilles Faÿ.

### Support

Polycopié de cours et d'exercices. Diapositives et annales corrigées en ligne.

### Évaluation

Contrôle écrit de 1h30 sans documents, ni ordinateur.

# MA1400

## Equations aux Dérivées Partielles

**Responsable** : Pauline Lafitte

**Langue d'enseignement** : français – **Heures** : 30 – **ECTS** : 2.5

**Prérequis** : Avoir suivi le cours MA1100 ou équivalent.

**Période** : S6 entre février et juin IN16COM, SEP6COM

### Objectifs

Utiliser les mathématiques avec une démarche d'ingénieur : modéliser un problème concret, analyser rigoureusement, simuler et valider les résultats numériques.

Le cours présente les bases mathématiques de l'analyse théorique et numérique des équations aux dérivées partielles.

Les séances de travaux pratiques ont pour objectif de familiariser les étudiants avec les logiciels de simulation.

### Compétences acquises en fin de cours

Analyse et modélisation d'un phénomène simple à simuler. Bases de deux logiciels de calcul scientifique (Scilab et Freefem++).

### Contenu

- ◇ Modélisation de phénomènes concrets par des EDP
- ◇ Théorie des distributions et espaces de Sobolev
- ◇ Problèmes de Cauchy
- ◇ Problèmes elliptiques et paraboliques
- ◇ Analyse numérique matricielle
- ◇ Approximation par différences finies et éléments finis : analyse numérique des schémas

### Organisation du cours

Amphis : 12h, Petites classes : 10h30, Travaux pratiques : 4h30, Contrôle : 3h

### Support

Polycopié

### Évaluation

- ◇ Examen écrit de 3h sans document. Les ordinateurs, téléphones et calculatrices sont interdits.
- ◇ Mini-projet numérique noté, compté en bonus additif à la note de première session du contrôle final.

## MA2100

### Modélisation des risques financiers

**Responsable** : Lionel Gabet

**Langue d'enseignement** : français – **Heures** : 36 – **ECTS** : 3

**Prérequis** : Avoir suivi les cours MA1100 et MA1200 ou équivalent. Conseillé : MA2300

**Période** : S7 Électif 04 septembre à décembre IN27DE4, FEP7DE4

#### Objectifs

L'objectif du cours est de présenter (dans le cadre des modèles à temps discret) l'essentiel des concepts de finance quantitative moderne :

- ◇ Les mesures de risque en finance (en version statique et dynamique)
- ◇ Les produits dérivés classiques et les méthodes de gestion associées
- ◇ Les modèles en temps discret de valorisations de produits dérivés
- ◇ La théorie des valeurs extrêmes

Une mise en pratique à travers l'implémentation de méthodes numériques standards sera proposée.

#### Compétences acquises en fin de cours

- ◇ Connaissances de base sur les produits dérivés et sur les métiers des salles de marché.
- ◇ Maîtrise des principaux concepts de la finance quantitative moderne (arbitrage, martingales, probabilité risque neutre, couverture optimale, ...)
- ◇ Compréhension des différentes méthodes de représentation et d'optimisation des risques
- ◇ Capacité à implémenter des méthodes numériques classiques (Monte-Carlo, arbres binomiaux)

Remarque : les modèles en temps continu et les modèles associés sont enseignés en troisième année.

#### Contenu

La première partie du cours propose une introduction aux mesures de risque en finance. Tout d'abord, dans une vision statique du risque, on s'intéressera aux mesures reliant une certaine distribution de perte à des niveaux de risque. Des mesures traditionnelles, plus ou moins bien adaptées, telles que la variance, la VaR, la perte moyenne de niveau donné ... seront présentées. On fera le lien entre de telles mesures et des modèles de variables aléatoires souvent utilisés pour représenter les distributions de perte. L'application à la gestion de portefeuille sera présentée. Dans un second temps, on caractérisera des stratégies de gestion "dynamiques" qui sont nécessaires dans le cadre des produits dérivés. On s'attachera en particulier aux méthodes reposant sur des mesures de risque local permettant de définir une stratégie de couverture.

La seconde partie est consacrée à une présentation des produits financiers complexes (notamment dérivés), des enjeux et des métiers associés.

La troisième partie a pour but d'établir un cadre mathématique rigoureux (en temps discret) pour la valorisation des produits dérivés en finance. Après avoir introduit la notion d'Arbitrage, nous étudierons les méthodes de pricing et de couverture par arbre binomial à une période, puis à  $n$  période. En envoyant  $n$  à l'infini, nous verrons apparaître naturellement le modèle de Black Scholes. Les techniques simples de valorisation d'options sous probabilité risque neutre seront présentées. La difficile valorisation et la couverture d'options américaines seront également étudiées.

En outre, les méthodes numériques d'arbres binomiaux et de Monte-Carlo seront implémentées et testées.



**Organisation du cours**

Cours et exercices : 27h, Travaux pratiques : 6h, Contrôle : 3h

**Support**

Polycopié

**Moyens**

Enseignants : Frédéric Abergel, Lionel Gabet

**Évaluation**

Un projet associé à deux TP + contrôle final écrit de 3h sans aucun document

## MA2200 Optimisation

**Responsable** : Paul-Henry Cournède

**Langue d'enseignement** : français – **Heures** : 36 – **ECTS** : 3

**Prérequis** : Bases de calcul différentiel

**Période** : S7 Électif 05 novembre à janvier IN27DE5, FEP7DE5

### Objectifs

Les entreprises industrielles et de services sont quotidiennement confrontées à des problèmes d'optimisation afin d'améliorer leur compétitivité et leur rentabilité : gestion des stocks ou de portefeuilles, problèmes de transport, de conception, de contrôle de systèmes ...

Dans ce contexte, les objectifs de ce cours sont les suivants :

- ◇ Introduction du cadre mathématique de formalisation des problématiques d'optimisation
- ◇ Présentation des concepts pour l'étude théorique des problèmes d'optimisation (existence, unicité, conditions d'optimalité)
- ◇ Présentation de l'optimisation numérique et mise en pratique, par de nombreux TP en « classes intégrées », avec portables, sur des problèmes concrets de type industriel
- ◇ Mise en perspective industrielle avec des conférenciers venant de domaines variés (énergie, biologie-santé,...)

### Compétences acquises en fin de cours

- ◇ Modélisation et formalisation mathématique d'un problème d'optimisation, dans une large gamme de contextes scientifiques ou industriels
- ◇ Identification du type de problème et de la méthode de résolution numérique adaptée
- ◇ Mise en place de la méthode (à l'aide d'une toolbox ou par mise au point de la méthode)
- ◇ Evaluation de la validité de la solution trouvée

### Contenu

- ◇ Optimisation convexe / non-convexe, sans contraintes ou sous-contraintes
- ◇ Optimisation numérique
- ◇ Identification paramétrique de modèles

### Organisation du cours

Cours + TD : 21h, Travaux pratiques : 12h, Contrôle : 3h

### Support

Polycopié de cours, énoncés de TD et TP, corrigés.

### Évaluation

1 contrôle écrit de 3h, avec note et poly de cours, sans ordinateur + évaluation de tous les TP intermédiaires.

Note finale =  $0.75 \cdot \text{note contrôle écrit} + 0.25 \cdot \text{note TP}$

## MA2300

### Probabilités avancées

**Responsable** : Erick Herbin

**Langue d'enseignement** : français – **Heures** : 36 – **ECTS** : 3

**Prérequis** : Avoir suivi le cours MA1200 ou équivalent. Formalisme des probabilités : espace de probabilité, événements, mesures de probabilités. Variables aléatoires et espérances. Probabilité sur  $\mathbb{R}$ , fonctions caractéristiques. Vecteurs gaussiens. Suites de variables aléatoires, les différents modes de convergence.

**Période** : S7 Électif 03 septembre à novembre IN27DE3, FEP7DE3

#### Objectifs

Ce cours théorique fait suite au cours de base de probabilités (MA1200). Il introduit les fondements de la théorie générale de processus stochastiques, prenant en compte l'évolution temporelle.

Ces modèles probabilistes constituent les objets mathématiques de base pour modéliser des phénomènes à forte variabilité ou incertains. Parmi eux, le mouvement brownien est largement utilisé pour décrire les phénomènes (naturels, physiques, biologiques ou financiers) à base d'équations différentielles stochastiques. Il se situe au carrefour de classes importantes telles que martingales, processus de Markov ou processus gaussiens, dont il hérite des propriétés.

L'objectif de ce cours est l'étude théorique des deux premières familles de processus stochastiques, dans le cas particulier où les paramètres sont dans un espace discret, puis d'introduire les processus gaussiens indicés par les réels. Le cours revêt le format classique d'un cours de mathématique dans lequel les théorèmes fondamentaux sont démontrés au tableau.

#### Compétences acquises en fin de cours

Fondements théoriques de l'étude des processus stochastiques à temps discret et des processus aléatoires gaussiens. A l'issue de ce cours, les étudiants seront prêts à suivre un cours de Calcul Stochastique de niveau Master 2.

#### Contenu

- ◇ Martingales à temps discrets (15h) : étude des martingales à temps discrets ; martingales et stratégie de jeu ; résultats de convergence
- ◇ Chaînes de Markov (12h) : opérateurs de transition, propriété de Markov et chaîne de Markov canonique ; classification des états, récurrence/transience ; résultats asymptotiques
- ◇ Processus gaussiens et introduction au mouvement brownien (6h) : loi d'un processus stochastique ; processus gaussiens, bruit blanc et introduction au mouvement brownien

#### Organisation du cours

Amphis : 16h30, Petites classes : 15h, Contrôle : 4h30

#### Support

Polycopiés, notes de cours et éléments de correction d'exercices en ligne

#### Évaluation

Contrôle partiel obligatoire de 1h30 (sans document, ni calculatrice, ni ordinateur) à la moitié du cours, Contrôle final écrit : 3h (sans document, ni calculatrice, ni ordinateur).

## MA2500

### Traitement du signal et codage dépouillé

**Responsable** : Iasonas Kokkinos

**Langue d'enseignement** : anglais – **Heures** : 36 – **ECTS** : 3

**Prérequis** : Aucun

**Période** : S8 Électif 09 février à avril IN281E2, SEP81E2

#### Objectifs

Ce cours introduira des concepts mathématiques et les techniques fondamentales en traitement du signal, ainsi que des techniques plus avancées du codage dépouillé.

Les problématiques suivantes seront évoquées : régénération d'un signal continu à partir d'échantillons discrets, compression, analyse des systèmes linéaires invariants par traitements temporels et fréquentiels, filtrage linéaire, réduction du bruit, prédiction et détection. Analyse par des ondelettes, sparsité, optimisation et codage dépouillé.

Une solide compréhension de ces techniques est essentielle pour l'analyse des signaux et ses applications, dans des domaines aussi variés que les télécommunications, le traitement vocal, le génie biomédical, l'économétrie, le multimédia, le traitement d'image ou la vision par ordinateur.

#### Contenu

- ◇ Signaux temporels continus et discrets, Systèmes linéaires invariants et convolution.
- ◇ Transformation de Fourier, transformée de Fourier discrète, transformée Z et fonctions de transfert.
- ◇ Échantillonnage et théorème de Nyquist
- ◇ Analyse par ondelettes, dictionnaires d'images, et optimisation et 'sparse coding'
- ◇ Processus stochastiques et traitement statistique du signal

#### Organisation du cours

Amphis : 16h30, Petites Classes : 6h, Travaux pratiques : 10h30, Contrôle : 3h

Le programme se compose de onze séances de cours, quatre séances de TD et trois TP de programmation répartis sur sept séances. Les cours seront donnés en anglais et les TP se feront en Matlab - la première séance inclut une introduction à Matlab. Les TP de programmation, supervisés par un assistant, consisteront à implémenter quelques algorithmes standards décrits pendant les cours et auront pour objectif de mettre en pratique les techniques théoriques vues en classe.

#### Support

A. Oppenheim, I. Young et A. Willsky, « Signals and Systems »

S. Mallat, « A wavelet tour of signal processing: the sparse way »

M. Elad, « Sparse and redundant image representations »

La polycopie du cours inclut (a) les slides des présentations (b) des notes d'un cours de opencourseware.

Quelques exercices avec des solutions ainsi que des examens antérieurs seront disponibles par caroline.

#### Évaluation

- ◇ Contrôle final écrit de 3h, sans documents ni ordinateur (50%)
- ◇ Travaux pratiques de programmation (30%)

◇ Exercices analytiques (20%)

## MA2610 Calcul scientifique

**Responsable** : Hachmi Ben Dhia

**Langue d'enseignement** : français – **Heures** : 36 – **ECTS** : 3

**Prérequis** : éléments basiques d'analyse, Matlab

**Période** : S7 Électif 04 septembre à décembre IN27DE4, FEP7DE4

### Objectifs

L'objectif du cours est d'apprendre à utiliser les mathématiques avec une démarche d'ingénieur qui doit analyser, modéliser, simuler et optimiser des systèmes complexes. Cela couvre aussi bien la conception et la simulation dans le secteur de l'automobile ou de l'aéronautique que les modèles classiques des mathématiques financières ou la gestion des risques environnementaux.

La base du cours est la théorie et la pratique de la simulation des phénomènes régis par des équations aux dérivées partielles.

Les applications du cours sont la simulation en mécanique du solide et en mécanique des fluides.

### Compétences acquises en fin de cours

- Analyse de problèmes régis par des équations aux dérivées partielles
- Pratique de la simulation numérique
- Choix des solutions proposées à l'ingénieur face à des contraintes de coût et de temps

### Contenu

Le cours comporte deux parties successives de 5x3h.

#### **Modélisation, analyse et simulation en mécanique du solide :**

- Analyse mathématique des équations de l'élasticité linéaires.
- Analyse et approximation de problèmes structurés. Méthode des éléments finis. Estimation d'erreur a priori et a posteriori.
- Décomposition de domaines et parallélisme. Mise en oeuvre numérique.

#### **Simulation des écoulements de fluides compressibles :**

- Modèles d'écoulements, solutions discontinues, solveurs basiques (Godounov, flux, splitting, AUSM), extensions.
- Applications aux équations du trafic routier. Solveurs industriels et TP en MatLab

### Organisation du cours

Introduction générale et motivations

Première partie : Calcul scientifique en mécanique des fluides (cours, TD, TP)

Deuxième Partie : Calcul Scientifique en mécanique des solides (cours, TD, TP)

Conclusions et échanges

## Support

- Polycopié en français
- Logiciel Comsol et Matlab ou Scilab.

## Évaluation

Contrôle de 3 h dont 1h30 pour la mécanique des solides et 1h30 pour la mécanique des fluides, avec tous les documents

## MA2620

### Equations différentielles et systèmes dynamiques

**Responsable** : Laurent Dumas

**Langue d'enseignement** : français – **Heures** : 36 – **ECTS** : 3

**Prérequis** : Aucun

**Période** : S8 Électif 10 février à juin IN28IE3, SEP8IE3

#### Objectifs

Après quelques rappels et compléments sur les équations différentielles (existence, unicité, méthodes numériques), une introduction aux systèmes dynamiques sera proposée: systèmes linéaires ou non linéaires, fonctions de Lyapunov, systèmes de flot gradient, systèmes hamiltoniens. Ce cours sera illustré par de nombreux exemples issus de différents domaines (physique, économie, biologie, etc...) et complété par des séances informatiques sur machine avec les logiciels Matlab et Scilab.

#### Compétences acquises en fin de cours

Bases théoriques des systèmes dynamiques. Programmation numérique associée avec Matlab/Scilab.

#### Contenu

- ◇ Equations différentielles : théorème de Cauchy Lipschitz, méthodes numériques associées.
- ◇ Systèmes dynamiques linéaires : points d'équilibre, stabilité, étude locale.
- ◇ Systèmes dynamiques non linéaires : linéarisation, fonctions de Lyapounov.
- ◇ Etude de cas particuliers : système de type flot gradient, systèmes hamiltoniens.
- ◇ Etude de quelques exemples issus de la physique, de l'économie, de la biologie.

#### Organisation du cours

Cours 22h, TD 11h, contrôle final 3h.

#### Support

Notes de cours.

Conseil de photocopiés de cours analogues.

<http://dumas.perso.math.cnrs.fr/ecp2014.html>

#### Évaluation

La note est composée pour moitié d'une note de contrôle continu et de la note de l'examen écrit final de 3h (avec document).



## MA2630

### Distributions et opérateurs

**Responsable** : Pauline Lafitte

**Langue d'enseignement** : français – **Heures** : 36 – **ECTS** : 3

**Prérequis** : Avoir suivi le cours MA1400 ou équivalent. Analyse (intégrale de Lebesgue, analyse de Fourier, analyse hilbertienne), équations aux dérivées partielles.

**Période** : S7 Électif 02 septembre à décembre IN27DE2, FEP7DE2

#### Objectifs

Ce cours théorique revient à la genèse des concepts d'analyse fonctionnelle présentés dans les cours d'Analyse et d'Equations aux dérivées partielles de première année.

Historiquement, les distributions et les opérateurs ont été introduits pour donner un cadre mathématique adapté à la formalisation de problèmes issus de la physique. Ainsi ont été généralisés les concepts de fonctions en fournissant une théorie pour traiter de manière rigoureuse des questions fondamentales de l'analyse (interversion de limites, interversion limite-intégrale, transformée de Fourier...).

Ces concepts permettent d'apporter une réponse : dans quel espace fonctionnel doit-on chercher la solution du problème pour qu'il soit *bien posé au sens de Hadamard*, c'est-à-dire pour qu'il ait une et une seule solution qui dépende continûment des données ? En particulier, le concept de topologie (générale) sur de tels espaces revêt un rôle essentiel pour étudier la question de la continuité et plus généralement celle de la convergence. Selon les cas considérés, elles peuvent être définies par une distance, une norme ou une semi-norme.

Dans le cadre de la théorie générale des processus stochastiques (ou fonctions aléatoires), les distributions et opérateurs constituent les outils mathématiques de base pour étudier les processus gaussiens ou des extensions du mouvement brownien classique. Les concepts étudiés dans ce cours sont à la base de la représentation de ces processus sous forme spectrale ou intégrale, qui permet leur étude fine (propriétés géométriques, propriétés de Markov, définition d'une intégrale stochastique, etc.)

#### Compétences acquises en fin de cours

Théorie de l'analyse fonctionnelle. Ce cours constitue un fondement important pour les étudiants souhaitant poursuivre un Master 2 en lien avec les mathématiques fondamentales (par exemple en Analyse, Equations aux dérivées partielles ou Probabilités).

#### Contenu

Ce cours de mathématiques fondamentales est organisé autour de l'étude théorique des notions suivantes :

- Théorèmes de Hahn-Banach
- Opérateurs non bornés
- Topologies faibles
- Concepts avancés de distributions
- Formules intégrales de représentation des solutions d'EDP linéaires (transport, Laplace, chaleur, ondes)
- Théorème de représentation de Bochner

Au sein de chacun de ces thèmes, la majeure partie des résultats sont démontrés rigoureusement en cours.

## **Organisation du cours**

Cours magistraux durant lesquels les concepts et les résultats sont exposés et démontrés au tableau. Séances d'exercices d'application sous forme de travaux dirigés.

## **Support**

Notes de cours et éléments de correction d'exercices en ligne.

## **Évaluation**

Devoir libre facultatif + Contrôle Intermédiaire obligatoire 1h30 sans document + Contrôle Final obligatoire écrit 3h sans document

## MA2814

### Introduction à la modélisation aléatoire

**Responsable** : Fabrice Borel-Mathurin

**Langue d'enseignement** : anglais – **Heures** : 36 – **ECTS** : 3

**Prérequis** : Avoir suivi les cours MA1200 et MA1300 ou équivalent. Formalisme des probabilités : espace de probabilité, événements, mesures de probabilités. Variables aléatoires et espérances. Probabilité sur  $\mathbb{R}$ , fonctions caractéristiques. Vecteurs gaussiens. Suites de variables aléatoires. Tests statistiques. Régression. Attention : les étudiants ayant suivi le cours MA2300 ne seront pas autorisés à suivre ce cours.

**Période** : S8 Électif 12 mars à juin IN28IE5, SEP8IE5

#### Objectifs

Ce cours fait suite au cours de base de probabilités MA1200. Dans un format pédagogique "de l'exemple à la théorie", il introduit la problématique de modélisation de phénomènes à forte variabilité ou incertains, présente dans différents secteurs de l'industrie.

Une part importante du cours est consacrée à la revisite des bases des probabilités. L'accent est particulièrement mis sur l'étude d'exemples concrets.

Ce cours est une introduction à l'étude des processus stochastiques, intervenant notamment en modélisation physique ou financière ainsi qu'en traitement du signal ou de l'image. A cette fin, les étudiants étudieront les familles les plus importantes de processus stochastiques à temps discret : marches aléatoires, martingales et chaînes de Markov. Celles-ci constituent les concepts de base à la définition de stratégies et algorithmes de simulation. Les concepts permettant de les maîtriser (notions de probabilités discrètes, espérance conditionnelle, temps d'arrêt, etc...) seront rappelés au début du cours.

Contrairement au cours MA2300, l'étude d'exemples concrets issus de domaines divers de l'ingénierie (réseau et internet, jeu, etc.) prend davantage d'importance que la définition des fondements théoriques rigoureux. Un grand nombre de travaux dirigés illustrant les cas d'applications les plus fréquents seront proposés pour chacun des thèmes enseignés. Des implémentations de certaines implémentations de modèles très spécifiques (ex: PageRank de Google) pourront être vues en cours suivant le déroulement du cours.

#### Compétences acquises en fin de cours

Mise en oeuvre de modèles probabilistes de base et ceux classiques en temps discret pour décrire des phénomènes aléatoires ou incertains.

#### Contenu

En cours:

- ◇ Rappels de probabilités de base (9h)
- ◇ Martingales à temps discrets (12h)
- ◇ Chaînes de Markov (12h)

Travail en temps personnel:

- ◇ Implémentation/Cas pratiques (10 à 15h)

#### Organisation du cours

Amphis : 21h, Petites classes : 12h, Travail maison : 3 à 6h, Contrôle final : 3h

#### Support

Notes de cours et référence

## Évaluation

Contrôle intermédiaire obligatoire (classe ou en travail à la maison)

Contrôle facultatif (projet)

Contrôle écrit de 3h

## MA2815

### Modélisation mathématique pour la biologie

**Responsable** : Véronique Letort

**Langue d'enseignement** : français – **Heures** : 36 – **ECTS** : 3

**Prérequis** : Aucun

**Période** : S8 Électif 12 mars à juin IN28IE5, SEP8IE5

#### Objectifs

On assiste actuellement à une demande croissante pour des profils interdisciplinaires biologie-mathématique, que ce soit dans le secteur public ou privé et l'ingénieur occupe aujourd'hui une place incontournable dans le secteur des sciences du vivant. Dans ce contexte, la modélisation joue un rôle central.

L'objectif de ce cours est de présenter les méthodes mathématiques nécessaires au développement, à l'analyse et à l'évaluation d'un modèle. La plupart de ces méthodes sont génériques et peuvent s'appliquer à de nombreux domaines mais prennent une importance toute particulière en sciences du vivant, domaine dans lequel les modèles sont encore peu standardisés, les phénomènes extrêmement complexes, les systèmes peu ou partiellement observables, la variabilité très importante.

Le but de ce cours, intégratif par essence, est de :

- ◇ donner aux élèves un aperçu des problématiques posées par les sciences du vivant, de l'intérêt de l'approche par modélisation mathématique et les différents types de modèles ainsi que leurs objectifs
- ◇ leur présenter la démarche générale de modélisation : identification des mécanismes biologiques à modéliser, choix et /ou développement d'un formalisme mathématique adapté, développement d'un outil de simulation adapté, comportement du modèle, analyse de sensibilité locale et globale (basées sur la variance), identifiabilité structurelle et pratique, estimation paramétrique à partir de données expérimentales, évaluation et comparaison de modèles ; le tout dans une démarche applicative.
- ◇ les faire mettre en pratique au travers d'un projet qui servira de fil conducteur tout au long du cours

#### Compétences acquises en fin de cours

Connaissance de différentes approches de modélisation et des outils mathématiques associés à l'analyse et l'évaluation des modèles, en tenant compte des caractéristiques des systèmes vivants (grande variabilité, redondances, interactions multi-échelles, etc)

Développement des capacités d'analyse critique et de prise de recul vis à vis de modèles présentés dans la littérature.

Pratique du langage R pour la mise en oeuvre.

#### Contenu

- ◇ A quoi servent les modèles en biologie ? Les différents grands types de modèles et leurs propriétés. Présentations de 2 grandes familles de modèles permettant en particulier de prendre en compte de la structure des objets biologiques dans le modèle : méthodes et langages pour représenter des structures dynamiques (automates, L-systèmes, grammaires, ...).
- ◇ Méthodes et outils génériques pour l'analyse des modèles : analyse de sensibilité locale et globale (méthodes SRC, PCC, de Sobol, FAST, Morris), balayage général des méthodes d'estimation paramétrique, méthodes d'identifiabilité structurelle (méthode des fonctions de transfert en domaine de Laplace, pour des systèmes différentiels du 1er ordre linéaires) et pratique (méthode ACE et FME), discernabilité et comparaison de modèles, présentation de quelques heuristiques inspirées de la biologie pour l'optimisation discrète.

- ◇ Exemples puisés dans divers domaines de la biologie : dynamique des populations, modèles de croissance des plantes, écologie, croissance cellulaire, épidémiologie...
- ◇ Projet d'application. Sur un même problème biologique (choisi par l'étudiant) sont proposés deux articles de journaux scientifiques : l'un présentant un modèle simple qui sera à coder sous R et à analyser en mettant en oeuvre les différentes méthodes vues en cours, l'autre présentant soit un modèle plus complexe soit une revue de différents modèles, qui sera à synthétiser et présenter.
- ◇ Interventions de conférenciers de ces divers domaines

## Organisation du cours

Cours : 18h, Travaux pratiques, projet et conférences : 18h

## Support

Transparents et fiches-résumés en français

## Moyens

J'assurerai la majorité des enseignements. Travaillant en modélisation mathématique pour la biologie au laboratoire MAS de l'ECP, je me rends généralement disponible pour répondre aux questions des élèves. Les conférenciers sont des chercheurs ou des industriels travaillant dans le domaine.

## Évaluation

Rapport et présentation orale des projets réalisés, avec questions sur le cours lors de la présentation orale. Un bilan intermédiaire, non évalué, est demandé à mi-parcours pour vérifier l'avancement et débloquer si besoin.

## MA2822

### Statistique avancée

**Responsable** : Gilles Faÿ

**Langue d'enseignement** : français – **Heures** : 36 – **ECTS** : 3

**Prérequis** : Avoir suivi le cours MA1300 ou équivalent.

**Période** : S6 Électif 01 février à avril IN16DE1, SEP6DE1  
S8 Électif 08 février à avril IN28IE1, SEP8IE1

### Objectifs

Dans ce cours, les notions fondamentales de la statistique étudiées dans le cours de MA1300 sont mises en situation. L'objectif est de confronter les modèles et les méthodes à leurs limites et d'acquérir des notions théoriques et pratiques en statistique non-paramétrique, multivariée et pour les données dépendantes. Il s'appuie sur des applications tirées de domaines divers et fournit un complément de bases pour les cours plus avancés d'apprentissage statistique et de fouille de données.

### Compétences acquises en fin de cours

- ◇ Modélisation aléatoire de type non-paramétrique
- ◇ Utilisation renforcée du logiciel R
- ◇ Mise en oeuvre et développement d'un modèle prédictif
- ◇ Validation et limites des modèles statistiques

### Contenu

- ◇ Régression linéaire multivariée, sélection de modèles
- ◇ Régression non-paramétrique, estimation non-paramétrique de densité, sélection de largeur de bande
- ◇ Modélisation markoviennes des données, estimation d'un tel modèle.
- ◇ Méthodes de simulation de Monte-Carlo et de ré-échantillonnage (bootstrap)
- ◇ Méthode de validation croisée
- ◇ Étude de la complexité d'un modèle statistique

### Organisation du cours

Amphis : 20h, Petites classes : 6h, Travaux pratiques : 7h, Contrôle : 3h

### Support

- ◇ Polycopié de cours, fascicule d'exercices, diapositives en ligne

### Moyens

Cours en amphi : Gilles Faÿ

Assistants de TD et de PC : enseignants-chercheurs ou doctorants du laboratoire MAS

### Évaluation

Examen final de 2h sans documents ni ordinateur, et note de contrôle continu.

## MA2823

### Introduction à la théorie de l'apprentissage

**Responsable** : Matthew Blaschko

**Langue d'enseignement** : anglais – **Heures** : 36 – **ECTS** : 3

**Prérequis** : Aucun

**Période** : S7 Électif 06 novembre à décembre IN27DE6, FEP7DE6

#### Objectifs

Le cours est une introduction à l'apprentissage pour familiariser l'étudiant avec les concepts suivants :

- ◇ la compréhension des techniques de base de l'apprentissage : risque, surapprentissage, régularisation, estimateurs, théorème du « no free lunch », signification statistique
- ◇ l'appréciation de la façon d'appliquer l'apprentissage automatique aux problèmes du monde réel : prise de décision, vision par ordinateur, bioinformatique, découverte de médicament
- ◇ la connaissance d'une gamme de techniques et de leurs avantages relatifs : réseaux de neurones, modèles graphiques, risques régularisés, méthodes bayésiennes, méthodes à noyaux
- ◇ la compréhension des relations entre l'optimisation et l'apprentissage : convexité, méthode des plans sécants (*cutting plane method*), solveurs des éléments propres (*eigensolvers*)

#### Compétences acquises en fin de cours

- ◇ Savoir utiliser des expériences d'apprentissage significatives, avec les tests statistiques classiques
- ◇ Capacité à appliquer une grande variété de techniques d'apprentissage à de nombreux problèmes réels, dont ceux non mentionnés dans ce cours
- ◇ Capacité à analyser des algorithmes d'apprentissage, à comprendre leurs composants et à déterminer leurs forces relatives et leurs conditions d'applications

#### Contenu

- ◇ Risque statistique
- ◇ Surapprentissage
- ◇ Régularisation
- ◇ Estimateurs statistiques
- ◇ Tests de signification statistique
- ◇ Algorithmes d'apprentissage
- ◇ Applications de l'apprentissage

#### Organisation du cours

Amphis: 21h, Projets et démos : 12h, contrôle : 3h

#### Support

- ◇ Hastie, Tibshirani, and Friedman, The Elements of Statistical Learning, 2<sup>nd</sup> Edition, Springer Verlag, 2009
- ◇ Shawe-Taylor and Cristianini, Kernel Methods for Pattern Analysis, Cambridge University Press, 2004
- ◇ Bishop, Pattern Recognition and Machine Learning, Springer Verlag, 2009



## Évaluation

- ◇ Devoirs à la maison et projets
- ◇ Note : 35% devoirs écrits, 35% projets, 30% examen final (pour lequel l'accès aux documents, calculatrice, etc. n'est pas autorisé).

## MA2824 Géométrie différentielle

**Responsable** : Antoine Chambert-Loir

**Langue d'enseignement** : français – **Heures** : 36 – **ECTS** : 3

**Prérequis** : Avoir suivi un cours avancé d'analyse, calcul infinitésimal et intégral

**Période** : S8 Électif 09 février à avril IN281E2, SEP81E2

### Objectifs

Ce cours constitue une partie du cours de géométrie différentielle du Master de Mathématiques fondamentales de l'université Paris XI. Les concepts de base de géométrie différentielle et de géométrie riemannienne sont des outils fondamentaux pour l'étude des équations différentielles et la relativité générale (cf. cours PH2500). Dans ce cours de mathématiques théoriques, seront introduites les notions fondamentales de géométrie différentielle en en présentant de nombreuses applications en géométrie et topologie.

### Compétences acquises en fin de cours

Bases théoriques de géométrie différentielle : variétés, opérations sur les champs de vecteurs, formes différentielles et métrique riemannienne

### Contenu

Topologie et calcul différentiel dans l'espace à  $n$  dimensions

- ◇ Théorème d'inversion locale ; théorème de Brouwer, invariance du domaine ; théorème de Borsuk-Ulam ; théorème de Jordan

Théorème des fonctions implicites, sous-variétés

- ◇ Champs de vecteurs, équations différentielles, théorème de Cauchy-Lipschitz
- ◇ Exponentielle matricielle, sous-groupes fermés du groupe linéaire

Courbes planes, courbes dans l'espace à 3 dimensions

- ◇ Longueur, courbure

Surfaces dans l'espace à 3 dimensions

- ◇ Longueur des arcs, aire
- ◇ Courbure moyenne, courbure de Gauss, surfaces minimales
- ◇ Théorème de Gauss-Bonnet

Compléments (éventuellement traités dans le cours de M1 dont ce cours est le début)

- ◇ Laplacien, spectre d'une surface
- ◇ Rudiments de théorie de Morse
- ◇ Vers les variétés et les variétés riemanniennes

### Organisation du cours

Amphis : 21h, Petites Classes : 12h, Contrôle : 3h

Les cours auront lieu à Orsay.

### Support

- ◇ Notes de cours
- ◇ Conseil de photocopies de cours analogues
- ◇ J. Thorpe, Elementary Topics in Differential Geometry, Springer-Verlag
- ◇ J. Milnor, Topology from the differentiable viewpoint, Princeton Univ.
- ◇ S. Lang, Differential and Riemannian Manifolds, Springer-Verlag

## Évaluation

Contrôle final écrit de 3h, sans document

# MA2825

## Algèbre et cryptologie

**Responsable** : Damien Vergnaud

**Langue d'enseignement** : français – **Heures** : 36 – **ECTS** : 3

**Prérequis** : Avoir suivi un cours d'algèbre de base (de type classe préparatoire ou L3).

**Période** : S8 Électif 11 mars à juin IN28IE4, SEP8IE4

### Objectifs

Ce cours théorique vise à présenter des concepts et outils fondamentaux d'algèbre commutative via le prisme de la cryptologie moderne. En particulier, sont introduits certains éléments de théorie des nombres (corps finis, loi de réciprocité quadratique, courbes elliptiques).

La cryptographie est un ensemble de techniques qui permettent d'assurer la sécurité des systèmes d'information. Cette discipline, à la frontière des mathématiques, de l'informatique et de l'électronique, permet notamment de conserver aux données leur caractère confidentiel, de contrôler leur accès ou d'identifier des documents.

Parallèlement aux concepts mathématiques fondamentaux, ce cours introduira les outils algorithmiques et informatiques nécessaires aux applications. Il se propose de présenter les notions de base d'algèbre et d'étudier en détail certaines structures algébriques utiles pour la cryptologie à clé publique (anneaux  $Z/nZ$ , anneaux de polynômes, corps finis, ...). Il abordera également des notions de théorie algorithmique des nombres, avec pour objectifs certaines applications récentes à la cryptologie.

### Compétences acquises en fin de cours

Outre les éléments de base de la cryptologie moderne, ce cours apportera aux étudiants une culture solide en algèbre et théorie des nombres. Il constitue un fondement important pour les étudiants souhaitant poursuivre un Master 2.

### Contenu

- ◇ Groupes, anneaux, corps.
- ◇ Arithmétique. Loi de réciprocité quadratique
- ◇ Algorithmes algébriques élémentaires
- ◇ Cryptosystèmes à clé publique. Tests de primalité
- ◇ Anneaux des polynômes à une ou plusieurs indéterminées. Corps finis
- ◇ Codes correcteurs d'erreurs. Codes cycliques
- ◇ Courbes elliptiques sur les corps finis.

### Organisation du cours

Cours 22h, TD 9.5h.

### Support

Notes de cours et éléments de correction d'exercices en ligne.

### Évaluation

Contrôle Intermédiaire Obligatoire 1h30 sans document + Contrôle Final Obligatoire écrit 3h sans document.

## MA2826

### Mathématiques discrètes pour l'informatique

**Responsable** : Marc Aiguier

**Langue d'enseignement** : français – **Heures** : 36 – **ECTS** : 3

**Prérequis** : Aucun

**Période** : S6 Électif 01 février à avril IN16DE1, SEP6DE1

S8 Électif 08 février à avril IN28IE1, SEP8IE1

#### Objectifs

Comprendre les principes fondamentaux et les outils formels (i.e. mathématiquement fondés) à la base de toutes les méthodes de conception et d'implantation des systèmes informatiques. Il sera alors abordé dans ce cours les notions fondamentales aux fondements :

- ◇ de l'induction et la récurrence (théorie des treillis, ensemble bien-fondé et équivalence avec l'induction mathématique). L'objectif est de formaliser les notions fondamentales d'induction et récursivité sous-jacentes à toutes les mathématiques discrètes.
- ◇ de l'algorithmique (fonctions récursives de Gödel/Herbrand, machine de Turing et lambda-calcul et tous les théorèmes de point fixe ainsi que les résultats d'indécidabilité associés). L'idée est de définir formellement (i.e. mathématiquement) ce qu'est un problème de décision et donner une dénotation formelle à la notion d'algorithme (thèse de Church).
- ◇ de la théorie de la complexité (classe de complexité P et NP, et structuration de la classe NP - problèmes NP-complets et NP-durs).
- ◇ de la conception des systèmes (langages rationnels et automates). L'objectif est d'étudier un outil formel à la base de toutes les méthodes de modélisation des systèmes informatiques.

#### Compétences acquises en fin de cours

Savoir aborder la modélisation « discrète » d'un problème donné en vue de son implantation informatique (problème décidable), et avoir compris les outils formels fondamentaux pour cette modélisation.

#### Contenu

##### Fondements de l'induction et la récursivité

- ◇ Ordre et préordre
- ◇ Majorants et minorants
- ◇ Ensembles bien fondés et induction
- ◇ Treillis et points fixes (treillis complets et fonctions continues, points fixes et fonctions monotones)

##### Fondements de l'algorithmique (Fonctions calculables et problèmes décidables, et théorie de la complexité)

- ◇ **Fonctions récursives (FR)** : Fonctions primitives récursives, Fonctions récursives (Problème de la fonction d'Ackermann), définition d'un problème décidable, indécidabilité du problème de l'arrêt, calculabilité sur les listes et les arbres (fonctions de codage), Fonction récursive universelle (interpréteur).
- ◇ **Calcul pas à pas (autres modèles de calcul)** : Machines de Turing (MT), théorèmes d'équivalence (FR MT LC), thèse de Church.
- ◇ Théorie de la complexité (complexité en temps, classes P et NP, structuration de la classe NP - problèmes NP-complets et NP-durs, un premier problème NP-complet)

**Langages rationnels et automates**

- ◇ Monoïde libre
- ◇ Langages rationnels (lemme du pompage)
- ◇ Automates finis (systèmes de transition étiquetés, complétion, détermination, minimalité, opérations algébriques)

**Support**

Il sera fourni au début du cours un polycopié en français, et l'énoncé des travaux dirigés pour chacune des pcs concernée

**Évaluation**

Un examen écrit de 3h sera effectué lors de la dernière séance. Pour cet examen ne sont autorisés que le polycopié ainsi que l'énoncé des pcs et leur correction. Les ordinateurs portables et tout autre document ne sont pas autorisés.

## MA2827

### Fondements de l'optimisation discrète

**Responsable** : Pawan Kumar

**Langue d'enseignement** : anglais – **Heures** : 36 – **ECTS** : 3

**Prérequis** : Des connaissances de base de la théorie des graphes seront utiles, mais pas nécessaires puisque le cours sera indépendant. Des compétences en programmation (dans la langue de programmation de votre choix) seront nécessaires pour compléter les exercices de laboratoire.

**Période** : S8 Électif 12 mars à juin IN28IE5, SEP8IE5

### Objectifs

L'optimisation discrète porte sur le sous-ensemble des problèmes d'optimisation où une partie ou toutes les variables sont limitées à prendre une valeur à partir d'un ensemble discret. Les exemples incluent plusieurs problèmes majeurs dans divers domaines des mathématiques appliquées et de l'informatique, tels que :

- ◇ Trouver la meilleure route (la plus courte, la moins chère, la plus pittoresque) d'un endroit à un autre.
- ◇ Relier des villes à l'aide d'un réseau routier qui minimise les coûts.
- ◇ Sélectionner un sous-ensemble de projets, chacun nécessitant un sous-ensemble des ressources disponibles, afin de maximiser les profits.
- ◇ Trouver la meilleure répartition d'étudiants dans les universités.

Dans ce cours, nous allons étudier les concepts fondamentaux de l'optimisation discrète tels que les algorithmes gloutons, la programmation dynamique et les relations max et min. Chaque concept sera illustré par le biais de problèmes connus tels que les chemins les plus courts, l'arbre couvrant de poids minimal, coupe minimum, flot maximum et de l'appariement (couplage ?) bipartis. Nous allons également identifier les problèmes faciles des problèmes difficiles, et brièvement discuter de la façon d'obtenir une solution approchée à des problèmes difficiles.

### Compétences acquises en fin de cours

- ◇ Identifier les problèmes d'optimisation faciles de ceux qui sont difficiles.
- ◇ Concevoir des algorithmes efficaces pour les problèmes faciles.
- ◇ Avoir une compréhension de base sur la façon dont les problèmes difficiles peuvent être résolus approximativement.

### Contenu

Les sujets suivants, entre autres, seront abordés dans le cours.

- ◇ Les plus courts chemins
- ◇ L'arbre couvrant de poids minimal, Chaines disjointes ( ?)
- ◇ Coupe minimum et débit maximum
- ◇ Appariement (couplage ?) bipartis
- ◇ P, NP et NP- problèmes entiers
- ◇ Convexes relaxations

Une description plus détaillée des sujets se trouve ci-dessous.

1. Chemin le plus court

Résumé. Étant donné un graphe orienté (sommets, des arcs et des longueurs d'arc), le but est de trouver la longueur minimale ou le plus court chemin d'un sommet à l'autre. Ce problème peut être résolu de manière efficace lorsque le graphe ne contient pas de circuit de longueur négative dirigée.

Préliminaires:

- ◇ Graphique
- ◇ Complexité

Chemin le plus court :

- ◇ Algorithme de parcours en largeur
- ◇ L'algorithme de Dijkstra
- ◇ L'algorithme de Bellman-Ford
- ◇ L'algorithme de Floyd-Warshall

## 2. L'arbre couvrant de poids minimal, Chaines disjointes ( ? )

Résumé. Étant donné un graphe non orienté (sommets, arêtes et des longueurs de bord), un arbre couvrant de poids minimum est un sous-graphe qui se compose de tous les sommets et dont les arêtes forment un arbre. L'arbre couvrant de poids minimum nous oblige à trouver l'arbre couvrant avec la longueur minimum. Le problème des longueurs d'arêtes arbitraires (valeur réelle) peut être résolu efficacement. Étant donné un graphe orienté, le problème des chemins disjoints nous oblige à trouver le nombre maximum de chemins en arc ? disjoints entre deux sommets, où deux chemins ont des arcs disjoints ? s'ils n'ont pas d'arc en commun. Le problème revient à trouver le nombre maximum de chemins disjoints par les sommets entre deux sous-ensembles de sommets, et le nombre maximum de sommets intérieurement disjoints entre deux sommets. Tous les problèmes de chemins disjoints peuvent être résolus de manière efficace.

L'arbre couvrant de poids minimum:

- ◇ L'algorithme de Prim
- ◇ L'algorithme de Kruskal

Chemin disjoints:

- ◇ Le théorème de Menger (s)
- ◇ Algorithme pour trouver le nombre maximum de chemins (en ?) arc-disjoints

## 3 - Coupe minimum, flot maximum

Résumé. Le flot / débit est une fonction sur les arcs d'un graphe orienté de telle sorte que sa valeur n'est pas négative, inférieure à la longueur (ou la capacité) de l'arc, et pour tous les sommets autre qu'un sommet de la source et un sommet du puits, l'excédent de flot/débit est 0. Le problème du flot/débit maximal nous oblige à trouver le flot/débit avec la valeur maximale. Une coupe est un ensemble d'arcs à partir d'un sous-ensemble de sommets qui contiennent la source d'un autre sous-ensemble de sommets/arcs qui contiennent le puits. Le problème de coupe minimum nous oblige à identifier les sous-ensembles de sommets qui minimisent la capacité de la coupe. Le problème de débit/flot maximum et le problème de la coupe minimum sont équivalents, et les deux peuvent être résolus de manière efficace, pour des graphes orientés, avec des capacités d'arc non-négatives.

- ◇ Théorème de flot max-coupe min
- ◇ Algorithme de Ford-Fulkerson
- ◇ L'algorithme de Dinit

## 4. Flot de coût minimum et Circulations

Résumé. Étant donné un graphe orienté, avec une fonction pour chaque arc qui mesure le coût de passage d'un flot/débit unitaire par l'arc, le problème de flot à coût minimum nous oblige à trouver le flot/débit avec le coût le plus bas. Les circulations sont une variante des flots/débits sans source ou puits. Compte tenu de la fonction de coût et une fonction de demande, le problème de la circulation de coût minimum nécessite de trouver la circulation avec le coût le plus bas de telle sorte que le débit/flot dans chaque arc est supérieur ou égal à la demande. Les deux problèmes peuvent être résolus efficacement.



- ◇ Réduire le plus court chemin et le débit/flot maximum à des flux de coût minimum
- ◇ Réduire des coûts le débit minimum au coût minimum de circulation
- ◇ Algorithme pour le calcul du coût de la circulation minimum

#### 5. l'appariement (couplage) bipartis

Résumé. Étant donné un graphe non orienté, un appariement/couplage est un ensemble d'arêtes disjointes. Le poids d'un couplage est la somme des longueurs ou des poids des arêtes contenues dans le bord/les arêtes. Le problème de couplage nous oblige à trouver la correspondance des poids maximums d'un graphe donné. Le problème peut être résolu de manière efficace dans le cas d'un graphe biparti.

- ◇ Théorème de Konig
- ◇ Algorithme de cardinalité de couplage bipartite
- ◇ Algorithme hongrois pour l'appariement biparti pondéré

#### 6. problèmes P, NP et NP-complets

Résumé. Nous définissons deux types de problèmes de décision (les problèmes avec une réponse en « oui » ou « non »): ceux qui ont un algorithme polynomial (P), et ceux qui ont un certificat vérifiable en temps polynomial (NP). Tout problème NP peut être réduit au problème de satisfiabilité (SAT) (ou problème de satisfaisabilité booléenne), ce qui rend SAT NP-complet. Le NP-complétude de plusieurs autres problèmes est prouvé par la réduction de SAT à ces problèmes. Nous définissons également des problèmes NP-difficiles/complets, qui peuvent ne pas avoir les certificats vérifiables en temps polynomial, et peut-être même pas être des problèmes de décision.

- ◇ Machine à accès aléatoire
- ◇ Théorème de Cook
- ◇ Réduction

#### 7. Relaxations convexes

Résumé. Les relaxations convexes offrent une manière élégante d'obtenir des solutions approximatives pour des problèmes difficiles (NP-complets). L'idée est de formuler un problème comme un programme entier, puis relaxer les contraintes entières pour obtenir un programme convexe, qui peut être résolu efficacement. Nous montrons quelques exemples bien connus de relaxations convexes précises pour la coupe multi séparatrice et le problème de coupe maximale.

- ◇ Préliminaires de programmation convexes
- ◇ Coupe multi séparatrice
- ◇ Coupe maximale

### Organisation du cours

Le cours se compose de sept conférences (3 heures chacune), qui couvrira les sujets mentionnés ci-dessus.

Elles seront complétées par cinq séances de laboratoire (3 heures chacune), où les élèves écriront le code pour les problèmes suivants:

- ◇ 1. Calcul des chemins les plus courts du métro parisien
- ◇ 2-3. Segmentation interactive de l'image binaire par coupe minimum
- ◇ 5.4. Photo automatique -couture (pique ? autre ?) par couplage bipartite

### Support

Les diapositives seront disponibles sur la page web de l'instructeur (<http://cvn.ecp.fr/personnel/pawan/teaching.html>). Les étudiants sont encouragés à regarder les diapositives des cours donnés précédemment pour avoir une idée du niveau de détail.

En outre, les notes de cours d'Alex Schrijver pourront également être utiles (<http://homepages.cwi.nl/~lex/files/dict.pdf>).

Les annales d'examen et d'autres exemples de problèmes seront fournis sur la page Web de l'instructeur.

## Évaluation

Les élèves seront évalués sur la base de leur travail de laboratoire (50%) et un examen final de 3 heures (50%). L'utilisation de documents imprimés tels que des diapositives, des notes et des manuels sera autorisée pendant l'examen. Aucun appareil électronique ne sera autorisé. Les points bonus seront disponibles pour la participation en classe et pourront jouer un rôle très important dans votre note finale.

**Mécanique, Génie civil**

# MG1100

## Mécanique

**Responsable** : Denis Aubry

**Langue d'enseignement** : français – **Heures** : 45 – **ECTS** : 4

**Prérequis** : Connaissances d'algèbre linéaire (matrices, déterminants, produit scalaire et vectoriel), analyse mathématique (équations différentielles, dérivées partielles, intégrales multiples, formule de Stokes), connaissances en mécanique analytique: vitesse, accélération, forces et moments développés dans les cours de mécanique rationnelle classiques

**Période** : S5 entre septembre et janvier IN15COM, FEP5COM

### Objectifs

On souhaite montrer par des applications variées l'*extrême diversité* des utilisations de la Mécanique dans les projets industriels classiques et de haute technologie. Les concepts de base sont introduits dans un *cadre commun et unifié* à la mécanique des corps rigides, des solides déformables et des fluides. Des problèmes impliquant la mécanique à différentes échelles illustrent le cours. Des ouvertures sont également proposées sur les applications à la *robotique*, la *biomécanique* et les *nanotechnologies*.

### Compétences acquises en fin de cours

- ◇ Identifier la pertinence de modèles de corps rigides, de poutres ou de solides déformables pour la conception et le dimensionnement
- ◇ Résoudre des problèmes simples de dimensionnement de pièces mécaniques, du point de vue de la *sécurité* et de l'*allègement*, identifier les propriétés mécaniques pertinentes des matériaux (*résistance et rigidité*)
- ◇ Evaluer les efforts exercés par les fluides en écoulement sur ces structures

### Contenu

- ◇ Déformations, contraintes, comportement, concentration de contraintes dans les solides, résistance à la fatigue
- ◇ Ecoulement, accélération convective, viscosité des fluides, interaction avec les parois, forces appliquées sur les obstacles
- ◇ Dynamique des systèmes de corps rigides en rotation dans l'espace, effets gyroscopiques
- ◇ Allongement, flexion, torsion des structures minces tridimensionnelles

### Organisation du cours

Amphis : 15 h, Petites classes : 27h, 2 Contrôles de 1h30

### Support

- ◇ Polycopié
- ◇ Exercices et problèmes
- ◇ Site web Claroline MECA, FAQ, Forum

### Évaluation

2 examens écrits (1h30 chacun). Tout document et PC autorisés.

## MG1200 Génie civil

**Responsable** : Patrick Chassagnette

**Langue d'enseignement** : français – **Heures** : 36 – **ECTS** : 3

**Prérequis** : Bases de Résistance des Matériaux et de Statique

<b>Période</b> :	S6	Électif 01	février à avril	IN16DE1, SEP6DE1
	S7	Électif 02	septembre à décembre	IN27DE2, FEP7DE2
	S8	Électif 08	février à avril	IN28IE1, SEP8IE1

### Objectifs

- ◇ Introduction au Génie Civil (géotechnique, matériaux, ouvrages, méthodes de construction), culture générale technique.
- ◇ Utilisation pratique des outils déjà acquis (mathématiques, physique, bases de mécanique et de résistance des matériaux) pour résoudre des problèmes variés en les simplifiant, au travers d'exercices de "mise en situation".
- ◇ Acquisition de raisonnements simples et prise de conscience de l'importance d'une appréciation correcte des ordres de grandeur.
- ◇ Prise en compte des incertitudes sur toutes les hypothèses de justification des ouvrages, et cas particulier de la protection parasismique.
- ◇ Interactions ouvrage – environnement. Conception et développement durable. Choix des méthodes et conséquences.

### Compétences acquises en fin de cours

Connaissance générale des activités de la construction (conception, méthodes de construction, ...).

Appréciation des ordres de grandeur (notes de calculs).

Notions de Développement Durable appliqué à la construction.

### Contenu

- ◇ Généralités : les métiers du Génie Civil ; démarche du besoin à l'exécution d'un ouvrage en passant par les étapes de conception et la dévolution des marchés.
- ◇ Rappels des bases de calcul de RdM.
- ◇ Mécanique des sols élémentaire, reconnaissance géotechnique, fondations superficielles et profondes, amélioration ou renforcement d'un sol.
- ◇ Charpente métallique, charpente bois.
- ◇ Matériau béton, béton armé, béton précontraint, concepts et calculs élémentaires.
- ◇ Durabilité des matériaux.
- ◇ Méthodes antérieures et méthode des états limites.
- ◇ Ponts courants, viaducs : structures transversale et longitudinale, procédés de construction.
- ◇ Barrages : technologies, méthodes de construction, drainage et étanchéité, maîtrise des crues, surveillance.
- ◇ Ouvrages maritimes (digues, quais, ducs d'Albe, formes de radoub). Conception. Méthodes de construction.
- ◇ Soutènements en déblai et en remblai (murs poids, écrans, sols renforcés) : technologies, méthodes de justification, méthodes de réalisation, cas d'un batardeau.
- ◇ Ossatures des bâtiments, contreventement, descente de charges.
- ◇ Fondements de la protection parasismique.

## Organisation du cours

Amphis ou Petites Classes en fonction du sujet traité.

## Support

Polycopié (en français).

PowerPoint utilisé en Petites Classes.

## Moyens

Professeurs : Ingénieurs et spécialistes appartenant aux plus importantes sociétés françaises de BTP (conception, réalisation, ...).

## Évaluation

Évaluation en deux étapes :

1 - (40%) : Épreuve écrite de Résistance des Matériaux.

2 - (60%) : Présentation orale (45-60 min) d'un projet de construction réalisé en groupes de 4-6 élèves.

# MG1300

## Dynamique des structures et acoustique

**Responsable** : Pierre-Etienne Gautier

**Langue d'enseignement** : français ou anglais – **Heures** : 36 – **ECTS** : 3

**Prérequis** : Avoir suivi le cours MG1100 ou équivalent. Mécanique des milieux continus

**Période** : S7 Électif 04 septembre à décembre IN27DE4, FEP7DE4

### Objectifs

Les phénomènes dynamiques tant vibratoires que propagatifs jouent, en mécanique, un rôle essentiel dans de nombreux domaines : géophysique, sonars, tenue des ouvrages au vent ou à la houle, stabilité et confort des véhicules aéronautiques et terrestres, machines tournantes, contrôle non-destructif, échographie, actionneurs...

L'objet de ce cours est ainsi de fournir aux étudiants les connaissances et les méthodes essentielles à l'analyse et la quantification de ces phénomènes tant en dynamique des structures qu'en acoustique.

### Compétences acquises en fin de cours

Notions de base en dynamique des structures, en acoustique et en interaction fluide-structure

### Contenu

- ◇ Dynamique des structures en petits déplacements et en repère fixe
- ◇ Principe des Puissances Virtuelles. Modes propres. Quotient de Rayleigh.
- ◇ Méthode de Galerkin, introduction aux éléments finis.
- ◇ Vibration des poutres
- ◇ Réponse harmonique et transitoire d'un système discrétisé
- ◇ Dynamique des systèmes sous excitation aléatoire
- ◇ Acoustique en espace infini sans écoulement
- ◇ Acoustique en espace confiné. Principe des puissances virtuelles. Modes acoustiques
- ◇ Interaction fluide-structure

### Organisation du cours

Amphis : 13h30, Petites Classes : 19h30, Contrôle : 3h

### Support

Polycopié

### Évaluation

Examen écrit de 3h

## MG1400

### Plasticité et rupture : comportement des matériaux

**Responsable** : Véronique Aubin

**Langue d'enseignement** : français – **Heures** : 36 – **ECTS** : 3

**Prérequis** : Avoir suivi le cours MG1100 ou équivalent.

**Période** : S7 Électif 03 septembre à novembre IN27DE3, FEP7DE3

#### Objectifs

Face aux exigences de durabilité, de sévérité des conditions de fonctionnement et de coût, l'ingénieur ne peut se contenter de dimensionner les structures mécaniques sous l'hypothèse simplificatrice d'élasticité linéaire isotrope vue dans le cours de mécanique MG1100. L'objectif de ce cours est ainsi de mettre en lumière le comportement de grandes classes de matériaux en fonction des conditions de sollicitation, de comprendre l'origine physique des mécanismes mis en jeu et enfin d'utiliser les modèles ad hoc pour le dimensionnement en particulier dans le cadre de méthodes numériques.

#### Compétences acquises en fin de cours

- ◇ Comportement mécanique non-linéaire des matériaux : plasticité, anisotropie, dimensionnement sous sollicitations extrêmes
- ◇ Analyse de résultats expérimentaux
- ◇ Analyse de résultats numériques obtenus par la méthode des éléments finis
- ◇ Lien entre les propriétés mécaniques et les micromécanismes physiques
- ◇ Capacité à choisir et utiliser le modèle pertinent pour le dimensionnement de structures

#### Contenu

- ◇ Dimensionnement sous chargement thermique : thermoélasticité
- ◇ Allègement des structures minces : anisotropie élastique des composites
- ◇ Élasticité des polymères et élastomères
- ◇ Plasticité des matériaux cristallins (notamment des métaux)
- ◇ Prédiction des déformations irréversibles
- ◇ Dimensionnement d'une structure par éléments finis
- ◇ Tolérance aux fissures : mécanique de la rupture
- ◇ Prédiction de la durée de vie sous sollicitation cyclique : la fatigue

#### Support

- ◇ Polycopiés des transparents du cours
- ◇ Lemaître et Chaboche, Mécanique des matériaux solides, Dunod
- ◇ Besson, Cailletaud, Chaboche, Forest, Mécanique non linéaire des matériaux, Hermès, 2001

#### Moyens

Enseignants-chercheurs de l'école, ingénieurs du CEA et de la SNCF

Utilisation d'un code éléments finis commercial

#### Évaluation

Examen écrit de 3h (70%), soutenance d'un mini-projet (30%)



## MG1500 Biomécanique

**Responsable** : Elsa Vennat

**Langue d'enseignement** : français – **Heures** : 36 – **ECTS** : 3

**Prérequis** : Notion de biologie, mécanique des milieux continus, résistance des matériaux, mécanique du mouvement.

**Période** : S7 Électif 05 novembre à janvier IN27DE5, FEP7DE5

### Compétences acquises en fin de cours

- ◇ Caractérisation et modélisation du comportement mécanique de matériaux complexes multi-échelles : notions de porosité, d'anisotropie, de visco-élasticité
- ◇ Spécificités des matériaux biologiques : protocoles expérimentaux, réparation, mécano-transduction
- ◇ Spécificités d'une approche multi-disciplinaire : dialogue entre modèles, les méthodes et les acteurs

### Contenu

- ◇ Rappels de Mécanique des Milieux continus
- ◇ Comportement mécanique de l'os et analyse multi-échelle
- ◇ Comportements anisotropes et visco-élastiques des tissus vivants
- ◇ Bases de recherche bibliographique
- ◇ Démarche expérimentale de caractérisation morphologique et mécanique des tissus biologiques (étude expérimentale et numérique)

### Organisation du cours

Amphis : 10h30, Petites Classes : 12h, Travaux pratiques : 12h, Examen : 3h

### Support

- ◇ Y.-C. Fung, Biomechanics: Mechanical Properties of Living Tissues, Springer, 1993
- ◇ S.C. Cowin, Bone Mechanics Handbook. CRC Press, Boca Raton, 2001.
- ◇ D. Aubry, Polycopié de Mécanique 1ère année, Ecole Centrale Paris.

### Évaluation

Examen écrit de 3h (50%) + rapport écrit portant sur les TP (50%)

## MG1600 Nanomécanique

**Responsable** : Ann-Lenaig Hamon

**Langue d'enseignement** : anglais\* – **Heures** : 36 – **ECTS** : 3

**Prérequis** : Avoir suivi les cours MG1100 et PH1100 ou équivalent. Fondamentaux de mécanique des milieux continus (élasticité linéaire infinitésimale isotrope); Fondamentaux de mécanique quantique, thermodynamique et physique statistique, éventuellement de cristallographie et de physique de l'état solide.

**Période** : S7 Électif 05 novembre à janvier IN27DE5, FEP7DE5

### Objectifs

Du fait de la miniaturisation croissante des systèmes, la frontière entre la mécanique et la physique est plus floue et incertaine. L'objectif de ce cours est ainsi de mettre en évidence :

- ◇ L'influence des phénomènes physiques à l'échelle atomique sur les propriétés mécaniques à l'échelle macroscopique (thermo-élasticité, anisotropie, éléments de microplasticité...);
- ◇ Les nouvelles interactions physiques à prendre en compte pour approcher le comportement mécanique des systèmes aux échelles micro et nanométriques (dynamique moléculaire pour des systèmes atomiques "discrets", mécanique quantique...).

Les nano-objets constituent un enjeu technologique majeur des décennies à venir, tant pour la santé, la société de l'information que pour l'environnement ou l'énergie. Ce cours est une introduction à l'échelle nanométrique où se retrouvent étroitement mêlés physique quantique et statistique, mécanique et thermodynamique.

### Compétences acquises en fin de cours

- ◇ Approche énergétique de la mécanique macroscopique (thermoélasticité et principe des puissances virtuelles) en relation avec l'approche variationnelle en mécanique quantique. Mise en application (notée) : "TP" numérique utilisant les éléments finis ;
- ◇ Changement de modèle selon leur pertinence pour une échelle donnée (éléments de microplasticité, modèles atomiques "classiques", physique quantique, physique statistique) ;

### Contenu

- ◇ Comportement mécanique du cristal : Anisotropie, application au cristal parfait. Thermoélasticité. Défauts cristallins : la dislocation, éléments de microplasticité ;
- ◇ Comportement des polymères et des élastomères : mécanique statistique (topologie des chaînes, réseaux, renforts) ;
- ◇ Grandeurs mécaniques à l'échelle électronique : Liaisons chimiques, molécules et cristaux ;
- ◇ Introduction à la dynamique moléculaire, aux calculs *ab initio* ;

### Organisation du cours

Les étudiants sont confrontés à la compréhension du comportement mécanique à l'échelle macroscopique de matériaux tels que des métaux ou des polymères à partir de leur constitution à l'échelle atomique. En pratique, une séance est consacrée à une visite de laboratoire couplée à une séance d'expérimentation numérique.

A l'échelle atomique, les étudiants seront confrontés à des matériaux plus ou moins désordonnés et décrits en termes probabilistes (fonctions d'ondes, moyennes) et découvriront comment, à l'échelle macroscopique, ils peuvent acquérir un comportement déterministe.

Ils prendront également conscience que pour des systèmes de taille nanométrique une telle séparation doit être remise en cause.

### **Support**

- ◇ Sur Claroline : diaporamas, corrigés des exercices, forums ;
- ◇ Polycopié incluant une bibliographie.

### **Moyens**

- ◇ Encadrement majoritairement effectué par le responsable du cours (Ann-Lenaig Hamon) pour les cours et exercices ;
- ◇ Pour le "TP" numérique, 1 enseignant supplémentaire est mobilisé.

### **Évaluation**

- ◇ "TP" numérique obligatoire avec rapport écrit (par groupe) (30% de la note finale) ;
- ◇ Contrôle des connaissances écrit (70% de la note finale).

## MG1700

### Design de maintenance de voie ferroviaire

**Responsable** : Véronique Aubin

**Langue d'enseignement** : français – **Heures** : 36 – **ECTS** : 3

**Prérequis** : Avoir suivi le cours MG1100 ou équivalent. Connaissances de base en mécanique des milieux continus, dynamique, physique et génie industriel.

**Période** : S7 Électif 07 14 au 20 janvier IN27DE7, FEP7DE7

#### Objectifs

Durant ce cours pluridisciplinaire, les élèves auront à concevoir et à dimensionner un système de surveillance et de maintenance d'une voie ferroviaire. L'objectif du cours est d'utiliser les diverses compétences acquises par les élèves pour interagir avec un système complexe et dimensionner certaines parties de ce système.

#### Compétences acquises en fin de cours

- ◇ Savoir dimensionner une structure à partir de notions de mécanique, matériau, physique, vibrations
- ◇ Savoir choisir et exploiter un modèle pour un pré-dimensionnement
- ◇ Analyse des mécanismes de dégradation en service et prédiction de la durée de vie en fatigue (voie, rail, ballast, caténaire, etc.)
- ◇ Analyse des coûts, choix de stratégie.

#### Contenu

- ◇ Dynamique des solides indéformables, ondes, vibrations, électromagnétisme, capteurs, mécanique des milieux continus
- ◇ Conception assistée par ordinateur, pré-dimensionnement, maquette numérique
- ◇ Usure, fatigue, fissuration, matériau, sollicitations en service

#### Organisation du cours

Les élèves travailleront en mode projet pendant toute la semaine réservée (environ 50h) avec des livrables quotidiens.

#### Support

Ouvrages de référence.

#### Évaluation

Livrables quotidiens + participation + soutenance.

## MG1960

### Activité expérimentale – Génie civil

**Responsable** : Jean-Marie Fleureau

**Langue d'enseignement** : français – **Heures** : 30 – **ECTS** : 2

**Prérequis** : Quelques notions de base en Résistance des Matériaux et en procédés de construction

**Période** : S5      novembre à décembre      IN15DXP, FEP5DXP  
                  S6      entre février et juin            IN16DXP, SEP6DXP

#### Objectifs

- ◇ Sensibiliser aux enjeux de la construction : urbanisme, architecture, dimensionnement, économie.
- ◇ Apprendre à construire une démarche scientifique rigoureuse : analyse du problème posé, justification du choix de la solution, innovation, autonomie...
- ◇ Apprendre à réaliser une recherche pertinente sur Internet.
- ◇ Apprendre à communiquer : interaction entre les participants d'un même groupe, soutenance ...
- ◇ Apprendre à respecter des échéances pour la remise des livrables : temps de présentation, remise des documents.

#### Compétences acquises en fin de cours

- ◇ Maîtrise de la complexité de la conception à la réalisation d'un grand ouvrage
- ◇ Notions de construction et de génie civil

#### Contenu

- ◇ Imaginer une structure complexe à partir d'un plan de base, selon des critères urbanistiques, architecturaux, fonctionnels (en s'inspirant notamment d'une recherche bibliographique et d'une visite de grandes réalisations parisiennes)
- ◇ Réaliser concrètement une maquette (réelle et éventuellement numérique) de l'ouvrage imaginé
- ◇ Vérifier le fonctionnement structurel de l'ouvrage et dimensionner les principaux éléments, y compris de la fondation au moyen de logiciel simple de Résistance des Matériaux

#### Organisation du cours

Travaux pratiques : 27h, Contrôle : 3h

#### Support

Polycopié

#### Évaluation

Travail expérimental (40%) + Comportement (10%) + Soutenance orale (25%) + Poster (25%)

## MG1970

### Activité expérimentale – Dimensionnement des structures mécaniques

**Responsable** : Véronique Aubin

**Langue d'enseignement** : français – **Heures** : 30 – **ECTS** : 2

**Prérequis** : Notions de base en mécanique des milieux continus : contraintes, déformations, élasticité

**Période** : S5      novembre à décembre      IN15DXP, FEP5DXP  
                  S6      entre février et juin      IN16DXP, SEP6DXP

#### Objectifs

Former les étudiants à la mise en œuvre d'une démarche scientifique et expérimentale, avec :

- ◇ une réflexion préalable : comment poser le problème en termes scientifiques précis, et définir correctement les problèmes et les divers paramètres associés
- ◇ la réalisation d'un travail expérimental : comment mettre en place un protocole expérimental et tenir un cahier d'expériences, choix et utilisation de différents types de capteurs
- ◇ une analyse critique des résultats : comment discuter de leur utilité, précision ou cohérence de façon à orienter leur exploitation et leur interprétation ; quels outils complémentaires utiliser et confronter à ces résultats
- ◇ la prise en compte des problèmes liés à la sécurité

#### Compétences acquises en fin de cours

- ◇ Savoir réaliser et analyser des essais mécaniques et l'observation de la microstructure en microscopie optique
- ◇ Savoir discuter de la validité de résultats expérimentaux
- ◇ Savoir mettre en relation des propriétés de la microstructure de matériaux avec les propriétés mécaniques macroscopiques
- ◇ Savoir comparer des résultats de simulation numérique aux observations expérimentales

#### Contenu

Etude expérimentale du comportement mécanique de matériaux divers et des conséquences de ce comportement sur le dimensionnement de structures que l'on simulera avec un outil numérique. Les élèves choisissent parmi plusieurs thématiques, associées chacune à un matériau précis, dont l'étude se déroule lors des trois premières séances de 8 heures :

- ◇ élaboration d'un matériau composite fibres/matrice, étude expérimentale de son comportement mécanique (anisotropie, rupture, vibration), observation de la microstructure par microscopie, simulation numérique d'une structure en composite, étude des hétérogénéités
- ◇ élaboration d'un béton, étude de son comportement mécanique, analyse de l'hétérogénéité des contraintes par photoélasticimétrie et simulation par éléments finis
- ◇ étude expérimentale du comportement mécanique d'une feuille de carton, dimensionnement d'un pont et validation expérimentale
- ◇ étude expérimentale d'un acier de construction, modification de la microstructure par traitements thermiques et observation par microscopie, étude de l'influence de la microstructure sur le comportement mécanique
- ◇ étude expérimentale d'un aluminium, réalisation d'essais mécaniques, analyse de l'hétérogénéité des déformations par corrélation d'images numériques, comparaison à la simulation numérique

- ◇ étude expérimentale d'un matériau biologique, l'os, analyse de sa microstructure et de sa porosité, caractérisation du comportement mécanique par essais de compression et nano-indentation

L'interprétation des résultats est enrichie par des calculs numériques avec un logiciel éléments finis (Comsol ou Abaqus). La dernière séance est réservée à la préparation et l'exécution des soutenances orales. Un compte-rendu écrit (poster) est demandé dans un délai de dix jours après la soutenance.

### **Organisation du cours**

Travaux pratiques : 27h, Contrôle : 3h

### **Support**

Polycopié du cours de Mécanique MG1100, extraits de normes et de documents constructeurs, extraits d'articles scientifiques (dont Techniques de l'Ingénieur)

### **Évaluation**

Travail expérimental (40%) + Comportement (20%) + Soutenance orale (20%) + Poster (20%)

## MG2812

### Initiation à l'acoustique industrielle et musicale

**Responsable** : Pierre-Étienne Gautier

**Langue d'enseignement** : français – **Heures** : 36 – **ECTS** : 3

**Prérequis** : Il est recommandé d'avoir suivi le cours MG1300 ou équivalent

**Période** : S8 Électif 11 mars à juin IN28IE4, SEP8IE4

#### Objectifs

L'objectif de ce cours est de faire découvrir des méthodes et les modèles utilisés en acoustique à partir d'études de cas portant sur des applications en acoustique musicale et en acoustique industrielle.

Ces études de cas seront présentées par des chercheurs en acoustique musicale ou par des chercheurs du monde industriel, sous forme d'ateliers avec des démonstrations sur instruments de musique, d'outils de synthèse sonore, de modèles de calcul, d'analyse d'essais, voire de synthèse sonore pour l'industrie.

Il sera mis en évidence que dans bien des cas des modèles de même nature peuvent s'appliquer à la physique des instruments de musique ou à des cas industriels, et que des mécanismes physiques similaires se rencontrent dans des domaines d'application a priori très éloignés.

#### Compétences acquises en fin de cours

- ◇ Compréhension des problèmes de base en acoustique d'un point de vue industriel
- ◇ Connaissance des méthodes requises pour résoudre ces problèmes

#### Contenu

- ◇ Introduction à l'acoustique, sources de base, propagation dans les guides d'onde, acoustique des salles (P.-E. Gautier)
- ◇ Psychoacoustique (S. Meunier - LMA: Marseille)
- ◇ Bruit de roulement, bruit aérodynamique : applications ferroviaires (P.-E. Gautier)
- ◇ Propagation : influence de la météo, effet de sol, écrans
- ◇ Physique des instruments à cordes frottées ou frappées (R. Caussé, IRCAM)
- ◇ Modèles physiques d'instruments de musique à vent, (X, LAUM Le Mans)

#### Organisation du cours

Cours et exercices (intégrés) 33h, Contrôle : 2h+ oral 20 min

#### Support

Polycopié, présentation ppt du cours

#### Évaluation

CFO: Examen écrit (2h) (coeff 0,6) et soutenance orale (20 min) à partir d'une étude de cas par groupes (coeff 0,4)



## MG2814

### Économie et conception de barrages

**Responsable** : Arézou Modaressi

**Langue d'enseignement** : français – **Heures** : 36 – **ECTS** : 3

**Prérequis** : Notions de base en économie, génie géologique ou géotechnique, hydraulique, statique, dimensionnement de structures

**Période** : S8 Électif 09 février à avril IN28IE2, SEP8IE2

#### Objectifs

- ◇ Fournir une vision globale sur le rôle des barrages dans l'aménagement du territoire et le développement durable (gestion de l'eau, énergie)
- ◇ Apporter les connaissances de base sur les technologies propres aux barrages, notamment celles liées à la sécurité.

#### Compétences acquises en fin de cours

- ◇ Comment prévoir l'intégration d'un barrage dans son environnement naturel et humain, et comment décider sa construction selon les critères environnementaux, sociaux, économiques et techniques
- ◇ Comment dimensionner un barrage
- ◇ Comment surveiller et décider les actions à mener sur un barrage en exploitation

#### Contenu

- ◇ Barrages : leur rôle et leur environnement, leur inscription dans le contexte socio-économique de l'aménagement du territoire
- ◇ Barrages-réservoirs, maîtrise de l'eau et de l'énergie, dimensionnement global par l'analyse économique.
- ◇ Barrages réservoirs, aspects environnementaux et sociaux, études d'impacts
- ◇ Barrages poids : stabilité, dimensionnement, technologies de construction
- ◇ Barrages voûtes : principes de comportement, calculs de vérification et de dimensionnement
- ◇ Exercice d'application : stabilité d'un barrage poids en BCR
- ◇ Traitement des fondations, stabilité des appuis
- ◇ Barrages en remblai : conception, stabilité, calculs de comportement
- ◇ Organes de contrôle des eaux : évacuateurs de crue, vidange et prise d'eau
- ◇ Usines hydroélectriques
- ◇ Surveillance des barrages : principes, appareils d'auscultation, interprétation

#### Organisation du cours

Petites classes : 21h, Travaux pratiques : 12h, Contrôle : 3h

#### Support

- ◇ Copies des exposés powerpoint
- ◇ Documents d'études de cas
- ◇ Articles scientifiques et techniques
- ◇ Livres en français et en anglais

#### Moyens

Arezou Modaressi encadrant ECP

Etienne Frossard correspondant en entreprise (Tractebel -GdF-Suez)

tous les deux sont prêts à répondre aux questions et demandes des étudiants.

pas de matériel particulier demandé, le cour aura lieu dans une salle avec tableau et vidéo-projecteur

### **Évaluation**

Contrôle final écrit de 3h

## MG2816 Microsystèmes électromécaniques (MEMS)

**Responsable** : Denis Aubry

**Langue d'enseignement** : français – **Heures** : 36 – **ECTS** : 3

**Prérequis** : Avoir suivi le cours MG1100 ou équivalent. Connaissances de base en Mécanique des Solides et des Fluides

**Période** : S8 Électif 10 février à juin IN28IE3, SEP8IE3

### Objectifs

Dans de nombreux domaines technologiques, la miniaturisation des systèmes constitue un enjeu industriel essentiel. Les micro-systèmes électromécaniques (MEMS) de mesures et d'asservissements s'inscrivent dans cette dynamique en palliant un certain nombre de défauts des systèmes purement électroniques du point de vue consommation d'énergie (faibles pertes d'insertion et isolation), fiabilité et temps de réponse. Ils sont utilisés dans des domaines industriels variés comme l'automobile, l'aéronautique, la médecine, la biologie, les télécommunications (ABS, téléphone cellulaire, microinterrupteur, capteurs, actionneurs).

L'objectif du module est de présenter quelques uns de ces systèmes du point de vue de leur principe de fonctionnement, applications industrielles et procédés de fabrication. On mettra à profit ces exemples pour décrire les principaux *couplages multiphysiques* mis en jeu: vibrations, interaction fluide-structure, thermique et électrique ainsi que leurs simulations numériques par *l'utilisation intensive d'un logiciel de simulation multiphysique*.

### Compétences acquises en fin de cours

- ◇ Technologie des MEMS : applications, principes de fabrication, dimensionnement
- ◇ Conception de capteurs, actionneurs, gyroscopes, switch, micromoteur
- ◇ Résoudre des problèmes multiphysiques incluant mécanique, thermique, fluide, électricité et magnétisme
- ◇ Maîtriser un logiciel de modélisation multiphysique par éléments finis

### Contenu

- ◇ Intérêt, utilisation des MEMS
- ◇ Principaux procédés de fabrication
- ◇ Couplages multiphysiques : vibration des micro-systèmes, déformation par effet ohmique ou capacitif, effets piézo-électriques, couplage microfluidique-structure et amortissement fluide dans les films minces
- ◇ Simulation numérique des MEMS réels

### Organisation du cours

Amphis : 12h, Petites classes : 12h, Projet : 9h, Contrôle : soutenance orale

### Évaluation

Rapport écrit et soutenance orale du projet

## MG2817

### Applications de la méthode des éléments finis

**Responsable** : Guillaume Puel

**Langue d'enseignement** : anglais – **Heures** : 36 – **ECTS** : 3

**Prérequis** : Connaissances élémentaires en analyse fonctionnelle

**Période** : S8 Électif 12 mars à juin IN28IE5, SEP8IE5

#### Objectifs

La méthode des éléments finis est une méthode de choix pour le calcul scientifique appliqué aux sciences de l'ingénieur. L'objectif principal est d'enseigner les compétences nécessaires à l'utilisation de cette méthode pour l'analyse de problèmes en mécanique du solide et des fluides. Les étudiants apprendront les principes de base de la méthode et seront formés au développement de modèles éléments finis adéquats et à l'interprétation des résultats numériques. Un deuxième objectif est de familiariser les étudiants avec le logiciel COMSOL Multiphysics. Les connaissances acquises seront utiles pour la réalisation et la supervision de projets de conception et de design.

#### Compétences acquises en fin de cours

- ◇ Dériver la formulation faible de tout problème aux limites
- ◇ Écrire la formulation éléments finis correspondante
- ◇ Développer le modèle dans COMSOL Multiphysics et résoudre le problème
- ◇ Analyser la justesse de la solution discrète

#### Contenu

Ce cours décrit les principaux aspects théoriques de la méthode des éléments finis et de ses applications en ingénierie avec le logiciel COMSOL Multiphysics. Les sujets suivants seront, entre autres, abordés pendant le cours :

- ◇ Formulation variationnelle de problèmes aux limites classiques en 1D
- ◇ Espace d'éléments finis et méthodes de résolution
- ◇ Formulation variationnelle de problèmes aux limites classiques en 2D
- ◇ Elements finis en 2D et 3D
- ◇ Assemblage matriciel
- ◇ Génération de maillage, analyse de convergence et erreurs de discrétisation
- ◇ Problèmes adjoints
- ◇ Problèmes aux limites en temps et espace
- ◇ Modélisation sous COMSOL d'applications multi-modèles et multi-physiques

La théorie sera illustrée par le développement de modèles COMSOL en mécanique du solide et des fluides (analyse de contraintes élastiques linéaires, analyse en grandes déformations, modélisation de plaques minces et coques, thermique, écoulements incompressibles, etc.)

#### Organisation du cours

Cours : 15h, Travaux dirigés : 18h, Contrôle : 3h

#### Support

Polycopié en anglais

#### Évaluation

Contrôle final écrit de 3h (sans document, avec ordinateur pour la partie pratique). Les rapports de projet peuvent apporter jusqu'à 4 points de bonus à la note du contrôle final.

## MG2818

### Exploration et production pétrolière

**Responsable** : Philippe Persillon

**Langue d'enseignement** : anglais – **Heures** : 36 – **ECTS** : 3

**Prérequis** : Niveau ingénieur 2eme année ou master M1 1ere année en mécanique, génie mécanique, génie civil ou géologie.

**Période** : S8 Électif 13, semaine réservée 2 18 au 22 mai IN28IS2, SEP8IS2

#### Objectifs

- ◇ Voir ou revoir les fondamentaux de la géologie des systèmes pétroliers et de la réflexion d'ondes sismiques en mettant l'accent sur les applications industrielles et les interprétations de données
- ◇ Donner un aperçu des opérations de forage
- ◇ Acquérir une connaissance technique des installations de surface (plateformes et pipelines) conçues et installées en mer et en offshore profond (fonds de 500 à 3000 m)
- ◇ Donner aux étudiants des connaissances pratiques complétant leur formation théorique dans les domaines de l'économie pétrolière, les projets, les ressources humaines et la sécurité des installations pétrolières

#### Compétences acquises en fin de cours

- ◇ Comprendre les problèmes clés en exploration et production pétrolière
- ◇ Appliquer leurs connaissances théoriques aux activités pétrolières, à ses défis et aux risques associés

#### Contenu

##### 1. Introduction à la géologie des formations pétrolières et à la sismique

- ◇ Energie: le cadre global
- ◇ Géologie pétrolière
- ◇ Roches mères, roches réservoirs, pièges
- ◇ Sismique, interprétation des données
- ◇ Le processus de conduite d'une exploration

##### 2. Forage offshore

- ◇ Du continent à l'offshore: introduction aux techniques de forage
- ◇ Sécurité et activités offshore
- ◇ Préparation d'une campagne de forage, formation des gradients de fracture
- ◇ Analyse du site et de la météo océanographique
- ◇ Risques associés aux gaz peu profonds
- ◇ Opérations SIMPOS
- ◇ Construction du puits
- ◇ Forage directionnel
- ◇ Opérations: barges et submersibles, tender rigs, jack-ups
- ◇ Risques associés aux forages en eaux profondes
- ◇ Equipements de forage en offshore et sous marin
- ◇ Opérations avec des plateformes semi-submersibles et des bateaux de forage
- ◇ Opérations et logistique sous-marines

##### 3. Installations de surfaces / Structures et pipelines en offshore profond

- ◇ Définition, classification
- ◇ ROV et AUV

- ◇ Systèmes flottants
- ◇ Les défis
- ◇ Méthodes de pose non conventionnelles
- ◇ Installation: méthodes et moyens

4. Notions d'économie pétrolière
5. Ressources humaines
6. Les projets de développement pétrolier
7. La sécurité

### **Organisation du cours**

Cours : 33h, Contrôle : mini projet en temps différé, ou contrôle QUIZ, selon le nombre d'inscrits au cours

### **Support**

Polycopié (en anglais), films

### **Moyens**

Ingénieurs Seniors de Total et Total Professeurs Associés: P. Persillon, Y. Leroy, J. Bera et autres

### **Évaluation**

Examen final avec questionnaire à choix multiples, ou si le nombre (limité) d'étudiants le permet, miniprojets à choisir en début de cours et à présenter oralement (en anglais) à la fin du cours

**MG2920****Module expérimental – Construction durable et architecture**

**Responsable** : François Cointe

**Langue d'enseignement** : français – **Heures** : 36 – **ECTS** : 3

**Prérequis** : Peu de pré-requis (idéalement quelques notions de Résistance des Matériaux et de procédés de construction)

**Période** : S8 Électif 13, 5 mardis entre février et juin IN28IXP, SEP8IXP

**Objectifs**

- ◇ Sensibiliser aux enjeux de l'urbanisme et de la construction durable, de l'efficacité énergétique et environnementale des bâtiments et de l'urbanisme, dans le cadre d'un atelier de conception architecturale portant sur des bâtiments situés sur des campus contemporains, dans la situation d'un cas réel dont les documents de consultation seront remis aux étudiants.
- ◇ Apprendre à construire une démarche scientifique rigoureuse dans un cadre réel, en situation de complexité : analyse du problème posé, justification des choix opérés, innovation, autonomie
- ◇ Apprendre à communiquer : interaction entre les participants d'un même groupe, soutenance

**Compétences acquises en fin de cours**

- ◇ Appréhension de la complexité de la conception et la réalisation d'un ouvrage de construction civile
- ◇ Notions de construction, de génie civil et d'énergétique des bâtiments

**Contenu**

Sur la base d'un projet réel dont le dossier de consultation sera remis aux élèves (en 2011, 4 bâtiments à rénover sur le campus de l'EPFL à Lausanne, en 2012 la future maison de l'île de France à la cité universitaire, en 2013 future résidence ECP à Saclay et village des décathlètes pour le Solardécathlon 2014 à Versailles) concevoir au niveau d'une esquisse en plan et maquette un bâtiment répondant aux cahiers des charges remis, et mesurer l'influence des choix opérés sur ses performances, notamment structurelles, thermiques et environnementales

Les étudiants seront réunis par sous-groupe de 4 à 5 élèves, travaillant chacun sur un bâtiment du projet d'ensemble, en coordination avec les autres équipes.

Rendus attendus des étudiants, pour chaque projet :

**Présentation générale du projet**

- ◇ une maquette au 1/200e du site et du bâtiment projeté
- ◇ plan à rez-de-chaussée, plans étage courant, coupe et façades au 1/200e. Les plans doivent indiquer l'emplacement de la structure porteuse
- ◇ détail de façade et plan d'un module type (chambre ou salle de cours) au 1/100e
- ◇ si possible, modèle 3D (sketch-up ou Rhino) du bâtiment

**Présentation détaillée du projet**

- ◇ panneau A1 de présentation du projet : insertion sur le site, principe et description des choix énergétiques.
- ◇ éléments de calculs sur l'isolation acoustique, l'isolation thermique, les consommations et productions d'énergie, le confort d'été.

**Éléments de comparaison**

Sur une autre résidence universitaire choisie librement, analyse et comparaison par rapport à votre projet :

- ◇ remise à l'échelle du 1/200e des plans, coupes et façades du bâtiment étudié
- ◇ comparaison au 1/ 100e du plan d'une chambre type
- ◇ analyse et comparaison des choix thermiques et énergétiques (ventilation, isolation thermique et acoustique, protection solaire...) et de leurs implications sur la distribution des espaces, les accès, les circulations, les façades et la structure porteuse.

### **Organisation du cours**

Travaux pratiques : 36h (plus une visite de site d'une demi-journée)

5 jours d'atelier, tous les mardis sur cinq semaines

### **Support**

- ◇ Documents de consultation remis aux étudiants
- ◇ Visite du site ou de réalisations comparable sur Paris (une demi journée) avec remise d'un dossier sur les bâtiments visités
- ◇ Compilation sur les campus contemporains, avec liens internet, servant de base documentaire de référence

### **Moyens**

Enseignants : François Cointe, Mke Nikaes et Laurent Lehmann

### **Évaluation**

Soutenance orale finale, avec remise des documents demandés et présentations powerpoint.



## Physique

## PH1100

### Physique quantique et statistique

**Responsable** : Jean-Michel Gillet

**Langue d'enseignement** : français ou anglais – **Heures** : 60 – **ECTS** : 5

**Prérequis** : Avoir suivi les cours MA1100 et MA1200 ou équivalent. En Physique : physique classique de base de niveau CPGE. En Maths : algèbre linéaire et transformées de Fourier

**Période** : S6 entre février et juin IN16COM, SEP6COM

#### Objectifs

Ce cours de physique de première année a pour but de présenter les connaissances indispensables à un ingénieur relatives aux deux piliers de la physique moderne :

- ◇ la mécanique quantique, qui rend compte notamment du comportement des objets à l'échelle atomique ;
- ◇ la physique statistique, qui permet le passage de l'échelle microscopique à l'échelle macroscopique, et rend compte du comportement de populations de particules identiques. Elle assure ainsi le lien entre des propriétés fondamentalement quantiques et microscopiques et des grandeurs classiques et macroscopiques (magnétisation, température, capacité calorifique, et plus largement les grandeurs thermodynamiques).

La première moitié du cours est consacrée à l'introduction des principes de physique quantique et à l'étude d'exemples fondamentaux (atome d'hydrogène, oscillateur harmonique...). L'essentiel de la seconde moitié présente les bases de la physique statistique. Le cours se termine par l'application des notions introduites à la description de quelques propriétés des solides et des gaz, puis par une brève introduction semi-quantitative à la physique nucléaire.

#### Compétences acquises en fin de cours

Maîtrise des ordres de grandeurs des propriétés de base, savoir déterminer les frontières d'application de la physique classique, pouvoir mettre en oeuvre les méthodes d'approximation, exploiter les propriétés associées à la structure de l'atome, dont certaines méthodes de caractérisation, et pouvoir modéliser et prédire la modification des propriétés par confinement (nanophysique), Prendre conscience de la signification physique du second principe, comprendre alors les bases microscopiques de la thermodynamique, les origines de la conductivité, les raisons conduisant à la structure du noyau atomique et en maîtriser le champ des applications.

#### Contenu

- ◇ Apparition d'une nouvelle physique
- ◇ Physique ondulatoire
- ◇ Le formalisme quantique
- ◇ Évolution temporelle
- ◇ L'oscillateur harmonique
- ◇ Le moment cinétique (orbite et spin)
- ◇ De l'atome hydrogénoïde à l'atome
- ◇ Conférence
- ◇ Méthodes d'approximations
- ◇ Ensemble de particules, traitement statistique microcanonique
- ◇ Ensemble de particules, traitement statistique canonique
- ◇ Statistiques quantiques et limite classique
- ◇ Gaz idéal de fermions, le métal de Sommerfeld
- ◇ Rudiments de physique nucléaire

## Organisation du cours

Cours: 20h, travaux dirigés: 35h30, contrôles : 4h30

Choix entre

- ◇ un système traditionnel comprenant le cours magistral en amphithéâtre puis les séances de travaux dirigés en plus petits groupes (environ 40 élèves par groupe)
- ◇ un système de classe intégrée (la même salle et le même enseignant pour le cours et les travaux dirigés). Dans la limite des places disponibles et sur inscription. Présence obligatoire.

## Support

Polycopié "Eléments de physique quantique et physique statistique" (J-M Gillet). Livres suggérés : "Mécanique quantique" (C. Cohen-Tanoudji, B. Diu, F. Laloé), "Physique statistique" (Reiff), "State of Matter" (Goodstein)

## Moyens

Sur la plateforme pédagogique Claroline, on trouvera :

- ◇ exercices d'autoévaluation
- ◇ énoncés et corrigés des exercices
- ◇ simulations en ligne

Permanence pour questions-reponses environ une fois par semaine (PH1102).

## Évaluation

Contrôle écrit intermédiaire (1h30), examen écrit final (3h)

## PH1102

### Mise à niveau en physique

**Responsable** : Jean-Michel Gillet

**Langue d'enseignement** : français – **Heures** : 21 – **ECTS** : 0

**Prérequis** : Avoir suivi le cours PH1100 ou équivalent. Suivre en parallèle les cours et petites classes de PH1100 avec assiduité

**Période** : S6 entre février et juin IN16COM, SEP6COM

#### Objectifs

Ces séances de soutien ont pour but de fournir un appui aux élèves ayant des difficultés avec le cours PH1100.

#### Organisation du cours

Les séances ont lieu une fois par semaine, de 18h45 à 20h15, sous la forme de questions-réponses.

## PH1910

### Activité expérimentale – Physique

**Responsable** : Gloria Foulet

**Langue d'enseignement** : français ou anglais – **Heures** : 30 – **ECTS** : 2

**Prérequis** : Aucun

**Période** : S5      novembre à décembre      IN15DXP, FEP5DXP

                 S6      entre février et juin      IN16DXP, SEP6DXP

#### Objectifs

Par la découverte sur le terrain des activités d'un laboratoire de l'École ou extérieur, cette forme d'enseignement vise à placer les élèves-ingénieurs en situation de responsabilité et face à une problématique scientifique complexe nouvelle.

La démarche adoptée, qui se veut largement inductive, fait une part importante à l'initiative personnelle. Chaque groupe de deux ou trois élèves sous la conduite d'un enseignant, d'un chercheur ou d'un ingénieur, se voit confier une étude liée aux préoccupations du laboratoire d'accueil, pendant quatre journées complètes, sur un intervalle de trois à quatre semaines.

Il s'agit d'une confrontation avec la réalité, développant l'apprentissage de la mise en place d'un protocole expérimental, l'esprit critique et facilitant l'acquisition des méthodes.

#### Contenu

Exemples de sujets abordés:

- ◇ L'holographie optique et ses applications
- ◇ L'échographie : principes et applications au contrôle non-destructif
- ◇ La tomographie Optique Cohérente et ses applications
- ◇ Fabrication et caractérisation de couches minces
- ◇ Traitement Optique des Images

#### Organisation du cours

Travaux pratiques : 29h, soutenances orales : 3h

#### Évaluation

Les élèves sont évalués sur le travail pratique (coefficient 2) ; la soutenance orale (coefficient 1) ; le rapport écrit (coefficient 1), l'intérêt et le comportement (coefficient 1).

## PH2100 Ondes

**Responsable** : Hichem Dammak

**Langue d'enseignement** : français – **Heures** : 36 – **ECTS** : 3

**Prérequis** : Bases de l'électromagnétisme dans le vide

**Période** : S7 Électif 02 septembre à décembre IN27DE2, FEP7DE2

### Objectifs

Ce cours fournit les éléments de base nécessaires à l'ensemble des disciplines qui utilisent des ondes : sismologie, télécommunication, télédétection (radar, sonar...), techniques d'imagerie, de traitement optique du signal... en s'appuyant sur les cas de l'électromagnétisme et de l'acoustique.

### Compétences acquises en fin de cours

Maîtrise de l'analyse de Fourier, des concepts d'onde et de leur applications dans différents domaines

### Contenu

- ◇ Propagation d'ondes, développement d'ondes planes et analyse de Fourier. Traitement d'images.
- ◇ Rayonnement. Directivité d'une antenne. Radar.
- ◇ Equation de propagation dans la matière. Relations constitutives.
- ◇ Réflexion – Réfraction. Réflexion frustrée et absorption. Couche antireflet (furtivité).
- ◇ Guides d'ondes. Fibres optiques.
- ◇ Analogie avec les ondes acoustiques dans la matière.

### Organisation du cours

Cours : 12h, Petites classes : 21h, Contrôle : 3h

### Support

Polycopiés de cours et d'exercices avec corrigés.

### Moyens

Site web sur serveur pédagogique Claroline donnant les énoncés et corrigés, quelques archives de contrôles, des simulations de phénomènes.

### Évaluation

Examen écrit de 3h avec documents

## PH2200 Synchrotron X-ray Beamline Design

**Responsable** : Jean-Michel Gillet

**Langue d'enseignement** : anglais\* – **Heures** : 36 – **ECTS** : 3

**Prérequis** : Connaissances de base en physique moderne et transferts thermiques. Notions de mécanique. Inscription simultanée au module SH3300.

**Période** : S8 Électif 13, semaine réservée 1 13 au 17 avril IN28IS1, SEP8IS1

### Objectifs

Ce cours pluridisciplinaire est construit sur une (ou plusieurs) équipes de 21 élèves en charge de comprendre, concevoir et dimensionner les aspects physique, mécanique, thermique et matériaux des éléments technologiques clefs d'une ligne de lumière synchrotron. L'utilisation d'outils de CAO est encouragée.

<http://www.designworkshops.fr/>

### Compétences acquises en fin de cours

- ◇ Dimensionner à l'aide de notions de physique (moderne) de base
- ◇ Identifier des transferts thermiques pertinents, modéliser, dimensionner des systèmes (utilisation du logiciel Comsol).
- ◇ Connaître les points clés d'une étude d'avant-projet dans un contexte multidisciplinaire
- ◇ Manipuler des diagrammes d'Ashby de sélection des matériaux. Ordres de grandeurs réalistes sur les propriétés mécaniques et physiques standards des matériaux « courants ».
- ◇ Travailler en équipe, connaître et pouvoir identifier les différents rôles des membres d'une équipe (sur la base de l'outil Belbin), animer, coordonner un groupe de travail, collecter et partager l'information, mettre en forme et exposer le travail réalisé (s'exprimer devant un auditoire / soutenance)

### Contenu

- ◇ Cristallographie, rayonnement d'une particule accélérée, fluorescence, absorption des rayonnements, diffusion, diffraction
- ◇ Transferts thermiques : convection, rayonnement, conduction, stationnaire et instationnaire, mécanique des fluides
- ◇ Conception Assistée par Ordinateur (CAO), maquette numérique, avant-projet de conception, pré-dimensionnement de systèmes mécaniques
- ◇ Choix des matériaux, propriétés mécaniques standards, résistance en milieu extrême, état de surface, méthodes d'élaboration et de mise en forme
- ◇ Travail en équipe dans le cadre d'une conduite de projet, animation de réunion, expression orale

### Organisation du cours

Ce cours fait partie du module "design workshop" de 5 ECTS qui comprend les deux cours PH2200 et SH3300. Les élèves doivent donc s'inscrire aux deux cours simultanément. La note des deux cours est commune.

Les élèves travailleront en mode projet pendant la semaine réservée (environ 50h) et suivront 4 demi-journées de préparation et de debriefing avant et après la semaine réservée.

La soutenance finale se fait au synchrotron SOLEIL et est suivie d'une visite de l'installation.

## Support

Ouvrages de référence et bases de données informatiques. ShareDoc (plateforme de travail collaboratif asynchrone), Adobe Connect (visio-conférence et travail collaboratif synchrone), Spaceclaim (CAO mécanique) et Femlab (thermique).

## Moyens

L'utilisation d'outils de CAO sera encouragée et pourra être valorisée lors de l'activité synchrotron :

- ◇ les élèves ayant déjà des connaissances en CAO (SPACECLAIM, SOLIDWORKS ...) pourront utiliser un de ces outils comme support à leur démarche de conception et de modélisation.
- ◇ Les élèves souhaitant se former à un outil de CAO pourront s'autoformer dans les semaines précédant le cours Synchrotron via des tutoriaux en ligne et la mise à disposition d'une licence du logiciel SPACECLAIM.

Il est à noter que des moyens alternatifs à la CAO et tout aussi pertinents pourront être utilisés pour modéliser les systèmes étudiés (dessins, maquettes ...). Cela sera le cas notamment pour certains éléments des lignes considérées.

## Évaluation

Livrables quotidiens + participation + soutenance



**PH2300****Physique de la matière : du solide aux nano-matériaux**

**Responsable** : Pietro Cortona

**Langue d'enseignement** : français – **Heures** : 36 – **ECTS** : 3

**Prérequis** : Avoir suivi le cours PH1100 ou équivalent. Fondements de la Mécanique Quantique et de la Physique Statistique

**Période** : S7 Électif 05 novembre à janvier IN27DE5, FEP7DE5

**Objectifs**

Donner aux élèves les connaissances de base de la physique des solides. Les introduire, en s'appuyant sur des exemples spécifiques, à certains domaines de pointe, tels que les nano-sciences ou l'opto-électronique. Leur donner un aperçu des possibilités que la grande variété des propriétés des matériaux et leur maîtrise ouvrent pour les applications.

**Compétences acquises en fin de cours**

Les élèves disposeront de connaissances et d'outils aptes à leur permettre d'approfondir les sujets qui leur paraissent plus intéressants ou prometteurs. En général, ils seront en mesure de s'intégrer rapidement et d'une façon fructueuse dans une équipe œuvrant dans le domaine de la physique de l'état solide.

**Contenu**

- ◇ L'ordre dans les solides : le réseau cristallin.
- ◇ Diffusion d'une onde électromagnétique par la matière. Diffraction.
- ◇ Vibrations des solides. Phonons. Propriétés thermiques.
- ◇ Métaux et conductivité : modèles de Drude et de Sommerfeld.
- ◇ Structure de bandes. Électrons dans les solides massifs et dans les nano-matériaux.
- ◇ Semiconducteurs. Puits quantiques : applications à l'opto-électronique.
- ◇ Supraconductivité : les étranges effets des basses températures.
- ◇ Défauts dans les cristaux et leurs conséquences sur les propriétés physiques des matériaux.

**Organisation du cours**

Classes Intégrées : 33h, Contrôle : 3h

**Support**

- ◇ Polycopié "Physique de la matière" (Cortona, Jérôme, Dhkil)
- ◇ N. W. Ashcroft et N. D. Mermin, "Solid State Physics", HRW International Editions
- ◇ Y. Quéré, "Physique des Matériaux", Ellipses

**Moyens**

Enoncés et corrigés des travaux dirigés, transparents sur le serveur pédagogique Claroline

**Évaluation**

Examen écrit de 3h

## PH2450

### Nouveaux enjeux industriels de la chimie

**Responsable** : Mireille Defranceschi

**Langue d'enseignement** : anglais\* – **Heures** : 36 – **ECTS** : 3

**Prérequis** : Programme de chimie de type MP minimum, PSI souhaité.

**Période** : S7 Électif 04 septembre à décembre IN27DE4, FEP7DE4

#### Objectifs

L'objet du cours est de présenter les bases nécessaires pour appréhender les grands enjeux de société actuels liés à la chimie. La chimie intervient dans divers domaines de l'industrie. L'objectif est de montrer ses nouveaux aspects dans des industries aussi variées que les matériaux innovants, les technologies de l'énergie, la remédiation environnementale, la pharmacologie. Ainsi, ce cours abordera les bases nécessaires en chimie pour avoir un poste dans une industrie chimique, mais aussi les bases de chimie à maîtriser pour un ingénieur généraliste chimiste ou pas. Le niveau de chimie visé dépasse nettement le programme de chimie de PC.

Le propos est d'illustrer les notions de base à l'aide d'exemples concrets de la vie d'un ingénieur dans l'industrie. Le cours fera appel à de nombreux exemples dans tous les domaines de la chimie industrielle : industrie minérale, pétrochimie, pharmacochimie, matériaux, environnement, etc.

#### Compétences acquises en fin de cours

En fin de cours, les étudiants pourront aborder les problématiques industrielles en identifiant les aspects chimiques spécifiques.

#### Contenu

1. Généralités de physico-chimie (4h30)
2. Physicochimie vue par les exemples (6h)
3. Chimie inorganique et les grandes industries minérales (7h30)
4. Chimie organique et les grandes industries organiques (7h30)
5. Conférences (3h) : deux conférences présentées par des spécialistes sur des sujets tels que cuisine et chimie, art et chimie ou police scientifique.
6. Cours/Exposés par les élèves (en binôme) d'une étude bibliographique sur des sujets d'application (6h). Exemples de sujets : les clathrates de méthane, fracturation hydraulique pour l'exploitation des gaz de schiste, effet de fusion des calottes glaciaires sur la chimie des océans. Le travail sera préparé par groupes de 2 ou 3 et sera soutenu devant l'ensemble de la classe.

#### Organisation du cours

Cours magistraux : 34h30, dont : 9 h de pédagogie participative, Conférences : 3h, Contrôle final : 1h30

#### Support

- ◇ Polycopié de base
- ◇ Diaporama disponible sur Claroline s'appuyant sur le polycopié

#### Évaluation

Evaluation en "Mode Projet":

- ◇ Contrôle écrit de 1h30 (coefficient 2/3). Polycopié imprimé et notes manuscrites autorisés, mais l'usage d'ordinateur ou équivalent n'est pas autorisé.
- ◇ Présentations en interaction avec le cours (pédagogie interactive) (coefficient 1/3). 20 mn par étudiant. Les sujets seront choisis en début d'électif.

## PH2500

### Physique mathématique moderne

**Responsable** : Igor Kornev

**Langue d'enseignement** : anglais – **Heures** : 36 – **ECTS** : 3

**Prérequis** : Avoir suivi le cours PH1100 ou équivalent. Bases de la physique quantique, notions de topologie et d'algèbre linéaire

**Période** : S8 Électif 11 mars à juin IN28IE4, SEP8IE4

#### Objectifs

Les lois fondamentales de la nature sont géométriques plutôt qu'algébriques. Ce cours présente quelques concepts clefs de la physique théorique moderne. Son but est de faire comprendre et assimiler les méthodes géométriques utilisées en physique.

#### Compétences acquises en fin de cours

- ◇ Comprendre les concepts sous-jacents des méthodes géométriques et leur rôle dans la physique moderne.
- ◇ Analyser les problèmes physiques en utilisant les techniques adaptées issues de la théorie des groupes et de la géométrie différentielle.
- ◇ Appliquer ces connaissances à divers problèmes en physique et sciences de l'ingénieur.

#### Contenu

Les sujets étudiés sont une sélection d'éléments avancés de théorie des groupes et de géométrie différentielle.

- ◇ Introduction : symétries discrètes et continues ; bases mathématiques des groupes. (6h)
- ◇ Mécanique quantique et invariance par rotation. (3h)
- ◇ Le groupe des rotations. Moment angulaire et opérateurs d'annihilation et création. (6h)
- ◇ Spin. Comment la mécanique quantique conduit à utiliser SU(2) (6h)
- ◇ Métriques de Riemann, connexions, géodésiques, courbure. (6h)
- ◇ Relativité générale, la théorie de la gravitation d'Einstein. (6h)

#### Organisation du cours

Cours magistral et travail personnel (devoir hebdomadaire)

#### Support

- ◇ Geometrical Methods of Mathematical Physics, Bernard Schutz
- ◇ General Relativity, R.M. Wald
- ◇ En complément: Riemannian Geometry, Manfredo do Carmo

#### Évaluation

L'évaluation sera basée sur :

- ◇ le travail à la maison (en moyenne un sujet par semaine) : 40%
- ◇ un examen final : 60%

## PH2600 Relativités

**Responsable** : Nathalie Besson

**Langue d'enseignement** : français – **Heures** : 36 – **ECTS** : 3

**Prérequis** : Aucun

**Période** : S7 Électif 06 novembre à décembre IN27DE6, FEP7DE6

### Objectifs

Le cours présente les concepts de relativités restreinte et générale, ainsi qu'un aperçu des domaines d'application. Au début du XX siècle, alors que les outils d'investigation étendaient la connaissance dans les domaines de l'infiniment grand et de l'infiniment petit, il est apparu que la vision classique de la physique était défailante à décrire l'univers. L'introduction des relativités restreinte et générale représente une révolution conceptuelle considérable et nécessaire. Les comprendre, alors qu'elles s'opposent à l'intuition, requiert de les replacer dans leur contexte historique, de se doter des outils mathématiques, en particulier géométriques, nécessaires à leur manipulation et de se plonger dans leurs domaines principaux de validité : la physique des particules, pour l'infiniment petit et la relativité restreinte, et la cosmologie et l'astrophysique, pour l'infiniment grand et la relativité générale. En conclusion, les applications technologiques, dont la principale, le GPS, est maintenant utilisée couramment, seront présentées. La description mathématique sera précise dans le cas de la relativité restreinte, mais seuls certains aspects seront décrits dans le cas beaucoup plus complexe de la relativité générale.

### Compétences acquises en fin de cours

Compréhension des concepts des relativités, manipulation des outils mathématiques, en particulier géométriques, faire des calculs de base en physique des particules et cosmologie.

### Contenu

1. Relativité restreinte a. Introduction historique b. Les principes fondamentaux c. La géométrie minkowskienne d. Application à la physique des particules 2. Relativité générale a. Le principe d'équivalence b. Géométrie c. Géodésiques d. Cosmologie e. Trous noirs 3. Applications technologiques : GPS ...

### Organisation du cours

Les dix premiers cours (cinq sessions de trois heures sur la relativité restreinte puis cinq sessions de trois heures sur la relativité générale) sont de cours magistraux au cours desquels des exercices illustratifs des points abordés sont traités à la volée; le onzième cours aborde, sous forme d'exercices types, les applications de type technologiques et sert de préparation à l'épreuve écrite finale.

### Support

Supports de cours en français fournis au fur et à mesure sur claroline

### Évaluation

CFO. Contrôle final obligatoire, écrit de 3h, documents de cours autorisés, calculatrice obligatoire

## PH2812

### Introduction à la physique atomique et moléculaire

**Responsable** : Nouari Kebaili

**Langue d'enseignement** : anglais\* – **Heures** : 36 – **ECTS** : 3

**Prérequis** : Avoir suivi le cours PH1100 ou équivalent. Bases en physique moderne

**Période** : S8 Électif 09 février à avril IN281E2, SEP81E2

#### Objectifs

Cet enseignement a pour objectif une acquisition de compétences scientifiques complémentaires à la formation des élèves. L'introduction à la physique atomique et moléculaire sous forme de cours et exercices intégrés doit permettre de favoriser la participation active des élèves et surtout de découvrir une ouverture scientifique sur un domaine majeur de la physique. Elle se veut dans le même temps une illustration des concepts de base enseignés notamment en 1<sup>ère</sup> année en cours de sciences fondamentales.

Ce cours est obligatoire pour la validation du Master physique de l'université d'Orsay.

#### Compétences acquises en fin de cours

Mise en œuvre et application des notions de la physico-chimie quantique

#### Contenu

- ◇ Etude de la structure de l'atome : atome d'hydrogène ; ordres de grandeur ; atomes à plusieurs électrons ; modèle du champ central ; configurations électroniques ; couplage spin-orbite ; émission et absorption ; transitions radiatives dipolaires électriques ; rayons X
- ◇ Effets des champs extérieurs : effet Zeeman en champ fort et en champ faible ; polarisation des transitions ; résonance magnétique ; détection optique ; effet Stark
- ◇ Etudes de molécules diatomiques : structure électronique de  $H_2^+$  ; molécules à plusieurs électrons ; vibration et rotation des molécules ; transitions radiatives dipolaires électriques

#### Organisation du cours

Amphis : 16h, Petites classes : 17h, Contrôle : 3h

#### Support

Polycopié

#### Évaluation

Contrôle final écrit de 3h

**PH2813****Matériaux avancés et nouveaux composants pour les technologies de l'information et de la communication****Responsable** : Brahim Dkhil**Langue d'enseignement** : anglais\* – **Heures** : 36 – **ECTS** : 3**Pré requis** : Bases en physique du solide, électromagnétisme, électronique, matériaux**Période** : S8 Électif 09 février à avril IN28IE2, SEP8IE2**Objectifs**

L'objectif de ce cours est de présenter (à travers des cours interactifs, TD, TP et études de cas) un état de l'art des recherches actuelles sur les propriétés remarquables et l'utilisation des matériaux associés dans des domaines aussi variés que la spintronique, la téléphonie mobile, les imageurs, le stockage de l'information, les capteurs et actionneurs, la communication micro-onde ou encore les ordinateurs et la cryptographie quantiques.

**Compétences acquises en fin de cours**

- ◇ Compréhension approfondie des principes et mécanismes de base des propriétés physiques remarquables
- ◇ Connaissance des conséquences de la nanostructuration
- ◇ Maîtrise des différents paramètres clés pour concevoir de nouveaux composants
- ◇ Connaissance des outils modernes de caractérisations à l'échelle nanométrique
- ◇ Forte sensibilisation aux applications dans le domaine des TIC

**Contenu**

La recherche de propriétés, toujours plus innovantes et encore inconnues ou restées non associées entre elles jusque-là, fait émerger de la science de la matière condensée, des matériaux inédits grâce à l'élaboration de nouvelles structures et à la maîtrise de la matière à différentes échelles. La connaissance et la compréhension des phénomènes et mécanismes physiques qui régissent ces propriétés, du macroscopique au nanométrique, est incontournable entre l'étape d'élaboration des matériaux et leurs applications technologiques.

Cet enseignement est orienté vers les matériaux dits à propriétés remarquables telles que la supraconductivité, la magnétorésistance colossale ou encore la piézoélectricité géante. Ces matériaux et les mécanismes qui régissent leurs propriétés sont présentés en mettant l'accent sur les relations entre structures (atomique, électronique, magnétique, nanométrique) et propriétés spécifiques. Nous aborderons les thèmes suivants : diélectriques et ferroélectriques, supraconductivité et magnétisme, magnétoélectriques et multiferroïques, processus optiques et méta matériaux, nano-objets : élaboration et caractérisation phénomènes collectifs et transition de phase, conduction électronique de basse dimensionnalité.

**Organisation du cours**

Amphis : 18h, Petites classes : 9h, TP : 6h, Contrôle : 3h

**Support**

- ◇ Notes de cours : Advanced materials and novel devices for IT, B. Dkhil et al.
- ◇ Physics of solid state (C. Kittel)
- ◇ Solid State Physics (N.W. Aschcroft and N.D.Mermin)
- ◇ Nanomaterials (J. Chen)

**Évaluation**

QCM (30 min), rapport sur un projet en équipe, soutenance orale sur le projet (2h30)

## PH2814

### Science-fiction et physique

**Responsable :** Pascal Bernaud

**Langue d'enseignement :** anglais\* – **Heures :** 36 – **ECTS :** 3

**Prérequis :** Il est recommandé d'avoir suivi les cours suivant PH1100 PH2300 EN1100 ou équivalent

**Période :** S8 Électif 08 février à avril IN28IE1, SEP8IE1

#### Objectifs

L'objectif premier de ce cours n'est pas d'« apprendre » de la physique mais de « faire » de la physique. Il s'agit de mobiliser les connaissances acquises pour poser et modéliser des problèmes. Les problèmes sont tirés de textes de Science Fiction et ne sont donc pas posés par l'auteur du texte. Sur les sujets non-traités à l'Ecole Centrale (relativité, astrophysique de base, allométrie, notions avancées de similitude et analyse dimensionnelle...) quelques apports sont effectués par les enseignants Dans les autres cas, la modélisation est faite par un travail en groupe.

#### Compétences acquises en fin de cours

- ◇ Acquérir un esprit critique associé à la lecture de textes (transposable à tout autre type d'information)
- ◇ Apprendre à faire appel à la notion d'ordres de grandeur, à l'exploitation de connaissances dans un cadre inhabituel et non académique, au bon sens, ...

#### Contenu

Pendant l'essentiel de ce cours, des textes de Science-Fiction sont utilisés comme supports. Le but est de déterminer si ce que décrit le texte est compatible avec les lois de la physique. Il faut pour cela modéliser le problème, puis le traiter plus ou moins sommairement afin d'obtenir, soit des ordres de grandeur, soit des résultats beaucoup plus évolués. Dans ce dernier cas, les modèles écrits sont parfaitement au niveau des textes de problèmes qui pourraient être proposés lors de travaux dirigés dans la discipline concernée. Quelques apports complémentaires peuvent également être faits, en fonction des textes étudiés, comme par exemple des éléments sur l'évolution des étoiles, les étoiles à neutrons ou les trous noirs, la similitude, ou l'allométrie.

Une séance type est organisée selon le schéma suivant :

- ◇ après lecture de textes courts, mise en évidence des passages pouvant faire l'objet d'un questionnement scientifique : travail de l'ensemble de la classe
- ◇ identification des thématiques disciplinaires
- ◇ analyses successives des différentes thématiques
- ◇ l'enseignant complète éventuellement les connaissances nécessaires au traitement des questions posées
- ◇ un compte rendu « type », sous forme de .ppt est présenté par l'enseignant, ce document est déposé sur le site *claroline* à l'issue du cours.

Les disciplines utilisées durant les séances sont très diverses et comportent entre autres :

- ◇ physique statistique
- ◇ physique quantique
- ◇ transferts thermiques convectifs, radiatifs, conductifs, stationnaires et instationnaires
- ◇ mécanique des fluides
- ◇ résistance des matériaux
- ◇ mécanique céleste
- ◇ astrophysique de base



- ◇ évolution stellaire

## Organisation du cours

Classes intégrées : 30h, Contrôle : 3h (+1h30 de contrôle écrit)

## Support

Des documents sont apportés par les enseignants, soit sous forme électronique (par exemple PowerPoint projetés) soit papier, pour les phénomènes physiques non connus des élèves : relativité, évolution stellaire, étoiles à neutrons, trous noirs.

## Moyens

Enseignants : Pascal Bernaud (Centrale Paris), Ann-Lenaig Hamon (Centrale Paris), Peter Schattschneider (TU Wien)

## Évaluation

- ◇ Contrôle continu en séance (questions simples, très courtes, portant sur les acquis de la séance) : la note cumulée peut être éventuellement prise en compte dans l'évaluation finale.
- ◇ Contrôle écrit de 1h30, lors de la dernière séance ou de l'avant-dernière séance, sans documents ni calculatrice ni ordinateur comptant pour 1/3 de la note finale
- ◇ Soutenance d'un travail en équipe, en principe lors de l'avant dernière séance ou de la dernière séance, comptant pour 2/3 de la note finale.

## PH2820 Technologies opto-électroniques

**Responsable** : Pierre Lecoy

**Langue d'enseignement** : français – **Heures** : 36 – **ECTS** : 3

**Prérequis** : Niveau licence en mathématiques et physique. Notions de propagation d'onde, semi-conducteurs, traitement du signal et communications numériques.

**Période** : S8 Électif 12 mars à juin IN28IE5, SEP8IE5

### Objectifs

Comprendre les principes physiques, la technologie et l'utilisation des fibres optiques, des composants et dispositifs opto-électroniques et d'optique intégrée. Décrire les applications et montrer leur diversité : domaines des communications, des réseaux, de l'imagerie, de l'instrumentation scientifique et médicale, de l'énergie. Découvrir les thèmes de recherche et les aspects industriels.

### Compétences acquises en fin de cours

- ◇ Compréhension des bases théoriques et technologiques, et du vocabulaire
- ◇ Savoir choisir les composants et dispositifs les plus adaptés à une application
- ◇ Appliquer des règles simples de conception et de dimensionnement
- ◇ Connaître et savoir utiliser des équipements de laboratoire (réflectométrie, analyse spectrale, outillage pour fibres)
- ◇ Être documenté sur les acteurs de ces métiers

### Contenu

Fibres optiques, théorie et pratique (2 séances avec exercices et manipulations) :

- ◇ théorie de la propagation sur fibres multimodes et monomodes
- ◇ dispersions, atténuation, biréfringence, effets non linéaires
- ◇ technologie (fabrication, raccordement), nouvelles structures (bande interdite photonique)
- ◇ mesures sur les fibres, réflectométrie (OTDR)

Composants (3 séances avec exercices et manipulations) :

- ◇ composants optiques (coupleurs, multiplexeurs en longueurs d'ondes, réseaux de Bragg, modulateurs commutateurs)
- ◇ composants opto-électroniques (DEL, diodes lasers, photodiodes, amplificateurs optiques à semi-conducteurs et à fibres dopées)
- ◇ applications : afficheurs (LCD, plasma, OLED), cellules photovoltaïques, éclairage à LED

Capteurs d'images CCD et CMOS (1 séance).

Les technologies de semi-conducteurs composés III-V, aspects industriels et recherche (1 séance sous forme de visite au III-V lab, Palaiseau).

Réseaux et transmission optiques (1 séance sous forme de bureau d'études).

Séance en laboratoire (3 séances au LISA) : transmission numérique sur fibre optique ou en infrarouge en espace libre, éclairage et affichage à LED, capteurs de couleur, panneaux solaires, ou autres sujets sur idées des élèves.

### Organisation du cours

- ◇ 5 cours incluant des exercices et des démonstrations / manipulations en laboratoire et sur le terrain (réflectométrie sur le réseau par exemple)
- ◇ 1 conférence et une visite
- ◇ 1 bureau d'étude et 3 séances en laboratoire (mini-projet)

- ◇ 1 séance d'exposés par les élèves (contrôle final)

## Support

- ◇ Planches de cours
- ◇ "Télécom sur fibres optiques", P. Lecoy, Hermès-Lavoisier, 2007 ou sa version anglaise "Fiberoptic Communications", ISTE-Wiley, 2008
- ◇ Nombreux ouvrages en français et en anglais à la bibliothèque

## Moyens

### Enseignants

- ◇ Pierre LECOY, Professeur, Ecole Centrale Paris
- ◇ Bruno DARRACQ, Professeur Université Paris-Sud

Les séances pratiques auront lieu au laboratoire LISA avec la participation des encadrants Walter Peretti et Bruno Delacressonnière, et les étudiants auront accès à ses équipements en électronique, opto-électronique et fibres optiques.

## Évaluation

Bref QCM (25% de la note) + exposés par les élèves sur des thèmes actuels en recherche et développement, industrialisation ou utilisation de technologies opto-électroniques.

## PH2821

### Applications de la physique statistique à des systèmes socio-économiques complexes

**Responsable** : Damien Challet

**Langue d'enseignement** : anglais – **Heures** : 36 – **ECTS** : 3

**Prérequis** : Analyse fonctionnelle de base et notions de probabilités. Programmation dans un des langages suivants : MATLAB, C/C++ ou Python

**Période** : S8 Électif 12 mars à juin IN28IE5, SEP8IE5

#### Objectifs

Le but de ce cours est de présenter aux élèves les concepts fondamentaux de la physique statistique, et son application à l'étude de divers systèmes complexes dans les environnements naturel et socio-économique. Ces systèmes mettent en jeu des agents en compétition pour des ressources et qui s'adaptent dynamiquement aux changements d'environnement.

Ce cours introduira quelques modèles intrigants et des outils d'analyse pour l'étude des systèmes complexes, outils inspirés des idées et concepts de la physique statistique.

Les étudiants apprendront à conduire des expériences numériques et à simuler des systèmes complexes, et découvriront quelques moyens d'aborder les problèmes associés (travail individuel et en groupe).

#### Compétences acquises en fin de cours

Les étudiants se familiariseront avec les concepts suivants :

- ◇ Les bases de la physique statistique et ses applications
- ◇ Les systèmes complexes et les problématiques associées
- ◇ La modélisation multi-agents et ses applications pratiques

Ils apprendront à résoudre des problèmes pratiques posés par des situations de la vie courante. Ils apprendront à implémenter et utiliser des simulations numériques pour aborder des problèmes complexes. Ils développeront également leur capacité à effectuer une présentation de projet, à travailler individuellement et à collaborer dans une équipe.

#### Contenu

La physique statistique est définie comme la branche de la physique qui combine les principes et procédures des statistiques avec les lois de la mécanique classique et de la mécanique quantique, en particulier dans le domaine de la thermodynamique. Elle cherche à prédire et à expliquer les propriétés mesurables de systèmes macroscopiques à partir des propriétés et comportements de ses constituants microscopiques.

Le terme "systèmes complexes" est utilisé pour couvrir une grande variété de systèmes qui comprennent des exemples en physique, chimie, biologie, informatique ainsi que dans les sciences sociales.

Les concepts et méthodes de la physique statistique s'avèrent très utiles dans leur application à ces systèmes complexes, la plupart de ceux-ci faisant apparaître des agents en compétition.

La compréhension du comportement global de tels systèmes nécessite des concepts tels que la dynamique stochastique, la corrélation, l'auto-organisation, l'auto-similarité et les changements d'échelle, la théorie des réseaux et l'optimisation combinatoire, et pour l'application de ces concepts il n'est pas nécessaire de connaître en détail les caractéristiques microscopiques de ces systèmes. L'étudiant acquerra des connaissances dans les domaines suivants :

- ◇ Bases de la physique statistique et des systèmes complexes
- ◇ Etude des réseaux socio-économiques
- ◇ Optimisation combinatoire

◇ Modélisation multi-agents : échange cinétique et théorie des jeux

Les cours seront répartis de la manière suivante : une partie théorique sous forme de cours magistral, une partie pratique comprenant des exercices de programmation et des projets).

Lors du cours magistral le professeur présentera les aspects théoriques et les découvertes récentes dans cette matière.

Lors des TP, les étudiants se répartiront en groupe et feront des expériences numériques et travailleront sur des projets. Les TP, encadrés par des professeurs assistants, seront l'occasion d'implémenter quelques algorithmes standards décrits en cours et auront pour but de consolider les techniques présentées alors. De plus les étudiants travailleront en groupe sur des projets où ils devront mettre en œuvre des notions théoriques vues en cours dans le cadre d'implémentation d'algorithmes réalisée en MATLAB, C/C++ ou Python.

### **Organisation du cours**

Amphis : 12h, Petites classes : 3h, Travaux pratiques: 15h, Contrôles: 6h

### **Support**

Les supports utilisés en cours seront mis à la disposition sur le serveur à la fin de chaque séance. Aucun polycopié ne sera distribué.

### **Moyens**

Enseignants : Damien Challet (Chaire de finance quantitative, Labo M.A.S), Kevin Primicerio.

### **Évaluation**

Travaux pratiques et projet en groupe (présentation orale et rapport écrit) : 50%, contrôle final écrit de 3h : 50%

Présence obligatoire : ne seront pris en compte pour la note finale que les travaux des étudiants ayant assisté à tous les cours

## PH2930

### Physique nucléaire - Module expérimental

**Responsable** : Guillaume Trap

**Langue d'enseignement** : français – **Heures** : 36 – **ECTS** : 3

**Prérequis** : Avoir suivi le cours PH1100 ou équivalent. Posséder un passeport français.

**Période** : S8 Électif 13, 5 mardis entre février et juin IN28IXP, SEP8IXP

#### Objectifs

Ce module a pour but une initiation expérimentale à la physique du noyau atomique et au champ du nucléaire. L'objectif est de former des ingénieurs/chercheurs ayant des idées claires et saines sur ce domaine.

#### Compétences acquises en fin de cours

- ◇ Connaissances en physique nucléaire (structure du noyau, rayonnements, radioactivité naturelle et artificielle, fusion-fission-transmutation, astrophysique nucléaire, etc)
- ◇ Sensibilisation à la radioprotection
- ◇ Maîtrise des moyens de détection et de diagnostic
- ◇ Capacité à exploiter le potentiel des technologies nucléaires

#### Contenu

- ◇ Une journée de cours introductifs fournissant les connaissances de base pour mettre les élèves à niveau et pour leur permettre de tirer le meilleur profit de ce module expérimental (1-noyaux, 2-radiations, 3-énergie, 4-cosmos)
- ◇ Une journée de démonstrations expérimentales au département de physique du Palais de la découverte (chambre à brouillard et à étincelles, sources radioactives, détecteurs alpha-bêta-gamma-rayons cosmiques, accélérateur de deutons et faisceau de neutrons, etc). Rencontre de conférenciers spécialistes en histoire de la radioactivité, radioprotection et physique des (astro)particules.
- ◇ Trois demi-journées de "TP" à l'INSTN du CEA-Saclay : pilotage du réacteur à fission ISIS (TP unique en son genre), mesure de période radioactive, étude de l'émission de particules alpha, spectrométrie gamma.
- ◇ Une journée de Visite au CEA-Bruyères (supercalculateur TERA, accélérateur linéaire, etc)

Des déjeuners sont prévus (à Saclay et à Bruyères) avec des anciens de l'option Physique de Centrale et les intervenants des séances afin de prolonger les échanges sur le nucléaire, la recherche, le CEA, etc.

#### Organisation du cours

Exposés magistraux, travaux pratiques et visites : 36h

#### Support

- ◇ Poly sur les rayonnements
- ◇ Slides des exposés

#### Évaluation

Contrôle continu sous forme de rapports écrits.

## Procédés

## PR1100

### Introduction aux matériaux

**Responsable** : Hervé Duval

**Langue d'enseignement** : français – **Heures** : 36 – **ECTS** : 3

**Prérequis** : Aucun

**Période** : S6 Électif 01 février à avril IN16DE1, SEP6DE1  
S8 Électif 08 février à avril IN28IE1, SEP8IE1

#### Objectifs

- ◇ Sensibiliser aux problématiques matériaux et à leur importance dans tous les secteurs de l'économie
- ◇ Montrer le caractère pluridisciplinaire des matériaux
- ◇ Présenter les familles de matériaux et leurs propriétés tant fonctionnelles que structurales
- ◇ Donner les bases des relations entre les structures des matériaux à différentes échelles et leurs propriétés
- ◇ Illustrer ces relations au travers de couples caractéristiques matériau/propriété issus de secteurs tels que l'aéronautique, l'énergie ou les communications

#### Compétences acquises en fin de cours

- ◇ S'orienter dans les grandes familles de matériaux
- ◇ Choisir le matériau adapté à une application donnée
- ◇ Faire le lien entre élaboration/structure et propriétés des matériaux
- ◇ Etablir et mettre en œuvre des modèles physiques simples pour décrire le comportement de matériaux

#### Contenu

Introduction : importance actuelle des matériaux, défis associés aux matériaux dans les grands enjeux de société

Les grandes familles de matériaux : définition à partir de la nature de la liaison chimique, propriétés résultantes et d'usage, initiation au Choix des Matériaux

Structures et transformations de phase des matériaux :

- ◇ Notions d'ordre-désordre : du cristal à l'amorphe via les polymères et les cristaux liquides
- ◇ Défauts (0D à 3D) : illustration par différents couples matériau/propriété
- ◇ Equilibres thermodynamiques : énergie de Gibbs, solution solide ou liquide, démixtion, diagrammes de phase
- ◇ Cinétiques d'évolution structurale : germination et croissance de phase

Propriétés des matériaux :

- ◇ Mécanismes de la déformation plastique et leur modélisation à l'échelle microstructurale
- ◇ Rupture et ruine des matériaux (endommagement, rupture ductile / rupture fragile, effet d'environnement)
- ◇ Propriétés fonctionnelles en lien avec la structure (conduction thermique et électrique, ferroélectricité, magnétisme, optique)

Conférences invitées sur l'élaboration et le choix des matériaux dans des secteurs-clés de l'économie (énergie, transport, ...)

#### Organisation du cours

Amphis : 21h, Petites classes : 12h, Contrôle : 3h



**Support**

- ◇ Polycopié : Génie des matériaux de J.B. Guillot
- ◇ Ouvrage conseillé : Matériaux, de M. Ashby et D. Jones

**Moyens**

Enseignants : V. Aubin, B. Dkhil, H. Duval, J.-H. Schmitt

**Évaluation**

Contrôle écrit de 3h avec documents

## PR1930

### Activité expérimentale – Matériaux et biomatériaux

**Responsable** : Mehdi Ayouz

**Langue d'enseignement** : français – **Heures** : 30 – **ECTS** : 2

**Prérequis** : Aucun

**Période** : S5      novembre à décembre    IN15DXP, FEP5DXP  
                  S6      entre février et juin            IN16DXP, SEP6DXP

### Objectifs

L'objectif de cette activité est de proposer aux élèves, travaillant par groupes de trois sous la responsabilité d'un enseignant ou d'un chercheur, une initiation à la démarche scientifique expérimentale au travers d'un mini-projet de quatre journées portant sur les matériaux, l'analyse de leurs propriétés (thermique, hygroscopique, structurales, mécaniques, chimiques, ...), ou de leur comportement sous différentes contraintes: physiques, chimiques, biologiques. Les résultats expérimentaux sont confrontés à des modèles analytiques ou numériques afin d'améliorer ces modèles et les rendre plus pertinents.

### Compétences acquises en fin de cours

- ◇ Aspects méthodologiques des études expérimentales.
- ◇ Modélisation analytique/numérique de phénomènes physiques et confrontation avec l'expérience.
- ◇ Connaissances sur les méthodes d'analyse des propriétés thermiques, hygroscopiques, structurales, mécaniques et chimiques des matériaux.
- ◇ Comportement des matériaux et biomatériaux sous différentes contraintes telles que la pression, l'humidité relative, température, etc.
- ◇ Initiation aux méthodes d'observation et modélisation de l'activité biologique types bactéries, algues, levures,...

### Contenu

Outre le travail expérimental proprement dit, les élèves doivent préalablement réaliser une petite étude bibliographique destinée à identifier et analyser le problème à l'origine de l'étude proposée ainsi qu'à établir un « état de l'art ». Ils doivent ensuite réfléchir sur la pertinence du choix des techniques et procédures expérimentales mises en œuvre. A l'issue du travail expérimental, un bilan est réalisé par rapport au problème posé et à l'objectif initialement défini ainsi que d'éventuelles propositions de travaux complémentaires pouvant être effectués ultérieurement. Les résultats expérimentaux sont, en général, confrontés aux modèles analytiques et/ou numériques afin d'améliorer ces modèles et les rendre plus pertinents.

Les sujets proposés aux élèves sont susceptibles de changements d'une année sur l'autre.

Exemples de sujets traités :

- ◇ Caractérisation hygroscopique des matériaux à base de fibre végétale utilisés comme isolant dans les bâtiments.
- ◇ Corrélation entre microstructures et propriétés mécaniques de céramiques pour applications biomédicales.
- ◇ Durcissement structural d'un alliage Al-4%Cu.
- ◇ Détermination de la morphologie poreuse d'organes de végétaux par transport en phase gazeuse raréfiée.
- ◇ Observation et modélisation de l'activité biologique dans des isolants thermiques à base de fibres végétales.
- ◇ Micro-localisation de microorganismes en photo-bioréacteur hybride: observation et modélisation.

## Organisation du cours

Travaux pratiques : 27h, Contrôle : 3h

## Support

- ◇ Articles tirés de la recherche bibliographique.
- ◇ Programmes numériques: MATLAB, COMSOL, Logiciels de physique quantique, Codes C/F90,..
- ◇ Livres sur les notions de base et sur les techniques d'étude des matériaux.

## Évaluation

Soutenance orale + rapport écrit

Le travail de chaque élève est évalué, selon les barèmes définis dans le cahier des charges des activités expérimentales, sur la qualité du travail pratique, de la soutenance orale, du rapport écrit ainsi que sur l'intérêt manifesté et la participation en séance. Les coefficients suivants seront appliqués pour la détermination de la note finale: - travail expérimental : coef 2 - soutenance orale : coef 1 - document écrit : coef 1 - comportement : coef 1

**PR2100****Traitement de l'eau et protection des nappes souterraines**

**Responsable** : Arezou Modaressi

**Langue d'enseignement** : français – **Heures** : 36 – **ECTS** : 3

**Prérequis** : Aucun

**Période** : S8 Électif 12 mars à juin IN28IE5, SEP8IE5

**Objectifs**

Ce cours a pour but d'étudier les interactions entre l'homme et l'eau qu'il puise dans le milieu naturel à travers :

- ◇ les procédés utilisés pour produire une eau de qualité donnée (eau potable) et pour traiter l'eau après utilisation (eaux usées urbaines, effluents industriels).
- ◇ quelques notions d'hydrogéologie, polluants et leur dynamique dans les eaux souterraines, gestion des eaux souterraines, surveillance et techniques de traitement des sites pollués.

**Compétences acquises en fin de cours**

- ◇ Connaissance des moyens d'analyse et de production d'une eau de qualité donnée et de traitement d'un effluent.
- ◇ Bases de dimensionnement de certaines installations.
- ◇ Simulation des écoulements et du transport et transfert des polluants dans un milieu naturel.

**Contenu**

- ◇ Introduction : disponibilité de l'eau, législations, normes, procédés biologiques et physicochimiques de traitement de l'eau et des effluents (6h)
- ◇ Introduction à l'hydrogéologie, polluants et leur dynamique dans les eaux souterraines, gestion des eaux souterraines, surveillance et techniques de traitement des sites pollués (3h)
- ◇ Hydraulique et mécanismes de transport et transferts de polluants dans les eaux souterraines (6h)
- ◇ Travaux dirigés de simulation de l'écoulement et de la pollution des nappes souterraines (9h)
- ◇ Travaux pratiques sur l'analyse de l'eau et les procédés de traitement (9h)

**Organisation du cours**

Petites classes : 15h, Travaux pratiques : 9h, travaux dirigés 9h, Contrôle : 3h

**Support**

Présentations PowerPoint

**Moyens**

Arezou Modaressi Enseignant responsable

Barbara Malinowska

intervenants extérieurs

logiciel comsol-Multiphysics

TP au LPGM

## Évaluation

- ◇ (50%) Examen écrit (3h)
- ◇ (25%) Brefs rapports sur les travaux pratiques
- ◇ (25%) Brefs rapports sur les travaux dirigés de simulation et l'étude de cas

**PR2940****Activité expérimentale – Procédés et environnement**

**Responsable** : Barbara Malinowska, Mohammed Rakib

**Langue d'enseignement** : français ou anglais – **Heures** : 30 – **ECTS** : 2

**Prérequis** : Il n'y a pas de prérequis. Cependant une formation en génie des procédés est utile. Des connaissances en chimie analytique et électrochimie sont également un plus.

**Période** : S5      novembre à décembre    IN15DXP, FEP5DXP

                  S6      entre février et juin            IN16DXP, SEP6DXP

**Objectifs**

Proposer aux élèves, travaillant par groupes de deux ou trois sous la responsabilité d'un enseignant ou d'un chercheur, une initiation à la recherche scientifique à travers d'un projet.

Acquérir une base de connaissances permettant : d'effectuer une recherche documentaire sur un sujet scientifique ; de pouvoir planifier l'expérimentation ; de présenter des résultats de manière claire ; d'avoir un esprit critique face aux résultats obtenus; de travailler en respectant les règles de sécurité au laboratoire.

**Compétences acquises en fin de cours**

- ◇ Familiarisation avec la méthodologie des études expérimentales
- ◇ Notions de base sur les procédés membranaires et électromembranaires
- ◇ Manipulation sur des installations pilotes (électrodialyse, ultrafiltration, nanofiltration, électrolyse)
- ◇ Utilisation de techniques analytiques modernes (titrage, spectrométrie d'absorption atomique, spectrométrie infrarouge FTIR-ATR)

**Contenu**

Les élèves doivent commencer par une recherche bibliographique. Le but étant de situer le projet dans le contexte plus général et d'établir l'état de l'art versus le sujet proposé. Ensuite, afin d'atteindre le but recherché, ils doivent effectuer les expérimentations en mettant en oeuvre les opérations et conditions choisies par eux-mêmes. A l'issue du travail expérimental, ils doivent analyser et discuter les résultats obtenus.

Les sujets proposés concernent :

- ◇ traitement des effluents solides, liquides ou gazeux par lixiviation, séparation , concentration,...
- ◇ traitement d'effluents salins (opérations membranaires et/ou électromembranaires)

Il s'agit de la mise en oeuvre des procédés propres dans le but de valorisation des déchets ou de dépollution des effluents.

**Organisation du cours**

- ◇ Présentation des thèmes : 3h
- ◇ Experimentation : 20h
- ◇ Présentation de l'exposé et la soutenance orale : 7h

Rapport écrit à rendre sous une semaine

**Support**

Polycopié, articles issus de la recherche bibliographique effectuée durant ce cours

## Moyens

Enseignants et chercheurs prévus : Imène Belmahdi, Arnaud Buch, Hervé Duval, Julien Lemaire, Barbara Malinowska

## Évaluation

- ◇ Travail expérimental (coef 2)
- ◇ Soutenance orale (coef 1)
- ◇ Comportement et respect des règles de sécurité dans un laboratoire (coef 1)
- ◇ Rapport écrit (coef 1)

## PR3100

### Génie des procédés et développement durable

**Responsable** : Herve Duval (S7), Moncef Stambouli (S6, S8)

**Langue d'enseignement** : français – **Heures** : 36 – **ECTS** : 3

**Prérequis** : Transferts thermiques, bases de cinétique chimique, de mécanique des fluides et de thermodynamique chimique

<b>Période</b> :	S6	Électif 01	février à avril	IN16DE1, SEP6DE1
	S7	Électif 02	septembre à décembre	IN27DE2, FEP7DE2
	S8	Électif 08	février à avril	IN28IE1, SEP8IE1

#### Objectifs

Le Génie des Procédés moderne consiste à **concevoir, exploiter, optimiser des procédés respectueux de l'environnement**, destinés à l'élaboration de produits variés dans de nombreux secteurs industriels (pharmacie, pétrole, chimie fine, agroalimentaire, cosmétiques, traitement de l'eau et des déchets, matériaux classiques et high-tech, biotechnologies, ...). Ses méthodes sont également de plus en plus largement employées pour assurer **le recyclage et la valorisation** de nombreux produits, **la purification** d'effluents liquides et gazeux, etc. ; il s'inscrit ainsi comme un outil de choix dans la stratégie de **développement durable** à l'échelle mondiale.

Ce cours est une introduction au Génie des Procédés et à ses méthodologies, permettant aux élèves d'acquérir des outils généralistes, transposables aisément à de multiples domaines.

#### Compétences acquises en fin de cours

- ✧ Maîtriser les concepts de base du génie des procédés permettant le pré-dimensionnement d'installations de domaines variés (biotechnologies, production d'énergie, traitement de l'eau et des déchets, ...).
- ✧ Être capable d'étendre ces compétences à des domaines nouveaux.
- ✧ Savoir aborder la conception de procédés et techniques respectueux de l'environnement.

#### Contenu

- ✧ Cours : introduction, modèles d'écoulement, bilans matière
- ✧ Étude de cas : production de bioéthanol
- ✧ Cours : réacteurs parfaitement agités (1)
- ✧ Étude de cas : production d'un principe actif pharmaceutique
- ✧ Cours : réacteurs parfaitement agités (2)
- ✧ Étude de cas : dimensionnement de bassins de traitement biologique d'une station de traitement d'eau urbaine
- ✧ Cours : réacteur piston
- ✧ Étude de cas : production de styrène
- ✧ Cours : équilibres liquide-vapeur, distillation simple
- ✧ Étude de cas : dessalement d'eau de mer
- ✧ Cours : distillation multi-étages à flux molaires constants
- ✧ Étude de cas : production de bioéthanol
- ✧ Cours : distillation multi-étages
- ✧ Étude de cas : recyclage d'ammoniac dans le procédé de fabrication des photopiles solaires
- ✧ Cours : transfert de matière
- ✧ Étude de cas : modélisation d'un procédé in vitro et in vivo de désintoxication médicamenteuse



- ◇ Cours : transfert de matière
- ◇ Étude de cas : calcul d'une unité de purification d'air
- ◇ Cours : électrochimie, procédés électrochimiques
- ◇ Étude de cas : étude d'une pile à combustible pour une voiture
- ◇ Cours : procédés membranaires
- ◇ Étude de cas : dimensionnement d'un bioréacteur à membrane pour la dépollution d'effluents industriels

**Concepts clés:**

Modèles d'écoulement idéaux, réacteurs idéaux, opérations unitaires et modèle de l'étage théorique (distillation, extraction liquide-liquide), transfert de matière (bases, modèles simplissimes, applications aux procédés de purification).

**Organisation du cours**

Amphis : 15h, Petites classes : 18h, Contrôle : 3h

**Support**

- ◇ Deux polycopiés, diaporamas
- ◇ Techniques de l'ingénieur Procédés J 4010 ; J 1070 ; J 1072 ; J 1073 ; J 1074
- ◇ Perry Chemical Engineer's Handbook 7th edition, 1997, Mac Graw Hill

**Évaluation**

- ◇ Etude bibliographique avec présentation orale (40% de la note) ;
- ◇ Contrôle final : Étude de cas en séance de 3h par groupe de 3 ou 4 élèves, rédaction d'un rapport en séance (60% de la note).

## PR4200 Réseaux électriques

**Responsable** : Jean-Pierre Fanton

**Langue d'enseignement** : français – **Heures** : 36 – **ECTS** : 3

**Prérequis** : notions de base en physique

**Période** : S7 Électif 04 septembre à décembre IN27DE4, FEP7DE4

### Objectifs

L'**None** est un sujet qui est – et va rester durablement – d'actualité. *énergie*

Avec l'évolution du contexte politico-économique (l'ouverture des marchés), avec surtout la raréfaction des ressources naturelles, avec enfin le souci de prendre en compte de plus en plus largement le maintien des équilibres écologiques et naturels, cette présence au cœur de l'actualité ne peut en effet que s'accroître.

L'**None**, comme forme particulièrement bien adaptée au transport et à l'utilisation finale de l'énergie, joue un rôle majeur, sans que l'on en soit toujours bien conscient. En fait, l'énergie électrique est omniprésente dans la vie de la société, du monde industriel, de chacun. *énergie électrique*

Les **None/None**, thème central de ce cours, sont l'outil technique pour la bonne distribution de l'énergie, des lieux où il peut être produit, vers les lieux où son utilisation est nécessaire ou tout simplement souhaitée. Ils permettent la prise en charge immédiate et précise de flux d'énergie considérables, c'est-à-dire l'adaptation permanente des moyens de la production à ceux de la consommation. *éseaux électriques*

Toutefois, si l'énergie électrique présente des avantages significatifs, elle apporte également certaines contraintes (telles que l'indisponibilité du stockage à grande échelle). Le transport, et l'utilisation finale de l'énergie électrique, impliquent de faire appel à un ensemble de procédés techniques, qui sont divers et complexes. Et, bien que certains concepts nouveaux deviennent de plus en plus populaires (tels que les «réseaux intelligents»), les niveaux de consommation étant aujourd'hui très élevés, les projets pour le transport et l'utilisation de l'énergie électrique se doivent de rester réalistes. Il est donc nécessaire que les solutions techniques éprouvées soient connues :

- 1) l'utilisation du courant alternatif,
- 2) l'utilisation de systèmes polyphasés
- 3) les changements successifs du niveau de la tension

Le cours vise à rendre explicites les processus correspondants.

### Compétences acquises en fin de cours

Au terme du cours, les étudiants seront en mesure de comprendre et d'analyser la constitution et le fonctionnement d'un réseau électrique, d'évaluer son dimensionnement, et de proposer des améliorations éventuelles de sa conception.

### Contenu

- ◇ Notions générales sur les réseaux électriques
- ◇ Circuits monophasés
- ◇ Circuits polyphasés
- ◇ Électronique de puissance : réseaux à courant continu
- ◇ Constitution des réseaux : câbles et lignes
- ◇ Les sources dans les réseaux : machines synchrones
- ◇ Contrôle et réglage des réseaux : fréquence et tension
- ◇ Répartition des puissances

- ◇ Régimes déséquilibrés
- ◇ Régimes transitoires

## Organisation du cours

Amphis : 16h30, Petites classes : 16h30, Contrôle : 3h

Les Petites Classes sont constituées pour moitié de sessions encadrées de simulation numérique sur ordinateur ; elles sont complétées par la visite d'un grand dispatching de gestion de réseau, au niveau national ou au niveau régional.

## Support

Le support de cours en français est constitué des éléments suivants :

- 1) photocopié
- et par chapitre de cours
- 2) formulaire
- 3) listing bibliographique
- 4) exemples d'exercices corrigés
- 5) compléments

Tous ces éléments sont également disponibles en ligne sur Claroline

Principaux ouvrages conseillés :

FEYNMAN R. Electromagnétisme 1 et 2 Dunod 1999

FOURNET G. Electromagnétisme à partir des équations locales Masson 1985

DE COULON F. JUFER M. Traité d'Electricité 1 Introduction à l'électrotechnique Presses Pol. Romandes 1995

ESCANE J.M. Réseaux d'énergie électrique : lignes, câbles Eyrolles/DER 1997

BORNARD P. MEYER B., BARRET J.P. Simulation des réseaux Eyrolles 1998

## Moyens

Le cours est assuré par un enseignant ECP Professeur Chargé de Cours

Les petites classes sont assurées par 8 intervenants : 5 enseignants (Supelec) et 3 industriels (groupe EDF)

Ces intervenants ne sont pas disponibles en dehors des créneaux d'enseignement.

## Évaluation

Les étudiants ont le choix entre :

- ◇ un contrôle final écrit de 3h ; tous documents autorisés ; pas d'ordinateur ni de moyen de communication ; calculatrice recommandée
- ◇ un contrôle par projet : travail de groupe, à remettre en fin de cours.

## PR4300

### Cogénération et production d'énergie

**Responsable** : Tanguy Poline

**Langue d'enseignement** : anglais\* – **Heures** : 36 – **ECTS** : 3

**Prérequis** : Connaissances générales en physique (mécanique, thermodynamique,...)

**Période** : S8 Électif 10 février à juin IN28IE3, SEP8IE3

#### Objectifs

- 1/ Acquérir une culture générale sur la production et consommation d'énergie.
- 2/ Sur une usine de cogénération et de production d'électricité :
  - ◇ avoir une analyse projet (dimensionnement des équipements, rentabilité économique)
  - ◇ avoir une expérience opération (panne, régulation, environnement)
- 3/ Être capable, sur une large plage de sujets énergétiques (filiales, procédés, équipements, consommateurs), d'avoir une analyse qualitative et numérique rapide.

#### Compétences acquises en fin de cours

- ◇ Connaissances transversales en énergie et plus particulièrement en cogénération
- ◇ Capacité à quantifier approximativement une donnée énergétique

#### Contenu

Cogénération :

- ◇ Principe de la cogénération, ressources énergétiques, coûts spécifiques.
- ◇ Éléments de base de la cogénération : turbine à vapeur, turbine à gaz, chaudière, moteur. Comparatif.
- ◇ Dimensionnement d'une chaudière de récupération. Détail technique sur la turbine à gaz.
- ◇ Opération usine : principales régulations, pannes, coûts, environnement, gestion de l'eau.

Production et consommation d'énergie :

- ◇ Présentation des filières énergétiques avec CO<sub>2</sub> (charbon, fuel liquide, gaz naturel, bitumineux).
- ◇ Présentation partielles des filières énergétiques sans CO<sub>2</sub> (nucléaire, hydraulique, éolien, solaire, bio, géothermie).
- ◇ Marché de l'électricité et du gaz
- ◇ Développement durable : hiérarchisation des potentiels d'économie d'énergie (électricité, industrie, habitat, transport).

#### Organisation du cours

Petites classes: 33h, Contrôle: 3h

#### Support

Polycopié pdf associé

#### Évaluation

Contrôle final (QCM + Examen) : 2h30

## PR5100 Science du vivant

**Responsable** : Christophe Bernard

**Langue d'enseignement** : français – **Heures** : 15 – **ECTS** : 0.5

**Prérequis** : Aucun

**Période** : S6 entre février et juin IN16COM, SEP6COM

### Objectifs

Nous aborderons les principes généraux qui définissent le vivant, abordé comme système complexe, via une approche multi-échelle de la cellule à l'organisme. Deux concepts principaux seront abordés :

- ◇ comprendre le vivant pour le réparer (défi santé) et
- ◇ comprendre le vivant pour l'utiliser (défi industriel).

Nous verrons que ces deux défis ne peuvent pas être relevés sans une approche multidisciplinaire. L'étude du vivant est en fait un point de convergence de beaucoup de disciplines enseignées à l'Ecole.

### Compétences acquises en fin de cours

Connaître les bases du vivant et savoir comment interagir avec elles dans un but donné.

### Contenu

#### Principes généraux

- ◇ Fonctionnement cellulaire : du gène à la protéine
- ◇ Métabolisme et production d'énergie dans les cellules
- ◇ L'étude d'un organe -le cerveau, comme point de convergence de toutes les disciplines
- ◇ Le vivant comme système dynamique multidimensionnel, caractérisé par des invariances à travers les échelles : du gène au comportement de l'organisme

#### Applications

- ◇ Génie génétique pour réparer les cellules ou les forcer à fabriquer des molécules d'intérêt (par exemple des médicaments)
- ◇ Utilisation du vivant à des fins industrielles (bioprocédés, dépollution, biocarburants)
- ◇ Interfaces vivant/non-vivant (nanotechnologies, organes artificiels, etc.)
- ◇ Modélisation du vivant

### Organisation du cours

Le cours sera organisé autour des différents niveaux de modélisation.

### Support

Eléments donnés en cours.

### Moyens

Equipe pilote:

Christophe Bernard (INSERM), Véronique Letort (MA), Elsa Vennat (MG), Filipa Lopes (PR)

### Évaluation

Examen écrit final (80% de la note)+ quiz pendant les séances (20% de la note)

## PR5210 Le génome

**Responsable** : Diana Le Roux

**Langue d'enseignement** : anglais – **Heures** : 36 – **ECTS** : 3

**Prérequis** : Connaissances de base en biologie (niveau Bac S)

**Période** : S7 Électif 06 novembre à décembre IN27DE6, FEP7DE6

### Objectifs

Les techniques récentes de génomique sont en train de bouleverser notre connaissance de la biologie et prochainement notre approche de la médecine. Nous vous proposons avec ce cours une immersion dans cette génomique de nouvelle génération.

L'objectif principal est de faire connaître aux futurs ingénieurs le fonctionnement du génome dans son ensemble et les différentes façons de l'analyser : utilisation des méthodes *in vivo* telles que les souris transgéniques, et des méthodes *in silico* telles que le séquençage à haut débit qui nécessitent la mise en place d'outils informatiques, mathématiques et statistiques spécifiques. Récemment, la maîtrise de la reprogrammation du génome a permis de produire des cellules souches à volonté et d'envisager de nouvelles et très prometteuses approches de thérapie génique et cellulaire qui devraient permettre à terme de traiter de nombreuses maladies héréditaires, infectieuses ou acquises. L'élaboration de ces nouvelles stratégies implique une considération particulière des notions de bioéthique et de brevetabilité du vivant.

### Compétences acquises en fin de cours

- ◇ comprendre comment fonctionnent les génomes dans des conditions physiologiques et pathologiques, et apprécier comment l'information génomique peut être utilisée pour développer de nouvelles thérapies
- ◇ avoir une vision d'ensemble des propriétés des cellules souches, des applications thérapeutiques qui en découlent et comprendre les concepts sous-jacents à la révolution de la médecine réparatrice
- ◇ avoir un panorama complet sur la brevetabilité du génome
- ◇ posséder une vision stratégique de la manière de progresser dans le domaine de la génomique: de l'exploration des données à l'extraction de connaissances innovantes.

### Contenu

- ◇ Structure et régulation des génomes. Initiation au séquençage ADN à haut débit.
- ◇ Brevetabilité du génome.
- ◇ Utilisation du génome pour le développement des thérapies géniques et cellulaires. Conception et bioproduction à grande échelle de gènes-médicaments.
- ◇ Maîtrise de la reprogrammation dynamique du génome : plasticité cellulaire.

### Organisation du cours

Cours et exercices : 33h, Contrôle : 3h

### Support

Notes du cours et un résumé des diapositives disponibles sur le site Internet de l'Ecole.

### Évaluation

Contrôle final écrit de 3h (sans documents ni ordinateur)

## **Sciences de l'entreprise**

## SE1100 Finance d'entreprise

**Responsable** : Danièle Attias

**Langue d'enseignement** : français – **Heures** : 27 – **ECTS** : 2

**Prérequis** : Aucun

**Période** : S5 entre septembre et janvier IN15COM, FEP5COM

### Objectifs

Le cours a pour objectif de permettre aux élèves :

- ◇ de comprendre le fonctionnement de l'entreprise dans l'environnement international et de découvrir les critères de mesure de la performance économique
- ◇ de connaître les différents types de ressources financières essentielles à l'activité et au développement de l'entreprise
- ◇ d'introduire les notions fondamentales d'analyse financière et de savoir les interpréter par rapport à l'activité de l'entreprise

### Compétences acquises en fin de cours

Comprendre l'entreprise dans ses aspects économiques et financiers en lien avec son environnement, connaître les différents types de ressources financières, maîtriser les principales notions comptables et financières de l'entreprise et savoir les interpréter.

### Contenu

- ◇ L'entreprise créatrice de valeur ajoutée dans un environnement international en pleine mutation. Étude du lien investissement–production–technologie.
- ◇ Les différents types de ressources financières dont disposent les entreprises, leur coût et les arbitrages qu'elles opèrent en termes de choix d'investissement.
- ◇ Les principaux documents comptables (comprendre la structure de base d'un bilan et d'un compte de résultat) et leur finalité.
- ◇ L'interprétation des résultats économiques et financiers (soldes intermédiaires de gestion, besoin en fonds de roulement, trésorerie, etc.).

### Organisation du cours

Amphis : 16h, E-learning : 10h, Contrôle : 1h

Une pédagogie nouvelles est introduite dans ce cours qui permet d'organiser son apprentissage des connaissances financières de manière autonome. Alternance de cours en amphi de 1h30 et de **séances individuelles d'1h30 d'e-learning qui consistent à préparer en amont le cours en amphi**. Le cours en amphi est une prolongation des séances de e-learning avec l'acquisition d'une vision financière globale, des études de cas d'entreprises et des exercices de synthèse.

### Support

Site Claroline pour tous les documents du cours en amphi et mise à disposition du contenu des séances de e-learning

### Évaluation

Contrôle écrit de 1h (QCM) sur l'ensemble du cours et les séances de e-learning, sans documents ni moyens de calcul.



## SE1200 Gestion d'entreprise

**Responsable** : Eléonore Mounoud

**Langue d'enseignement** : français – **Heures** : 27 – **ECTS** : 2

**Prérequis** : Ce cours requiert une ouverture et une curiosité sur les aspects économiques, organisationnels et humains liés au management et à la gestion des entreprises..

**Période** : S5 entre septembre et janvier IN15COM, FEP5COM

### Objectifs

Donner une grille de lecture structurée de ce qu'est une entreprise, de ses objectifs, de son organisation, de son éco-système qui permette de comprendre les principales problématiques de gestion opérationnelle et stratégique des entreprises

### Compétences acquises en fin de cours

- ◇ Savoir formuler les questions clés d'une démarche marketing pour un produit ou un service
- ◇ Savoir replacer la stratégie d'une entreprise dans son contexte concurrentiel et sociétal en tenant compte des compétences dont elle dispose
- ◇ Savoir analyser les grandes lignes de la structure organisationnelle d'une entreprise et ses principaux processus
- ◇ Avoir compris les enjeux des opérations au sein d'une organisation et les logiques d'amélioration de la performance
- ◇ Être capable de caractériser les logiques d'interactions entre fonctions dans les processus d'innovation

### Contenu

- ◇ Introduction : les objectifs, les acteurs, les cycles d'exploitation et de renouvellement
- ◇ Marketing des produits et des services
- ◇ Stratégie d'entreprise : segmentation, FCS, stratégies génériques, portefeuilles
- ◇ Modalités de croissance et manœuvres stratégiques
- ◇ Pilotage de la performance et gestion des opérations
- ◇ Modèles d'organisation : structure, systèmes de gestion et processus,
- ◇ Management de l'innovation et de la technologie

### Organisation du cours

Amphis : 12h, Petites classes : 12h, Contrôle : 3h

Deux petites classes en anglais (études de cas et contrôle final identiques).

### Support

Un polycopié avec des listes de références ainsi que des cas à préparer pour les PC sont mis à disposition des élèves sous format papier. Une copie des transparents Powerpoint utilisés en amphi est mise à disposition des élèves sous forme électronique.

### Évaluation

- ◇ Un examen final écrit de 3h (3h30 pour les élèves internationaux non francophones) SANS DOCUMENT
- ◇ Des examens intermédiaires facultatifs écrits à l'occasion de certaines des PC
- ◇ Un suivi de la participation à l'oral en PC

## SE1300

### Finance d'entreprise, finance de marché

**Responsable** : Danièle Attias

**Langue d'enseignement** : français – **Heures** : 36 – **ECTS** : 3

**Prérequis** : Avoir suivi le cours SE1100 ou équivalent. Connaissances de base en comptabilité et finance

**Période** : S7 Électif 02 septembre à décembre IN27DE2, FEP7DE2

#### Objectifs

Dans la continuité du cours de première année SE1100, ce cours électif a pour objectif de permettre aux élèves de :

- ◇ Comprendre le fonctionnement de l'entreprise dans son environnement économique et financier (marchés, situation économique)
- ◇ Pratiquer les aspects de pilotage financier et économique de l'entreprise : comptabilité et contrôle de gestion, analyse financière, modèles économiques
- ◇ Appréhender les problématiques de financement des entreprises

#### Compétences acquises en fin de cours

- ◇ Maîtriser les principales notions comptables et financières de l'entreprise et savoir leur donner un sens par rapport à l'activité de l'entreprise
- ◇ Distinguer résultats économiques et trésorerie
- ◇ Maîtriser les caractéristiques des deux grands groupes de ressources financières

#### Contenu

Le cours établit un continuum entre les aspects internes à l'entreprise et l'environnement externe (marchés, économie globale) :

- ◇ Révision et pratique des aspects comptables de l'entreprise : comptabilité (représentation monétaire de l'entreprise), avec rappel des définitions et mise en pratique des principes fondamentaux
- ◇ Aspects prévisionnels de la gestion d'entreprise : principe et pratique des bases du contrôle de gestion
- ◇ Utilisation et mise en pratique des notions d'analyse financière d'entreprise (interprétation économique des éléments comptables, soldes intermédiaires de gestion, FR/BFR, etc.)
- ◇ Analyse de l'entreprise via son modèle économique (business plan, business model)
- ◇ Financement d'entreprise (par le capital ou par la dette)
- ◇ Notion de fonctionnement de l'entreprise dans son environnement : enjeux de globalisation, analyse des situations de crise financière et conséquences économiques pour les entreprises

#### Organisation du cours

Amphis : 21h, Petites classes : 12h (dont 4h en e-learning) , Contrôle final : 3h

#### Support

Site Claroline (supports des cours, documents d'ouverture et d'approfondissement, exercices)

#### Évaluation

Contrôle écrit de 3h

## SE1400 Économie

**Responsable** : Pascal da Costa

**Langue d'enseignement** : français – **Heures** : 24 – **ECTS** : 2

**Prérequis** : Aucun

**Période** : S7 entre septembre et janvier IN27COM, FEP7COM

### Objectifs

L'objectif du cours est de permettre aux élèves d'acquérir les ressources nécessaires pour comprendre et analyser leur environnement économique. Pour chaque thème traité, des faits tirés de l'actualité et des éléments statistiques permettront d'apprécier une problématique et de la traiter en s'appuyant sur les théories issues de l'analyse économique.

### Compétences acquises en fin de cours

- ◇ Connaissance des théories économiques récentes, de leur utilité et de leurs limites, ainsi que des processus de production des connaissances en analyse économique, dans les domaines de la concurrence, du financement de l'économie, de la monnaie, des politiques conjoncturelles et structurelles et du commerce international.
- ◇ Capacité à développer et mettre en oeuvre quelques modèles mathématiques simples en micro et macroéconomie.

### Contenu

- ◇ Marchés et régulations : le marché et ses défaillances ; pouvoir des acteurs et structures des marchés ; externalités positives et négatives (innovation, pollution) ; monopole naturel ; asymétries d'information : concurrence et innovation.
- ◇ Financement de l'économie et rôle de la monnaie : le passage de l'économie d'endettement à celle des marchés financiers ; le rôle de la monnaie ; le rôle de la Banque Centrale.
- ◇ Conjoncture et politiques économiques : politique monétaire ; politique budgétaire ; chômage.
- ◇ Economie internationale et globalisation : commerce international (régulation et théories) ; finance internationale (taux de change, balance des paiements, système monétaire et financier international).
- ◇ Croissance et environnement : éducation et innovation, les deux moteurs de la croissance ; progrès technique et environnement.

### Organisation du cours

Amphis : 10.5h, Petites classes : 9h, Contrôles : 4.5h

### Support

- ◇ Polycopié.
- ◇ Begg, Fischer, Dornbusch (2002) Macroéconomie, Dunod.
- ◇ Begg, Fischer, Dornbusch (2002) Microéconomie, Dunod.
- ◇ Blanchard, Cohen (2002) Macroéconomie, Pearson Education.
- ◇ Burda, Wyplosz (1998) Macroéconomie : une perspective européenne, Boeck Université.
- ◇ da Costa (2013) Etats-Unis, Europe, Chine : des Etats au cœur des crises économiques et financières mondiales, l'Harmattan.
- ◇ Mucchielli, Mayer (2005) Economie internationale, Dalloz.
- ◇ Picard (1992) Eléments de microéconomie, Montchrestien.
- ◇ Stiglitz (2000) Principes d'économie moderne, De Boeck Université.

◇ Varian (1995) Analyse microéconomique, De Boeck Université.

### Évaluation

Contrôle final obligatoire (CFO) écrit de 3h (avec documents et calculatrice). Contrôle intermédiaire (CIF) écrit facultatif de 1h30 (sans documents ni calculatrice).

Note =  $\sup(0.4 \times \text{CIF} + 0.6 \times \text{CFO}, \text{CFO})$

## SE1500 Modélisation d'entreprise

**Responsable** : Jihed Touzi

**Langue d'enseignement** : français – **Heures** : 36 – **ECTS** : 3

**Prérequis** : Avoir suivi le cours IS1110 ou équivalent.

**Période** : S8 Électif 09 février à avril IN28IE2, SEP8IE2

### Objectifs

L'objectif de cet enseignement est, à travers des cas d'étude et l'utilisation d'outils de modélisation, de présenter :

- ◇ des formalismes et méthodes utilisés en modélisation d'entreprise ;
- ◇ différents points de vue (processus, organisation, données métier, systèmes d'information, ...)
- ◇ des cadres de référence ;
- ◇ les apports et limites de la modélisation d'entreprises.

### Compétences acquises en fin de cours

Être capable de construire des modèles d'entreprise ou de sous-systèmes d'entreprise, pour :

- ◇ en expliquer la structure et le fonctionnement ;
- ◇ et/ou en analyser le comportement et en évaluer les performances ;
- ◇ et/ou l'aide à la décision dans son exploitation ;
- ◇ et/ou manager des projets d'intégration et d'interopérabilité ;

en choisissant un formalisme et un outil de modélisation adaptés.

### Contenu

Rappels sur Modèles, Modélisation, Méta-Modèles.

Introduction à la Modélisation d'entreprise :

- ◇ définitions
- ◇ notion de modèles d'entreprises

Rappels sur méthodes d'ingénierie des systèmes d'information, notamment avec le langage UML :

- ◇ diagrammes de classes
- ◇ diagrammes de cas d'utilisation
- ◇ diagrammes d'activités
- ◇ applications.

Modélisation des processus :

- ◇ approche processus
- ◇ formalismes pour la modélisation des processus : BPMN, UML, IDEF
- ◇ mise en œuvre

Méthodes et outils de modélisation d'entreprise, les différents supports de la démarche disponibles au niveau international :

- ◇ les différentes approches
- ◇ les cadres généraux (frameworks)
- ◇ les méthodes et outils existants, spécificités, comparaison, domaines d'application
- ◇ exemple pour la modélisation des flux décisionnels

## Organisation du cours

Amphis : 12h, Petites classes : 12h, TP : 9h, Contrôle : 3h

## Support

Copie des diapositives du cours

“Enterprise Modeling and Integration: Principles and Applications”, Francois Vernadat, Kluwer Academic Publishers, ISBN-13: 978-0412605505

Manuels des logiciels utilisés en travaux pratiques

## Évaluation

- ◇ Travaux pratiques (50%) : prise en compte du travail fait en séance et du résultat final à produire sous 2 semaines maximum
- ◇ contrôle final de 3h (50%)

## SE1600 Économie Avancée

**Responsable** : Pascal da Costa

**Langue d'enseignement** : français – **Heures** : 36 – **ECTS** : 3

**Prérequis** : Avoir suivi le cours SE1400 ou équivalent. Economie

**Période** : S7 Électif 06 novembre à décembre IN27DE6, FEP7DE6

### Objectifs

Approfondissement des théories d'analyse économique introduites en SE1400 (Economie).

### Compétences acquises en fin de cours

- ◇ Approfondissement des théories économiques récentes
- ◇ Capacité à développer et mettre en oeuvre des modèles mathématiques en micro et macroéconomie
- ◇ Initiation à la recherche quantitative

### Contenu

Ce cours a pour objectifs de présenter les principaux enjeux économiques actuels, ainsi que quelques outils mathématiques d'analyse aidant à la compréhension de deux thèmes principaux du cours : l'environnement et le progrès technique ; soit, plus précisément, la question de l'innovation et des autres sources de croissance économique, des effets du développement économique sur l'environnement, des politiques économiques permettant de réduire les pollutions.

Plan du cours :

- ◇ Nouvelles théories de la croissance
- ◇ Economie de l'environnement et des ressources naturelles
- ◇ Economie industrielle
- ◇ Modélisation macroéconomique appliquée

### Organisation du cours

Amphis : 22h30, Petites classes : 9h, Contrôles: 4h30

### Support

- ◇ Polycopié, présentations, site du cours
- ◇ Jones (2000) Théorie de la croissance endogène, De Boeck Université
- ◇ Schubert (2000) Macroéconomie, comportements et croissance, Vuibert
- ◇ Varian (1995) Analyse microéconomique, De Boeck Université

### Évaluation

Contrôle intermédiaire (CIF) facultatif de 3h (sans documents ni calculatrice) et contrôle final (CFO) obligatoire de 3h (documents et calculatrice autorisés sauf pour CIF). Note =  $\text{Sup}(0.4 \times \text{CIF} + 0.6 \times \text{CFO}, \text{CFO})$

## SE1950

### Activité expérimentale – Ingénierie inverse et prototypage rapide

**Responsable** : Pascal Morenton

**Langue d'enseignement** : français – **Heures** : 30 – **ECTS** : 2

**Prérequis** : Aucun

**Période** : S5      novembre à décembre      IN15DXP, FEP5DXP  
                  S6      entre février et juin      IN16DXP, SEP6DXP

#### Objectifs

Le cours propose d'étudier les outils et méthodes liées au maintien de la « chaîne numérique » qui permet de passer de l'idée au produit en utilisant toutes les techniques de l'ingénierie numérique : numérisation 3D, conception assistée par ordinateur, simulation numérique, prototypage rapide etc.

A travers le traitement d'études de cas, les élèves devront réfléchir aux problématiques liées au maintien de la chaîne numérique, étudier la capacité des techniques mises en œuvre et évaluer les méthodologies proposées en fonction des besoins « métier » de l'entreprise.

Les élèves mèneront des activités expérimentales permettant de mettre en œuvre plusieurs outils de CAO, de numérisation 3D (lumière structurée, laser), de prototypage et d'outillage rapides.

#### Contenu

- ◇ Mise en œuvre d'outils de conception assistée par ordinateur paramétriques et explicites
- ◇ Etude et mise en œuvre d'outils de numérisation sans contact
- ◇ Etude et mise en œuvre d'outils de prototypage rapide
- ◇ Etude et mise en œuvre d'outils d'outillage rapide
- ◇ Etude de la chaîne numérique - Synthèse et évaluation des méthodes

#### Organisation du cours

Travaux pratiques : 27h, Contrôle : 3h

#### Support

« Formation à CATIA V5 », polycopié de l'École Centrale Paris

#### Évaluation

Soutenance orale et réalisation d'un poster scientifique.

Le travail de chaque élève est évalué, selon les barèmes définis dans le cahier des charges des activités expérimentales, sur la qualité du travail pratique, de la soutenance orale, du poster ainsi que sur l'intérêt manifesté et la participation en séance. Les coefficients suivants seront appliqués pour la détermination de la note finale: - travail expérimental : coef 2 - soutenance orale : coef 1 - document écrit : coef 1 - comportement : coef 1



# SE2150

## Ingénierie des Systèmes Complexes

**Responsable** : Antoine Rauzy

**Langue d'enseignement** : français – **Heures** : 30 – **ECTS** : 2.5

**Prérequis** : Ce cours requiert d'avoir des connaissances de base sur la programmation en Python afin de mener à bien les expériences virtuelles qui seront réalisées en petite classe.

**Période** : S6 entre février et juin IN16COM, SEP6COM

### Objectifs

L'objectif du cours est de familiariser les élèves avec un éventail de techniques, principes et formalisme de modélisation de systèmes complexes, ainsi que de montrer les possibilités mais aussi les limites de la modélisation de systèmes complexes.

### Compétences acquises en fin de cours

A l'issue du cours, les élèves auront acquis un savoir théorique et des savoirs faire pratiques sur la science des modèles et l'ingénierie de la modélisation.

### Contenu

Le cours abordera les sujets suivants :

- ◇ modélisation des processus métiers ;
- ◇ méthode des matrices structurelles de conception ;
- ◇ architecture système ;
- ◇ modélisation à l'aide de graphes ;
- ◇ modélisation à l'aide d'automates d'états finis ;
- ◇ problèmes de satisfaction de contraintes ;
- ◇ raisonnement sur l'incertain ;
- ◇ langages ;
- ◇ limites de la calculabilité.

### Organisation du cours

Le cours est organisé en 9 sessions, chaque session consistant d'un cours magistral suivi d'une « petite classe ».

### Support

Le cours sera donné en français. Les présentations (en français elles aussi) seront distribuées aux élèves. Un certain nombre de documents, dont des programmes Python, seront fournis pour les « petites classes ».

### Évaluation

L'évaluation sera basée sur deux éléments :

- ◇ Un examen final de 03h00 avec documents et ordinateur ;
- ◇ Un ou deux mémoires rendus à l'issue de petites classes.

## SE2200

### Conception et innovation de produits et services (CIPS)

**Responsable :** Bernard Yannou

**Langue d'enseignement :** français – **Heures :** 36 – **ECTS :** 3

**Prérequis :** Aucun

**Période :** S7 Électif 03 septembre à novembre IN27DE3, FEP7DE3

#### Objectifs

Le cours CIPS, pour "Conception et Innovation de Produits et Services", a pour objectif d'enseigner la conception d'un produit ou d'un service innovant dans le cadre des savoirs de l'ingénieur, c'est-à-dire en insistant sur les ingénieries de l'innovation et de la conception. Le cours est structuré autour de l'approche "Radical Innovation Design".

La **méthode "Radical Innovation Design"** montre comment mener un projet d'innovation multi-disciplinaire en adoptant des principes d'exploration radicale du problème (phase de problem-setting) et de sa solution conceptuelle (phase de problem-solving) probablement la plus créatrice de valeurs. Les aspects stratégiques, tactiques et opérationnels de gestion des connaissances, des compétences, de la créativité inter-disciplinaire (co-innovation plutôt qu'innovation par silos) contribuent à une exploration radicale des problèmes et des solutions et à la construction de preuves de création de valeur.

Nos objectifs sont de :

- ◇ vous faire découvrir les **concepts, méthodes et outils** qui concernent la **conception innovante de produits et services** dans un esprit de **démarche industrielle structurée** qui laisse une place à la **créativité de groupe multi-disciplinaire**
- ◇ vous faire appréhender la **complexité des projets d'innovation**
- ◇ vous faire comprendre qu'il n'y a pas de solution unique et optimale à un problème de conception innovante mais qu'il doit y avoir une grande rigueur pour que le processus de conception produise un résultat créateur de valeur
- ◇ **dégager, en somme, des savoirs méthodologiques et comportementaux directement utilisables dans vos projets d'innovation**

Le thème choisi cette année est la "**Conception pour les personnes âgées**". Cinq entreprises considérées comme très innovantes ont accepté de collaborer avec nous en proposant des "cadres d'innovation". Ce sont :

- ◇ DORO, société suédoise, leader mondial sur les téléphones mobiles pour personnes âgées
- ◇ ASSYTEL : leader français sur les solutions de box de téléassistance (détection de chute par capteurs domotiques et rappels automatiques)
- ◇ SANOFI-AVENTIS : développer le "serious games" pour stimuler les personnes post-AVC (accident vasculo-cérébral)
- ◇ LEGRAND : leader mondial dans les appliques de domotique. But : rendre compatible les applique de domotiques avec des scénarios de surveillance des personnes âgées (comme la prise effective de médicaments)
- ◇ VIVAGO : société finlandaise ayant développé une montre mesurant de nouvelles caractéristiques physiologiques qui détectent la perte de conscience en 3 secondes

#### Compétences acquises en fin de cours

En fin de module, vous serez aptes à vivre et à être des acteurs et gestionnaires efficaces d'un projet d'innovation produit ou service.

Vous saurez définir et accomplir les étapes d'un tel projet :

- ◇ poser le problème
- ◇ monter en compétences

- ◇ être créatif pour aboutir à des concepts à fort potentiel de création de valeur
- ◇ intégrer une phase de prototypage virtuel ou réel
- ◇ évaluer la faisabilité des solutions envisagées à l'aune des attendus du cahier des charges

## Contenu

- ◇ Introduction to design sciences - Presentation of application cases - Bernard Yannou
- ◇ Radical Innovation Design I - Problem setting - Bernard Yannou
- ◇ Design for elderly people - Benjamin Zimmer, Mickaël Carré (84) (Société Médialis d'études et de conseil en gérontechnologies)
- ◇ Usage observation, product and service benchmarking - Stéphane Gauthier (Société Plans créatifs)
- ◇ Requirements chart (Cahier des Charges) - Defining expected functions and target performances - Bernard Yannou
- ◇ Mid-point review (présentation intermédiaire) - Is your innovative problem well set? Are you well organized? (2 jurys composés de l'équipe enseignante et des tuteurs entreprise)
- ◇ Industrial design I - A few techniques to quickly sketch and prototype - Philippe Costard (Société Synergie Design)
- ◇ Radical Innovation Design II - Problem solving - How to explore design concepts and choose the one creating the most value? - Bernard Yannou
- ◇ Industrial design II - Lessons learned on good and bad designs - Philippe Costard
- ◇ Service design - Laurent Polet
- ◇ Eco-design - Yann Leroy
- ◇ The "Prove it!" seminar - Prove that you got the most value-creating innovative concept! (2 jurys composés de l'équipe enseignante et des tuteurs entreprise)

## Organisation du cours

Amphis : 18h, Petites classes : 18h

Les élèves, en groupe de 5, vont appliquer, en TD et hors TD, le cours sur un "cas d'application d'entreprise" qui fournira le cadre à l'évaluation du cours. Nous employons le terme "cas d'application d'entreprise" plutôt que projet car le temps d'investissement supplémentaire des élèves est court (estimé à 30 heures-élèves).

Les élèves partent d'un "cadre d'innovation" et remettent à la fin à l'équipe enseignante et à l'entreprise un "ossier de faisabilité d'innovation" composé de deux parties : le rapport "problème-setting" remis lors de la Mid-Term Review et le rapport problem-solving remis une semaine avant le "Prove It ! seminar".

## Support

Les supports de cours s'appuieront sur les ouvrages suivants. Les élèves les plus motivés pourront les acquérir.

- ◇ Yannou B., Bigand M., Gidel T., Merlo C., Vaudelin J.-P., (2008), La conception industrielle de produits, Volume I: Management des Hommes, des projets et des informations, Hermès Sciences, Lavoisier: Paris.
- ◇ Yannou B., Deshayes P., (2006), Intelligence et innovation en conception de produits et services. collection « L'esprit économique », série « Economie et innovation », Paris, L'Harmattan-Innoval, ISBN 2-296-00644-2.

## Évaluation

Évaluation en "Mode Projet"

- ◇ Moyenne des deux notes du groupe innovation lors des deux présentations : intermédiaire (mid-term review) et finale (Provelt Seminar)
- ◇ Modulation des notes par le respect des consignes
- ◇ Modulation finale personnelle de la note par note interne au sein de votre groupe

## SE2300 Stratégie et marketing

**Responsable** : Cécile Préaubert

**Langue d'enseignement** : français – **Heures** : 36 – **ECTS** : 3

**Prérequis** : Avoir suivi les cours SE1100, SE1200 et MA1300 ou équivalent.

**Période** : S7 Électif 04 septembre à décembre IN27DE4, FEP7DE4

### Objectifs

L'objectif général de ce cours est de permettre à l'étudiant d'acquérir une vue de synthèse des principaux concepts et modes de raisonnement en matière de stratégie et de marketing, dans la perspective d'une meilleure compréhension globale de l'entreprise, et de savoir les mettre en pratique.

### Compétences acquises en fin de cours

A l'issue de ce cours, l'étudiant sera capable de :

- ◇ replacer la stratégie d'une entreprise dans le contexte de son environnement concurrentiel en tenant compte des compétences dont elle dispose
- ◇ réaliser un diagnostic stratégique
- ◇ repérer les options stratégiques possibles et proposer des recommandations stratégiques au niveau d'un domaine d'activité ou d'une organisation
- ◇ utiliser les méthodes statistiques et qualitatives pour comprendre le consommateur et réaliser un diagnostic marketing interne et externe
- ◇ élaborer une stratégie marketing
- ◇ définir et mettre en place un plan d'action marketing sur les 4P
- ◇ évaluer et utiliser les outils promotionnels

### Contenu

Volet stratégie :

- ◇ Introduction : les facettes de la stratégie, le management stratégique
- ◇ Le diagnostic stratégique : analyse PESTEL, 5 forces de Porter, analyse de l'environnement concurrentiel, chaîne de la valeur, capacité stratégique, SWOT
- ◇ Les choix stratégiques : segmentation stratégique, stratégies génériques, matrice d'Ansoff, gestion stratégique de portefeuille d'activité (BCG), modalités de développement stratégique.

Volet marketing :

- ◇ Introduction : la place du marketing dans l'entreprise et le processus de planification marketing
- ◇ L'analyse marketing : comportement du consommateur, études marketing, diagnostic marketing
- ◇ La stratégie marketing et les concepts de segmentation, de ciblage et de positionnement
- ◇ Le mix marketing et sa déclinaison : produit, packaging, marque, prix, communication, promotion, distribution

### Organisation du cours

Amphis : 15h, Petites classes : 18h, Contrôle : 3h

Avant chaque session, il sera demandé aux élèves de lire un ou plusieurs chapitre de l'ouvrage de référence et de lire et préparer le cas qui sera discuté en séance:

- rédaction d'une note de synthèse (réponse à une question préparatoire) ; elle sera notée

- présentation orale avec résolution du cas : un groupe par séance ; elle sera notée

## Support

Aucun support de cours n'est donné aux étudiants à l'exception de la liste des concepts clés vus en cours et des enseignements clés à tirer du cours et des cas étudiés. Il est donc conseillé aux étudiants de se procurer les deux ouvrages de référence suivants :

\* Garrette B., Dussauge P., Durand R. « STRATEGOR », 6ème édition, Dunod, 2013

\*\*Armstrong G., Kotler P., Le Nagard E., Lardinois T. « PRINCIPES DE MARKETING », 6ème Édition, Pearson Education, 2013

## Évaluation

- Contrôle final écrit de 3h, sans calculatrice ni documents ni ordinateur (50% de la note finale). Seuls les étudiants absents le jour du contrôle final pour cause de retour ou départ en université à l'étranger auront exceptionnellement la possibilité de passer un contrôle final anticipé (écrit ou oral).

- Contrôle continu (50% de la note finale) composé de :

- ◇ 20% : 2 à 3 interrogations écrites lors des séances en petites classes
- ◇ 15% : une présentation en groupe sur une étude de cas
- ◇ 15% : moyenne des notes de synthèse et participation orale pour les discussions de cas

**SE2350****Vers une autonomie énergétique d'une région**

**Responsable** : Jean-Claude Bocquet

**Langue d'enseignement** : français – **Heures** : 36 – **ECTS** : 3

**Prérequis** : Avoir des connaissances de base en génie des procédés, en thermique, en sciences de l'ingénieur en général

**Période** : S7 Électif 07 14 au 20 janvier IN27DE7, FEP7DE7

**Objectifs**

Appréhender les concepts de base de la conception d'un système complexe (multiphysique, multi-échelle, multi-agent), ici un système énergétique, avec une approche pluridisciplinaire en mode de conception collaborative.

**Compétences acquises en fin de cours**

Compréhension d'un système et les bases de sa conception en mode collaboratif.

**Contenu**

- ◇ Modélisation systémique et quantitative sur la base d'une analyse technico-économique de deux réseaux énergétiques de deux usines (multi-énergies : électricité, gaz, chaleur....)
- ◇ Conception collaborative d'un système d'échange énergétique entre les deux usines, voire avec la ville, le territoire environnant.

Rapide revue de la littérature scientifique pluridisciplinaire en matière d'efficacité énergétique, de flexibilité, de génie des procédés, dans le contexte industriel actuel, de modélisation des systèmes, de sociologie, d'urbanisme industriel...

Analyse terrain un état de l'art en matière des solutions existantes et en cours du déploiement chez les partenaires (fourni).

Echange avec les experts afin de valider les définitions techniques ainsi que les modèles proposés.

Co-conception de l'architecture de systèmes d'échange énergétique avec les partenaires industriels et académiques en mode projet collaboratif.

Présentation des résultats du projet (modélisations et performances atteignables).

**Organisation du cours**

Après une présentation, par un ingénieur d'Air Liquide, de deux installations industrielles (deux usines) situées dans une même zone industrielle, la problématique d'envisager des échanges énergétiques sera posée (3h). Le même projet avec les mêmes données et documents sera donné aux deux groupes de 20 élèves qui travailleront en parallèle et en compétition durant toute la semaine. Les deux groupes seront suivis par des enseignants de diverses disciplines et un représentant industriel.

**Support**

Les données industrielles relatives aux deux usines concernées par l'étude ainsi que celles relatives à l'urbanisation du lieu d'implantation.

Les attendus du projet de conception du système.

Une base bibliographique d'éléments nécessaire au projet et à son organisation.

## Évaluation

Le contrôle consistera à présenter durant la dernière après-midi de la semaine la démarche et les résultats du projet devant l'ensemble des acteurs de la semaine.

## SE2400

### Production et distribution de biens et services

**Responsable :** Chengbin Chu

**Langue d'enseignement :** français – **Heures :** 36 – **ECTS :** 3

**Prérequis :** Aucun

**Période :** S7 Électif 04 septembre à décembre IN27DE4, FEP7DE4

#### Objectifs

L'objectif de ce cours est de faire découvrir aux élèves les enjeux et les problématiques du domaine de la production et de la distribution de biens et de services, et de les initier aux approches et méthodes associées en insistant sur les aspects organisations et processus. Ce cours a aussi pour but de mettre en évidence les besoins en termes de méthodes et outils qualitatifs et quantitatifs d'aide à la décision pour optimiser la production et la distribution de biens et de services.

#### Compétences acquises en fin de cours

- ◇ Compréhension des enjeux de la production et de la distribution de biens et de services pour les performances des entreprises
- ◇ Compréhension des différentes problématiques liées à ce domaine
- ◇ Première appropriation des approches, méthodes et outils pour aborder ces problématiques

#### Contenu

- ◇ Introduction aux problématiques de distribution de biens et de services
- ◇ Vision transversale de l'approche supply chain management et relation avec les autres fonctions de l'entreprise (conception et industrialisation, comptabilité/finance, marketing et ventes, achats, systèmes d'information, etc.)
- ◇ Notions de base (ressources, stocks, flux, délais, capacités, productivité, etc.)
- ◇ Planification dans les chaînes logistiques
- ◇ Pilotage des flux et gestion de stocks
- ◇ Transport et distribution
- ◇ Fondamentaux du management de la production (organisation de la production, qualité, fiabilité, maintenance, SHE, etc.)
- ◇ Conception et dimensionnement de systèmes de production
- ◇ Approches japonaises (progrès continu, lean manufacturing, etc.)
- ◇ Service après vente et gestion des pièces de rechange, recyclage et remanufacturing
- ◇ Gestion des opérations dans les activités de service

#### Support

- ◇ Énoncés d'étude de cas
- ◇ Références de livres en anglais (en grande majorité)

#### Évaluation

Contrôle final écrit de 3h avec documents et ordinateurs (avec cependant une utilisation de logiciels limitée aux lecteurs de pdf et à Excel).



## SE2500 Supply chain management

**Responsable** : Evren Sahin

**Langue d'enseignement** : anglais – **Heures** : 36 – **ECTS** : 3

**Prérequis** : Avoir suivi les cours MA1200 et MA1300 ou équivalent.

**Période** : S8 Électif 08 février à avril IN28IE1, SEP8IE1

### Objectifs

- ◇ Comprendre ce qu'est la gestion des chaînes logistiques (supply chain management) et les enjeux associés, mise en perspective historique
- ◇ Analyser les problématiques de planification et de pilotage de flux dans les chaînes logistiques et leur lien avec les autres classes de décisions en supply chain management
- ◇ Présenter une introduction aux méthodes et approches adaptées basées sur des approches qualitatives et des modèles quantitatifs
- ◇ Acquérir une base commune de vocabulaire et un référentiel métier reconnu internationalement en anglais dans le domaine du supply chain management

### Compétences acquises en fin de cours

- ◇ Compréhension des enjeux de la production et de la distribution de biens et de services pour les performances globales des entreprises
- ◇ Découverte des approches, méthodes et outils de pilotage de chaînes logistiques

### Contenu

- ◇ Introduction au supply chain management : gestion à la commande/gestion par anticipation, renouvellement de consommation/pilotage par les besoins futurs, illustration de la problématique du pilotage de flux dans divers secteurs industriels, lien entre pilotage de flux et l'approche lean
- ◇ Planification de la production et gestion des capacités
- ◇ Prévisions
- ◇ Méthodes de pilotage par les besoins futurs : MRP II, MRP, DRP, gestion de stocks sur prévisions
- ◇ Distribution Physique

### Support

Présentation Powerpoint

### Évaluation

- contrôle final écrit
- projet en groupe

## SE2550

### Introduction à la fonction Achat

**Responsable** : Philippe Rougevin-Baville

**Langue d'enseignement** : anglais\* – **Heures** : 36 – **ECTS** : 3

**Prérequis** : Aucun

**Période** : S8 Électif 09 février à avril IN281E2, SEP81E2

#### Objectifs

Permettre aux élèves de comprendre les principes et de maîtriser les processus clés du métier Achat, en forte interaction avec presque toutes les autres fonctions de l'entreprise.

Permettre ainsi aux futurs directeurs achats ou futurs DG de mieux comprendre la fonction Achat comme levier essentiel de création de valeurs pour l'entreprise, et de mieux appréhender les outils de pilotage de cette fonction stratégique (organisation, politique achat, mesure de performance, objectifs).

#### Compétences acquises en fin de cours

- ◇ Identifier et maîtriser les processus opérationnels clés de la fonction Achat
- ◇ Comprendre et participer à la définition d'une politique achat
- ◇ Savoir comment préparer et mener une négociation achat
- ◇ Connaître les principes de management d'une direction achat
- ◇ Identifier le potentiel de création de valeurs de la fonction achat

#### Contenu

- ◇ Introduction : métier Achat - Interactions avec autres métiers
- ◇ Politique achat - Marketing achat
- ◇ Organisation interne - Organisation dans l'entreprise
- ◇ Risques financiers / Sécurisation
- ◇ Négociation achat
- ◇ Make or Buy - Externalisation
- ◇ Enjeux juridiques
- ◇ Evaluation fournisseur
- ◇ Ethique - Management
- ◇ Mesure de performance - Création de valeur

#### Organisation du cours

Amphis : 14h, Etudes de cas : 14h, Travaux dirigés : 6h, Contrôle : 2h

#### Support

Présentations Powerpoint et textes des études de cas

#### Évaluation

Contrôle final écrit de 2h + qualité de la préparation des études de cas + participation en cours

## SE2650

### Évaluation et maîtrise des risques

**Responsable** : Marc Bouissou

**Langue d'enseignement** : anglais – **Heures** : 36 – **ECTS** : 3

**Prérequis** : Avoir suivi les cours MA1200 et MA1300 ou équivalent.

**Période** : S8 Électif 11 mars à juin IN28IE4, SEP8IE4

#### Objectifs

De nos jours, de nombreux domaines de l'ingénierie requièrent une approche systématique pour la conception et l'exploitation des systèmes afin d'assurer le respect d'exigences de sécurité et de sûreté de fonctionnement.

Le type de questionnement amené par ces exigences n'est pas seulement pertinent du point de vue du profil technique et scientifique du futur professionnel : il est mentionné dans des réglementations spécifiques et dans les lois, en lien avec les normes d'émission, d'impact environnemental, et avec l'élaboration des études de sécurité par les industries à risque encadrées par la directive Seveso. De ce fait, les entreprises et organisations doivent être capables de comprendre et expliquer leurs risques et les démarches qu'elles appliquent pour traiter ces risques à leurs investisseurs et, de plus en plus, aussi à leurs clients et employés. La maîtrise des risques est l'affaire de tous.

Ce cours s'intéresse aux questions de sécurité et de sûreté de fonctionnement liées aux activités industrielles actuelles, et présente les méthodologies disponibles pour l'évaluation, la gestion et le contrôle des risques associés. L'objectif est de procurer les outils d'usage le plus courant et adéquats pour traiter ces problèmes avec rigueur et efficacité.

Le savoir acquis par les élèves est celui attendu d'un analyste des risques et de la sûreté de fonctionnement ou d'un gestionnaire de risques. Ce cours est aussi utile en préparation aux cours du parcours ROCS (risques et opportunités dans les systèmes complexes) de l'option Génie Industriel en 3ème année.

#### Compétences acquises en fin de cours

- ◇ Une connaissance globale du domaine de la gestion des risques, sous toutes ses facettes
- ◇ La capacité à mettre en oeuvre certaines méthodes d'évaluation des risques (identification des risques, arbres de défaillances et arbres d'événements)
- ◇ La capacité à identifier les points faibles d'un système et à décider de manière optimale de leur type de traitement (élimination, protection de l'environnement du système)

#### Contenu

- ◇ Les dimensions du risque : fréquence et gravité. Histoire de la gestion des risques
- ◇ Identification des risques : analyse fonctionnelle et méthodes HAZOP (Hazard and Operability analysis), AMDEC (Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et Criticité)
- ◇ Définitions et formules fondamentales: fiabilité, disponibilité, taux de défaillance, MTTF, MTTR...
- ◇ Etudes probabilistes de sûreté (EPS) dans le nucléaire
- ◇ Méthodes des arbres de défaillances et arbres d'événements; autres méthodes booléennes
- ◇ Gouvernance des risques, PPRT (plans de prévention des risques technologiques)
- ◇ Aide à la décision pour la gestion des risques

## Organisation du cours

Cours : 20h, Exercices dirigés : 9h, Travaux pratiques : 3h, Contrôles : 4h

## Support

- ◇ Copies des transparents et sélection d'articles disponibles en téléchargement (en français et en anglais)
- ◇ Enrico Zio, An Introduction to the Basics of Reliability and Risk Analysis. World Scientific Publishing Company, 2007
- ◇ Terje Aven, Foundations of Risk Analysis: a Knowledge and Decision-Oriented Perspective. Wiley, 2003
- ◇ Logiciels de modélisation et de calcul

## Moyens

Enseignants : Marc Bouissou, Yanfu Li, Vincent Mousseau, Myriam Merad

## Évaluation

- ◇ Contrôle intermédiaire obligatoire (CIO) : QCM de 1,5 heure
- ◇ Projet en groupes de 3 étudiants. Rapport écrit et présentation orale de 15 mn

## SE2700

### Modélisation pour l'aide à la décision

**Responsable** : Vincent Mousseau

**Langue d'enseignement** : français – **Heures** : 36 – **ECTS** : 3

**Prérequis** : Aucun

**Période** : S8 Électif 10 février à juin IN28IE3, SEP8IE3

#### Objectifs

La prise de décision est une activité intrinsèque au métier d'ingénieur/manager. Plus que jamais dans une économie mondialisée, complexe, et pleine d'imprévus, l'entreprise se trouve dans l'obligation de prendre des décisions stratégiques, tactiques et opérationnelles lourdes de conséquences (financières, humaines, etc.) pour sa compétitivité.

Pour appréhender les problèmes de décision complexes auxquels ils seront confrontés les ingénieurs et managers de demain doivent disposer des concepts et méthodes permettant de formaliser un problème de décision. Le cours vise à introduire un certain nombre de modèles classiques permettant de représenter et résoudre des problèmes de décision dans différents contextes (décision dans l'incertain, décision multicritère, etc.).

#### Compétences acquises en fin de cours

Ce cours vise à présenter des modélisations de différents problèmes concrets de décision. Il s'agit de développer les aptitudes des étudiants à élaborer et mettre en œuvre des modèles pertinents face à une situation de décision.

À l'issue du cours, l'élève maîtrisera quelques méthodes/modélisation d'aide à la décision. Il saura les utiliser de façon opérationnelle dans le cadre de problèmes d'entreprises. Il aura aussi les éléments nécessaires pour prendre du recul et avoir un sens critique par rapport à ces méthodes, et ainsi en distinguer leurs performances et leurs limites d'application.

#### Contenu

- ◇ Introduction à l'activité d'aide à la décision, concepts de base.
- ◇ Décision en présence de risque, décision dans l'incertain, théorie de l'utilité, arbres de décision
- ◇ Décision multicritère et modélisation des préférences, introduction à quelques modèles d'agrégation simples.
- ◇ Présentation de modélisations de problèmes de décision utilisant divers cadres de modélisation (graphes, programmation linéaire, etc.). Présentation d'outils de modélisation et de résolution (modeleurs et solveurs).
- ◇ Data Envelopment Analysis.
- ◇ Développement d'un projet correspondant à un cas pratique de mise en application d'une modélisation vue en cours.

#### Organisation du cours

Amphis : 12h, Petites classes : 12h, Travaux pratiques : 9h, Contrôle : 3h

#### Support

- ◇ Ph. Vincke. L'Aide Multicritère à la Décision. Editions de l'Université de Bruxelles - Ellipses, Bruxelles, 1989. English translation: Multicriteria decision-aid, Wiley, 1992.
- ◇ C. Guéret, C. Prins, M. Sevaux. Programmation linéaire, 65 problèmes d'optimisation modélisés et résolus avec Visual Xpress, Eyrolles, 2003.
- ◇ H.P. Williams. Model building in mathematical programming. J. Wiley, New York, 1999. 4ème édition.

- ◇ D. Vanderpooten. Aide à la décision : une approche par les cas. Ellipses, Paris, 2002, 2ème édition.
- ◇ W. Cooper, L. Seiford, and K. Tone. Introduction to Data Envelopment Analysis and its use, Springer, 2006.

## Évaluation

Examen écrit de 2h avec documents et présentation d'un mini-projet sur un cas

## SE2750

### Modèles stochastiques et théorie des files d'attente et applications

**Responsable** : Oualid Jouini

**Langue d'enseignement** : français – **Heures** : 36 – **ECTS** : 3

**Prérequis** : Notions de base en probabilité

**Période** : S6 Électif 01 février à avril IN16DE1, SEP6DE1  
S8 Électif 08 février à avril IN28IE1, SEP8IE1

#### Objectifs

La théorie des files d'attente est une discipline issue de la recherche opérationnelle qui sert à modéliser, analyser et optimiser plusieurs types de systèmes. En premier lieu, l'objectif de ce cours est de présenter et développer les méthodes de base d'analyse de files d'attente et de réseaux de files d'attente. En deuxième lieu, trois applications de modélisation par les files d'attente seront présentées. Les applications concernent les systèmes manufacturiers (système de gestion des stocks) et les systèmes de service (centre d'appels et système de santé).

#### Compétences acquises en fin de cours

- ◇ Savoir utiliser les files d'attente pour modéliser plusieurs types de systèmes avec des paramètres aléatoires et des ressources limitées
- ◇ Première appropriation des approches, méthodes et outils qui servent à l'analyse et l'optimisation des systèmes

#### Contenu

- ◇ Introduction aux processus stochastiques
- ◇ Chaînes de Markov
- ◇ Systèmes de files d'attente simples
- ◇ Réseaux de files d'attente
- ◇ Simulation de files d'attente
- ◇ Systèmes de files d'attente avancés
- ◇ Études de cas : estimation du temps d'attente dans un centre d'appels
- ◇ Études de cas : optimisation des rendez-vous dans un système de santé
- ◇ Études de cas : analyse des systèmes de gestion de stocks (modèles *make-to-order* et *make-to-stock*)

#### Organisation du cours

Petites classes : 33h, Contrôle : 3h

#### Support

- ◇ Présentation Powerpoint et documents d'études de cas
- ◇ Kleinrock L. (1975), *Queueing Systems*, A Wiley-Interscience Publication, Vol. 1
- ◇ Asmussen S., (2003), *Applied Probability and Queues*, 2<sup>nd</sup>ed. Springer-Verlag, New-York

#### Évaluation

Contrôle final écrit de 3h (documents, calculatrice et ordinateur autorisés)

## SE2800

### Ordonnancement et planification des activités

**Responsable** : Chengbin Chu

**Langue d'enseignement** : anglais\* – **Heures** : 36 – **ECTS** : 3

**Prérequis** : Aucun

**Période** : S8 Électif 12 mars à juin IN28IE5, SEP8IE5

#### Objectifs

Présenter différents outils de modélisation (réseaux de Petri, graphes, programmation mathématique) et de résolution (procédure par séparation et évaluation, programmation dynamique, heuristiques constructives) de problèmes de planification et d'ordonnancement de la production, ainsi que la manière d'utiliser ces outils pour développer des méthodes appropriées pour résoudre un problème donné.

#### Compétences acquises en fin de cours

Savoir développer une méthode appropriée de résolution de problèmes de planification et d'ordonnancement et évaluer la qualité de la solution obtenue.

#### Contenu

- ◇ Introduction à la gestion de la production et la gestion hiérarchisée.
- ◇ Notion de complexité.
- ◇ Ordonnancement central et ordonnancement de projets.
- ◇ Ordonnancement cyclique : modélisation et résolution.
- ◇ Ordonnancement non cyclique (machine critique, machines parallèles, flow shop, job shop) : modélisation et résolution.
- ◇ MRP et regroupement des besoins.
- ◇ Planification de la capacité.

#### Organisation du cours

Amphis : 16h30, Petites classes : 16h30, Contrôle : 3h

#### Évaluation

- ◇ Réalisation d'un mini-projet sur étude de cas (45%)
- ◇ Contrôle écrit de 3 heures (55%)



## SE2910 Gestion de projet

**Responsable** : Franck Marle

**Langue d'enseignement** : français – **Heures** : 8 – **ECTS** : 1

**Prérequis** : Aucun

**Période** : S7 entre septembre et janvier IN27COM, FEP7COM

### Objectifs

- ◇ Proposer aux élèves-ingénieurs une présentation structurée des principales problématiques et techniques liées à la planification et au pilotage d'un projet.
- ◇ Leur faire pratiquer un certain nombre d'outils et de méthodes via une simulation de projet.
- ◇ Montrer que le management de projet est au carrefour d'un vaste ensemble de métiers et de disciplines, afin de faire le lien avec le reste du cursus : projets et autres disciplines (sciences fondamentales, sciences de l'ingénieur, sciences humaines)

### Compétences acquises en fin de cours

- ◇ Savoir planifier et organiser le projet en termes de délais, de coûts et de ressources humaines
- ◇ Savoir garder le projet sur de bons rails, soit vers la cible exprimée, soit en reconnaissant qu'il faut changer la cible

### Contenu

- ◇ Planification et organisation du projet : Découpage du travail, Planification du temps, des coûts et des ressources
- ◇ Maîtrise du projet : Maîtrise des risques, Gestion de la qualité, Pilotage de l'avancement de projet

### Support

Documents visuels supports des amphis

### Évaluation

Présence à la journée de simulation

## SE2920

### Gestion de projets complexes

**Responsable** : Franck Marle

**Langue d'enseignement** : français – **Heures** : 36 – **ECTS** : 3

**Prérequis** : Aucun

**Période** : S7 Électif 05 novembre à janvier IN27DE5, FEP7DE5

#### Objectifs

- 1 - Présenter les principaux concepts et outils liés au management d'un projet complexe.
- 2 - Analyser les limites des méthodes classiques dans le cadre de projets complexes, à la fois en termes de fiabilité des résultats fournis et de difficultés d'implantation dans les organisations.
- 3 - Acquérir des connaissances sur des méthodes avancées, émergentes ou en développement, qui permettent de faire face à certaines des limites précédentes.

#### Compétences acquises en fin de cours

Au terme du cours, les étudiant(e)s seront capables de spécifier, planifier et piloter un projet complexe, en comprenant les spécificités conceptuelles et pratiques de cette notion de complexité.

#### Contenu

Les contenus classiques sont présentés, autour des trois thèmes : spécifier, planifier, piloter et avec un certain nombre de livrables et méthodes usuelles (charte, spécification du contenu / cahier des charges projet, Work Breakdown Structure, réseau logique PERT, calendrier Gantt, analyse des risques, méthode de la valeur acquise, indicateurs d'avancement / de résultat).

De plus, un certain nombre de problématiques sont approfondies, comme la notion de complexité ou la gestion des risques, et la prise en compte de l'incertitude inhérente au mode projet.

Le cours mixe des approches mathématiques variées, comme la théorie des graphes, la théorie de la décision, la décision multi-critères et des méthodes d'optimisation. Le cours sert essentiellement à montrer les difficultés de prise de décision en univers complexe et les conséquences de telle ou telle prise de décision et de tel ou tel changement ou innovation (influence d'un paramètre sur les autres, immédiatement ou avec un effet retard).

#### Organisation du cours

Le cours comprend trois types d'activités :

- ◇ un ensemble de classes intégrées ou d'enchaînements classiques amphi-PC afin de présenter et pratiquer les principaux concepts,
- ◇ des conférences experts présentant des projets complexes et les difficultés et limites des concepts et méthodes classiques, tant sur le plan théorique qu'applicatif,
- ◇ un travail sur un projet fil conducteur, qui mettra les étudiant(e)s en situation de manipuler un certain nombre des éléments vus dans les autres séances.

#### Support

En plus des supports pour les présentations orales, un certain nombre de modèles vierges pour des outils classiques seront fournis. Une bibliographie sera fournie, tant pour les concepts et méthodes de base que pour les concepts plus avancés et spécifiques au phénomène de complexité.

## Moyens

Franck Marle et Ludovic-Alexandre Vidal sont enseignants-chercheurs à l'Ecole. Ils interviendront tout au long du cours pour des présentations, des séances pratiques et des séances d'accompagnement sur le projet fil conducteur.

Des experts extérieurs, intervenants réguliers à l'Ecole, sont pressentis (calendrier définitif à confirmer).

## Évaluation

L'évaluation se fait en deux temps :

- ◇ un contrôle sur table, pour vérifier individuellement l'acquisition de certaines connaissances et compétences,
- ◇ une présentation finale du projet fil conducteur, qui amènera une évaluation par groupe, comprenant une part collective et une part individuelle.

## SE3100 Droit

**Responsable** : Michel Abello

**Langue d'enseignement** : français – **Heures** : 15 – **ECTS** : 0.5

**Prérequis** : Aucun

**Période** : S6 entre février et juin IN16COM, SEP6COM

### Objectifs

Permettre aux étudiants d'acquérir les principes fondamentaux du droit dans la vie des affaires qui leur seront nécessaires dans leur parcours professionnel futur et plus particulièrement la protection de l'innovation et le droit de l'informatique

### Contenu

- ◇ Introduction générale au droit
- ◇ Droit du travail
- ◇ Droit des sociétés
- ◇ Droit des contrats
- ◇ Droit des marques et des modèles
- ◇ Droit de l'informatique
- ◇ Droit des brevets

### Organisation du cours

Amphis : 18h, Petites classes : 4h30, Contrôle : 1h30

### Support

Polycopiés / powerpoint

### Évaluation

Contrôle écrit de 1h30 sous forme de QCM

## SE3200 Droit 2

**Responsable** : Maître Jérôme TASSI Monsieur Mickaël JEULAND

**Langue d'enseignement** : français – **Heures** : 36 – **ECTS** : 3

**Prérequis** : Avoir suivi le cours SE3100 ou équivalent.

**Période** : S8 Électif 10 février à juin IN28IE3, SEP8IE3

### Objectifs

Cours de droit avancé, qui seront utiles pour le développement d'un centralien entrepreneur ou de manière générale pour tout centralien ayant un poste de direction d'entreprise

### Contenu

- ◇ Droit communautaire (1 séance)
- ◇ Common Law (1 séance, en anglais)
- ◇ Droit chinois (2 séances)
- ◇ Droit des contrats 2 (2 séances)
- ◇ Droit des sociétés 2 (2 séances)
- ◇ Droit pénal (1 séance)
- ◇ Droit de la concurrence (2 séances)

### Organisation du cours

Cours et études de cas en petites classes par séances de 3h

### Support

Polycopié

### Évaluation

Contrôle écrit de 1h30

## SE3300

### Introduction à la création d'entreprise

**Responsable** : Jean-François Galloüin

**Langue d'enseignement** : français – **Heures** : 36 – **ECTS** : 3

**Prérequis** : Aucun

**Période** : S7 Électif 06 novembre à décembre IN27DE6, FEP7DE6

#### Objectifs

- ◇ Permettre aux élèves de démystifier le monde de la création d'entreprise.
- ◇ Les amener à considérer la création d'entreprise comme une alternative crédible aux carrières dans les grands groupes.
- ◇ Donner une première vision des outils de base d'un créateur d'entreprise : marketing, vente, finance, droit, RH.

#### Compétences acquises en fin de cours

- ◇ Une première idée de la manière d'aborder un projet de création d'entreprise.
- ◇ Quelques notions marketing, finance, juridique.

#### Contenu

- ◇ Motivations et freins à la création d'entreprise
- ◇ Témoignages d'entrepreneurs : ce qu'il faut faire, ce qu'il faut éviter
- ◇ Créer ou faire carrière ?
- ◇ Marketing de l'innovation
- ◇ Financement d'un projet de création d'entreprise
- ◇ Les business plans, pourquoi, pour qui ?
- ◇ Quelques notions juridiques de base : droit social, droit des affaires, droit des entreprises
- ◇ Le Go to Market : du produit au client

#### Support

Les transparents des différentes interventions.

#### Évaluation

Quiz de 1h30 (sans documents ni calculateurs)

## **Sciences humaines et sociales**

## SH1100

### Activités d'ouverture culturelle — Session 1

**Responsable** : Lisa Carrière

**Langue d'enseignement** : français ou anglais – **Heures** : 18 – **ECTS** : 0.5

**Prérequis** : Aucun

**Période** : S6 entre février et juin IN16COM, SEP6COM

#### Objectifs

Les Activités d'Ouverture Culturelle s'adressent à l'ensemble des élèves ingénieurs de première année. Les buts sont les suivants:

- Ouvrir à la complexité sociale et culturelle en visant un épanouissement culturel et une ouverture sur le monde
- Sensibiliser l'élève ingénieur à la place de la culture dans l'exercice du métier d'ingénieur, c'est-à-dire lui permettre de situer en quoi l'ingénieur est à la fois vecteur et acteur de sa culture.
- Sensibiliser aux processus d'innovation dans les champs culturels concernés.

#### Contenu

- ◇ SH1102 - Vous avez dit « art contemporain » ? (Caroline Ferreira)
- ◇ SH1103 - Théâtre d'improvisation (Olivier Courbier)
- ◇ SH1104 - La démarche de l'innovation chez Disney (Philippe Sisbane)
- ◇ SH1105 - La musique Baroque (Catherine Cessac)
- ◇ SH1108 - L'Europe (Jean-Christophe Dallemagne)
- ◇ SH1112 - Approche de la ville (Éric Mathieu)
- ◇ SH1113 - Mythe et opéra (Stéphane Longeot)
- ◇ SH1114 - Activités d'ouverture sociale : « Projet Handicap » (Lisa Carrière et Ismaël Guilloit)
- ◇ SH1116 - Acoustique et création musicale contemporaine (René Caussé)
- ◇ SH1117 - Questioning our society, grasping a changing world: from journalism to documentary filmmaking (enseigné en anglais par T. Pol Bénizeau)
- ◇ SH1118 - De la Patagonie au Rio Grande (Jean-Jacques Le Goff)
- ◇ SH1119 - Art et Internet (Albertine Meunier)
- ◇ SH1121- L'artiste, le savant et l'industriel (Pierre Caron)

#### Organisation du cours

6 demi-journées ou 3 journées en février et mars

#### Évaluation

Devoir écrit ou travail oral, selon le module choisi



## SH1200

### Activités d'ouverture culturelle — Session 2

**Responsable** : Lisa Carrière

**Langue d'enseignement** : français – **Heures** : 18 – **ECTS** : 0.5

**Prérequis** : Aucun

**Période** : S6 entre février et juin IN16COM, SEP6COM

#### Objectifs

Les Activités d'Ouverture Culturelle s'adressent à l'ensemble des élèves ingénieurs de première année. Les buts sont les suivants:

- Ouvrir à la complexité sociale et culturelle en visant un épanouissement culturel et une ouverture sur le monde
- Sensibiliser l'élève ingénieur à la place de la culture dans l'exercice du métier d'ingénieur, c'est-à-dire lui permettre de situer en quoi l'ingénieur est à la fois vecteur et acteur de sa culture.
- Sensibiliser aux processus d'innovation dans les champs culturels concernés.

#### Contenu

- ◇ SH1203 - Le jeu de l'acteur (Véronique Sacri)
- ◇ SH1204 - Ecriture et conception d'un court-métrage (Philippe Sisbane)
- ◇ SH1206 - Understanding Americans for business and leisure (Christopher Cripps)
- ◇ SH1207 - L'entreprise « Chine », dans la tourmente de l'économie mondiale (Alain Wang)
- ◇ SH1208 - Les enjeux de la construction européenne (Laurent Michon)
- ◇ SH1209 - Géopolitique contemporaine (François Larfague)
- ◇ SH1210 - Introduction au design industriel (Olivier Hirt)
- ◇ SH1212 - Approche des espaces construits (Éric Mathieu)
- ◇ SH1213 - Invitation à l'Opéra de Paris (Nathalie Guilbaud)
- ◇ SH1214 - Penser l'homme et faire de la musique (Sylvie Berbaum)
- ◇ SH1217 - Discussions philosophiques (Véronique Dellile)
- ◇ SH1218 - Le beau pour tous (Sophie Chapdelaine de Montvalon)
- ◇ SH1219 - « La tête, la face, le crâne ». Approche de la sculpture. Moulage, reproduction d'oeuvres et action humanitaire (Patrick Callet)
- ◇ SH1220 - Initiation à la cinéphilie (module spécifique pour les étudiants en apprentissage) (Philippe Sisbane).

#### Organisation du cours

6 demi-journées ou 3 journées en mai

#### Évaluation

Devoir écrit ou travail oral, selon le module choisi

## SH1300

### Philosophie des sciences

**Responsable** : Étienne Klein

**Langue d'enseignement** : français – **Heures** : 12 – **ECTS** : 0.5

**Prérequis** : Aucun

**Période** : S6 entre février et juin IN16COM, SEP6COM

#### Objectifs

L'ambition du cours est d'interroger philosophiquement les savoirs les plus contemporains, notamment en provenance de la physique. Une place importante est accordée à la problématique du temps.

#### Compétences acquises en fin de cours

Le niveau du cours est adapté aux élèves formés dans les classes préparatoires aux grandes écoles scientifiques. Il s'agit de leur ouvrir l'esprit en leur présentant des connaissances scientifiques obtenues au cours du vingtième siècle, et en les amenant à réfléchir sur leurs implications.

#### Contenu

Lors du premier amphi, les élèves sont invités à voter (à main levée) afin de choisir cinq thèmes parmi une dizaine proposés. Cela peut donner par exemple :

- ◇ 1er cours : La question du temps
- ◇ 2ème cours : La question du temps (suite)
- ◇ 3ème cours : D'où vient l'efficacité des mathématiques en physique ?
- ◇ 4ème cours : Science et éthique
- ◇ 5ème cours : L'œuvre d'Einstein et ses implications

#### Organisation du cours

Les cours sont donnés en amphithéâtre. La participation active des élèves est encouragée.

#### Support

Polycopié en français et une copieuse bibliographie

#### Évaluation

Examen écrit, sous la forme d'une dissertation dont le thème est à choisir parmi quatre ou cinq sujets proposés. Cette dissertation, rédigée par des trinômes, est à remettre dans les quinze jours qui suivent la fin du cours.

## SH1500

### Epistémologie des sciences

**Responsable** : Cynthia Colmellere

**Langue d'enseignement** : français – **Heures** : 12 – **ECTS** : 0.5

**Prérequis** : Aucun

**Période** : S6 entre février et juin IN16COM, SEP6COM

#### Objectifs

Ce cours aborde ce que l'on pourrait appeler « la pensée de l'ingénieur », c'est-à-dire un mode de construction et d'utilisation des connaissances qui repose sur la formalisation et le calcul pour mesurer, évaluer dans une perspective d'action. Cette « pensée de l'ingénieur » est abordée dans une perspective historique afin de comprendre comment elle s'est constituée de l'Antiquité jusqu'à nos jours, en lien avec les mathématiques, la physique, l'architecture, l'agriculture, l'économie... Le cours s'appuie sur de nombreux exemples historiques et actuels tout en revenant sur l'épistémologie\* des disciplines évoquées.

\*épistémologie au sens de étude critique des postulats, conclusions et méthodes d'une science particulière.

#### Compétences acquises en fin de cours

Le niveau du cours est adapté aux élèves de première année. Il s'agit de leur faire comprendre les liens entre les enseignements scientifiques et disciplinaires qu'ils ont reçus et les connaissances de l'ingénieur.

#### Organisation du cours

Les cours sont donnés en amphithéâtre. La participation active des élèves est encouragée.

#### Support

presentations slides,  
textes cités postés sur claroline

#### Évaluation

Examen écrit, sous la forme d'une dissertation individuelle.

## SH2100

### Jeux d'entreprise

**Responsable** : Christian Michelot

**Langue d'enseignement** : français – **Heures** : 30 – **ECTS** : 2.5

**Prérequis** : Des connaissances de base en gestion et une expérience du travail en groupe sont utiles

**Période** : S7 entre septembre et janvier IN27COM, FEP7COM

#### Objectifs

- ◇ Découvrir l'entreprise et ses principales fonctions
- ◇ S'initier à la gestion et à la comptabilité
- ◇ Expérimenter et prendre conscience des processus qui se développent dans une équipe de travail (décision, organisation, etc.)
- ◇ Analyser sa contribution au groupe de travail

#### Contenu

Les jeux d'entreprise sont des simulations de la vie de plusieurs entreprises en concurrence sur un même marché. Une unité de jeu est constituée de 5 ou 6 équipes de 5 ou 6 joueurs chacune.

Chaque joueur prend une responsabilité particulière : production, finances, ressources humaines, marketing, direction générale.

Au départ la situation des entreprises est identique. La tâche de chaque équipe est d'analyser cette situation de départ et de prendre des décisions : objectifs de vente, de production, prix, etc. Les décisions de chaque équipe, agrégées et confrontées entre elles, dessinent alors un nouvel état du marché où les situations des entreprises se différencient. L'analyse de cette nouvelle situation donne lieu à de nouvelles décisions et plusieurs cycles se succèdent ainsi.

#### Organisation du cours

Les jeux se déroulent sur 4 journées consécutives, alternant des séquences de simulation et de débriefing.

#### Support

Remis en début de jeu

#### Moyens

Il y a deux types d'enseignants: les animateurs en charge des sessions de jeu et les coachs en charge des sessions de discussions et débriefings

#### Évaluation

Trois dimensions sont prises en compte dans l'évaluation des jeux :

- ◇ les apprentissages réalisés en économie gestion et en sciences humaines
- ◇ la participation (leadership, implication dans le rôle)
- ◇ la qualité des analyses lors des débriefings tant sur le plan stratégie/gestion que sur celui de la vie de l'équipe

## SH2300

### Séminaires individus, travail, organisations

**Responsable** : Cynthia Colmellere

**Langue d'enseignement** : français ou anglais – **Heures** : 36 – **ECTS** : 3

**Prérequis** : Aucun

**Période** : S7 Électif 07 14 au 20 janvier IN27DE7, FEP7DE7

#### Objectifs

A partir des fondamentaux de la sociologie, de la psychologie, de la philosophie, de la science politique, il s'agit de:

- ◇ Mieux connaître l'entreprise et les différents cadres de travail de l'ingénieur sous l'angle de leur organisation et de leur gestion,
- ◇ Les contextes sociaux et politiques et économiques de ces différents cadres de travail,
- ◇ Comprendre les dimensions techniques, scientifiques, sociales, humaines, économiques et managériales du travail et leurs relations,
- ◇ Comprendre les comportements individuels et collectifs dans le travail,
- ◇ Comprendre les relations et les mécanismes de pouvoir dans des situations de coopération, de négociation, de conflits,
- ◇ Comprendre les phénomènes de déviance et de fraude,
- ◇ Comprendre les échecs et les réussites des démarches de changement dans les organisations.

#### Contenu

Quelques exemples de cours proposés:

- ◇ Fraude, contrôle, gouvernance
- ◇ Négociation et management
- ◇ Bien être et souffrance au travail
- ◇ Communication, vie politique et vie professionnelle

#### Évaluation

examen écrit en fin de cours

participation orale

travaux intermédiaires individuels ou en groupes

## SH2400

### Séminaires International et interculturel

**Responsable** : Cynthia Colmellere

**Langue d'enseignement** : français ou anglais – **Heures** : 36 – **ECTS** : 3

**Prérequis** : Aucun

**Période** : S7 Électif 07 14 au 20 janvier IN27DE7, FEP7DE7

#### Objectifs

Les cours proposés permettent aux élèves de mieux comprendre les cultures dans leurs dimensions matérielles, symboliques, langagières, religieuses et sociales. ils leur permettent d'acquérir des connaissances et des repères méthodologiques et pratiques pour inscrire leurs actions dans un contexte de grande mobilité et d'échange des personnes, des savoirs, des usages, des pratiques, des valeurs et des idées. in fine, il s'agit d'apprendre à mieux travailler avec des personnes d'autres cultures que la sienne.

Les disciplines mobilisées sont l'anthropologie, l'éthnologie, l'histoire, la sociologie, la géopolitique.

#### Compétences acquises en fin de cours

#### Contenu

Parmi les enseignements proposés :

- ◇ Les univers culturels d'une vie d'ingénieur
- ◇ Les enjeux et les défis des nouveaux dirigeants de la Chine
- ◇ Societal challenges for future engineers (cours en anglais)

#### Évaluation

examen écrit en fin de cours

participation orale

travaux intermédiaires individuels ou en groupes

## SH2500

### Séminaires enjeux de société

**Responsable** : Cynthia Colmellere

**Langue d'enseignement** : français – **Heures** : 36 – **ECTS** : 3

**Prérequis** : Aucun

**Période** : S7 Électif 07 14 au 20 janvier IN27DE7, FEP7DE7

#### Objectifs

Les cours de ce séminaire ont pour objectif principal d'aider les élèves à orienter leurs actions face aux « grands défis contemporains ». Pour cela, les fondamentaux de la psychologie, de la sociologie, de l'économie, de la géographie, de l'anthropologie seront mobilisés pour les amener à

- ◇ Comprendre et analyser les enjeux liés aux problématiques environnementales, humaines et sociales contemporaines : par exemple : réchauffement climatique, défis énergétiques, justice sociale, participation de la société civile...
- ◇ Comprendre les effets des pratiques humaines sur l'environnement naturel, économique, social.
- ◇ Comprendre les dimensions éthiques, politiques sociales et économiques des actions de l'ingénieur face à ces problématiques.

#### Compétences acquises en fin de cours

#### Contenu

Parmi les cours proposés :

- ◇ Géopolitique européenne et gestion de crise internationale
- ◇ Gouvernance et participation de la société civile
- ◇ Economie et justice sociale

#### Évaluation

examen écrit en fin de cours

participation orale

travaux intermédiaires individuels ou en groupes sur des études de cas

## SH2550 Enjeux de société

**Responsable** : Cynthia Colmellere

**Langue d'enseignement** : français – **Heures** : 36 – **ECTS** : 3

**Prérequis** : Aucun

**Période** : S7 Électif 03 septembre à novembre IN27DE3, FEP7DE3

### Objectifs

Les cours SHS « Enjeux de société » ont pour objectif principal d'aider les élèves à orienter leurs actions face aux grands défis contemporains, à travers l'éclairage apporté par les sciences humaines (psychologie, sociologie, économie, géographie, démographie, anthropologie, etc.). Il s'agit de les aider à identifier, préciser et intégrer les dimensions humaines et sociales de leurs activités, Dans cet électif « enjeux de société » E3, une place importante est donnée à de grandes questions sociales actuelles (voir infra\*). La sociologie sera la discipline principale convoquée. Les élèves seront introduits de manière simple et accessible, aux fondements de la discipline, aux questions qu'elle aborde et à ses méthodes. Ainsi, ils pourront :

- ◇ Comprendre et analyser les enjeux liés aux problématiques humaines et sociales contemporaines. Par exemple \*: justice sociale, mérite, élites et démocratie, questions de genre
- ◇ Comprendre les dimensions éthiques, politiques, sociales et économiques des actions de l'ingénieur face à ces problématiques
- ◇ S'initier aux méthodes d'enquête (questionnaires, entretiens, observations) pratiquées en sciences humaines et sociales

### Compétences acquises en fin de cours

Analyse, synthèse, argumentation, Capacités de raisonnement en situation ; développement de l'esprit critique. Acquisition de rudiments du travail d'enquête (outils, méthodes, pratiques).

### Contenu

les points suivants seront abordés à travers des apports théoriques et méthodologiques, des mises en situations (études de cas, jeux de rôles), des débats.

- Introduction à la sociologie : histoire, concepts méthodes,
- Pourquoi cette discipline concerne l'ingénieur ?
- Du caractère scientifique de la sociologie
- Méthodes et outils du sociologue présentés et expérimentés par les élèves (entretiens, questionnaires, observations).
- Introduction à et approfondissement du questionnement et de la démarche sociologique au travers de questions : réussite sociale, inégalités sociale, élite, mérite et démocratie, questions de genre...

### Organisation du cours

Les cours sont donnés en séances de trois heures. Dans chaque séance, alternance de cours magistraux (apports théoriques et méthodologiques) et de mises en situation (études de cas, jeux de rôles, présentations des élèves, débats...). Le cours a lieu en petites classes d'une vingtaine d'élèves.

### Support

Présentations, documents écrits distribués (articles, études de cas...), vidéo.



## Évaluation

L'évaluation est individuelle.

Travail écrit d'une heure au minimum, réalisé en fin de cours ou à rendre dans les deux semaines suivant la fin du cours au moins 50% de la note finale.

Travaux intermédiaires (oraux ou écrits) + participation (individuelles et rapport au collectif) notés au fil du cours 50% de la note finale.

## SH2600

### Science, Technologie, Société

**Responsable** : Cynthia Colmellere

**Langue d'enseignement** : français – **Heures** : 36 – **ECTS** : 3

**Prérequis** : Aucun

**Période** : S7 Électif 07 14 au 20 janvier IN27DE7, FEP7DE7

#### Objectifs

Les enseignements proposés ont pour objectif principal d'aider les élèves ingénieurs à mieux comprendre les représentations de la science et du progrès technique pour mieux situer leur action et ses effets. ils s'appuient principalement sur la sociologie des sciences, la sociologie de l'innovation, l'histoire des sciences et des techniques, la science politique, la philosophie et l'éthique.

Comprendre et analyser dans différents contextes et situations :

- L'élaboration des savoirs scientifiques et techniques
- Leur diffusion,
- Leur appropriation,
- Leurs usages
- Leurs effets sur les individus et la société, notamment en termes de controverses sur les risques qu'ils génèrent.

#### Compétences acquises en fin de cours

#### Contenu

Parmi les enseignements proposés :

- ◇ Histoire des sciences et des techniques,
- ◇ Sociologie de l'innovation,
- ◇ Sociologie des groupes d'intérêts en Europe

#### Évaluation

examen écrit en fin de cours

participation orale

travaux intermédiaires individuels ou en groupes

## SH2650 Science, Technologie, Société

**Responsable** : Cynthia Colmellere

**Langue d'enseignement** : anglais – **Heures** : 36 – **ECTS** : 3

**Prérequis** : Aucun

**Période** : S7 Électif 05 novembre à janvier IN27DE5, FEP7DE5

### Objectifs

Les cours proposés dans l'électif SHS E5 « science technologie et société » abordent les travaux scientifiques et l'innovation technologique à travers leur élaboration, leurs usages et leurs effets sur les individus et la société. Il s'agit d'aider les élèves ingénieurs à mieux comprendre les représentations de la science et du progrès technique pour mieux situer leur action et ses effets. L'enseignement se propose de questionner le progrès dans quelques champs scientifiques, d'éclairer l'évolution du contexte social et institutionnel de la recherche scientifique et technologique sur une longue période et, de réfléchir sur quelques grands enjeux de la démarche scientifique qui ont émergé au fil des siècles et qui n'ont rien perdu de leur actualité. Les enseignements proposés permettront de mieux comprendre dans différents contextes et situations :

- ◇ La construction des savoirs scientifiques et techniques
- ◇ Leur diffusion,
- ◇ Leur appropriation,
- ◇ Leurs usages,
- ◇ Leurs effets sur les individus et la société, notamment en termes de controverses autour des risques qu'ils génèrent.

### Compétences acquises en fin de cours

Analyse, synthèse, argumentation, Capacités de raisonnement en situation ; développement de l'esprit critique ; culture générale. Acquisition de rudiments du travail d'enquête (outils, méthodes, pratiques).

### Contenu

Les points suivants seront abordés à travers des apports théoriques et méthodologiques, des mises en situations (études de cas, jeux de rôles), des débats : Paradigmes et révolutions scientifiques ; Progrès scientifique et technique – Technoscience Construction sociale des risques et perceptions des risques – Controverses scientifiques ; La place et le rôle de l'expertise scientifique ; Ethique scientifique, éthique de l'ingénieur.

### Organisation du cours

Les cours sont donnés en séances de trois heures. Dans chaque séance, alternance de cours magistraux (apports théoriques et méthodologiques) et de mises en situation (études de cas, jeux de rôles, présentations des élèves, débats...). Le cours a lieu en petites classes d'une vingtaine d'élèves

### Support

Présentations, documents écrits distribués (articles, études de cas...), vidéo

### Évaluation

L'évaluation est individuelle.

Travail écrit d'une heure au minimum, réalisé en fin de cours ou à rendre dans les deux semaines suivant la fin du cours ; au moins 50% de la note finale.

Travaux intermédiaires (oraux ou écrits) + participation (individuelles et rapport au collectif)  
notés au fil du cours ; 50% de la note finale

## SH2700 Innovation, Arts et créativité

**Responsable** : Cynthia Colmellere

**Langue d'enseignement** : français – **Heures** : 36 – **ECTS** : 3

**Prérequis** : Aucun

**Période** : S7 Électif 07 14 au 20 janvier IN27DE7, FEP7DE7

### Objectifs

Le principal objectif des cours proposés dans ce séminaire est d'aborder l'innovation à travers le travail de création artistique. Pour cela, les différents enseignements amèneront les élèves ingénieurs à :

- ◇ Comprendre les relations des différents domaines de la création artistique avec la science et la technique
- ◇ Appréhender le travail de production d'œuvres artistiques dans différents domaines : architecture, peinture, littérature, design...
- ◇ Aborder les dimensions individuelles et collectives de ce travail
- ◇ Mieux comprendre l'influence des contextes culturels, sociaux, économiques et politiques dans lesquels ils se déroulent.

Les principales disciplines mobilisées sont la sociologie, l'histoire de l'art, l'architecture, la science politique.

### Contenu

Parmi les cours proposés :

- ◇ Histoire de l'art, histoire des idées
- ◇ Introduction au design
- ◇ Dispositifs techniques, théâtre et arts visuels

### Évaluation

examen écrit en fin de cours

participation orale

travaux intermédiaires individuels ou en groupes

## SH3200

### Séminaires individus, travail, organisations

**Responsable** : Cynthia Colmellere

**Langue d'enseignement** : français ou anglais – **Heures** : 36 – **ECTS** : 2

**Prérequis** : Aucun

**Période** : S8 Module SHS, semaine réservée 1 13 au 17 avril IN28SH1, SEP8SH1

#### Objectifs

A partir des fondamentaux de la sociologie, de la psychologie, de la philosophie, de la science politique, il s'agit de:

- ◇ Mieux connaître l'entreprise et les différents cadres de travail de l'ingénieur sous l'angle de leur organisation et de leur gestion,
- ◇ Les contextes sociaux et politiques et économiques de ces différents cadres de travail,
- ◇ Comprendre les dimensions techniques, scientifiques, sociales, humaines, économiques et managériales du travail et leurs relations,
- ◇ Comprendre les comportements individuels et collectifs dans le travail,
- ◇ Comprendre les relations et les mécanismes de pouvoir dans des situations de coopération, de négociation, de conflits,
- ◇ Comprendre les phénomènes de déviance et de fraude,
- ◇ Comprendre les échecs et les réussites des démarches de changement dans les organisations.

#### Contenu

Quelques exemples de cours proposés:

- ◇ Négociation et management
- ◇ Bien être et souffrance au travail
- ◇ Sociologie de la banque

#### Évaluation

examen écrit en fin de cours

participation orale

travaux intermédiaires individuels ou en groupes

## SH3300 Science, Technologie, Société

**Responsable** : Cynthia Colmellere

**Langue d'enseignement** : français – **Heures** : 36 – **ECTS** : 2

**Prérequis** : Aucun

**Période** : S8 Module SHS, semaine réservée 1 13 au 17 avril IN28SH1, SEP8SH1  
S8 Module SHS, semaine réservée 2 18 au 22 mai IN28SH2, SEP8SH2

### Objectifs

Les enseignements proposés ont pour objectif principal d'aider les élèves ingénieurs à mieux comprendre les représentations de la science et du progrès technique pour mieux situer leur action et ses effets. Ils s'appuient principalement sur la sociologie des sciences, la sociologie de l'innovation, l'histoire des sciences et des techniques, la science politique, la philosophie et l'éthique.

Comprendre et analyser dans différents contextes et situations :

- L'élaboration des savoirs scientifiques et techniques
- Leur diffusion,
- Leur appropriation,
- Leurs usages
- Leurs effets sur les individus et la société, notamment en termes de controverses sur les risques qu'ils génèrent.

### Compétences acquises en fin de cours

### Contenu

Parmi les enseignements proposés :

- ◇ Bioéthique
- ◇ Sociologie de l'innovation,
- ◇ Histoire des Sciences
- ◇ Synchrotron

### Évaluation

examen écrit en fin de cours

participation orale

travaux intermédiaires individuels ou en groupes

## SH3400

### Séminaires International et interculturel

**Responsable** : Cynthia Colmellere

**Langue d'enseignement** : français ou anglais – **Heures** : 36 – **ECTS** : 2

**Prérequis** : Aucun

**Période** : S8 Module SHS, semaine réservée 1 13 au 17 avril IN28SH1, SEP8SH1

#### Objectifs

Les cours proposés permettent aux élèves de mieux comprendre les cultures dans leurs dimensions matérielles, symboliques, langagières, religieuses et sociales. ils leur permettent d'acquérir des connaissances et des repères méthodologiques et pratiques pour inscrire leurs actions dans un contexte de grande mobilité et d'échange des personnes, des savoirs, des usages, des pratiques, des valeurs et des idées. in fine, il s'agit d'apprendre à mieux travailler avec des personnes d'autres cultures que la sienne.

Les disciplines mobilisées sont l'anthropologie, l'éthnologie, l'histoire, la sociologie, la géopolitique.

#### Compétences acquises en fin de cours

#### Contenu

Parmi les enseignements proposés :

- ◇ Understanding culture in international context (cours en anglais)
- ◇ Les défis des nouveaux dirigeants chinois

#### Évaluation

examen écrit en fin de cours

participation orale

travaux intermédiaires individuels ou en groupes



## SH3500

### Séminaires enjeux de société

**Responsable** : Cynthia Colmellere

**Langue d'enseignement** : français – **Heures** : 36 – **ECTS** : 2

**Prérequis** : Aucun

**Période** : S8 Module SHS, semaine réservée 1 13 au 17 avril IN28SH1, SEP8SH1

#### Objectifs

Les cours de ce séminaire ont pour objectif principal d'aider les élèves à orienter leurs actions face aux « grands défis contemporains ». Pour cela, les fondamentaux de la psychologie, de la sociologie, de l'économie, de la géographie, de l'anthropologie seront mobilisés pour les amener à

- ◇ Comprendre et analyser les enjeux liés aux problématiques environnementales, humaines et sociales contemporaines : par exemple : réchauffement climatique, défis énergétiques, justice sociale, participation de la société civile...
- ◇ Comprendre les effets des pratiques humaines sur l'environnement naturel, économique, social.
- ◇ Comprendre les dimensions éthiques, politiques sociales et économiques des actions de l'ingénieur face à ces problématiques.

#### Compétences acquises en fin de cours

#### Contenu

Parmi les cours proposés :

- ◇ médias et société: approche sociologique
- ◇ Politiques énergétiques et gouvernance environnementale

#### Évaluation

examen écrit en fin de cours

participation orale

travaux intermédiaires individuels ou en groupes sur des études de cas

## SH3600 Innovation, Arts et créativité

**Responsable** : Cynthia Colmellere

**Langue d'enseignement** : français – **Heures** : 36 – **ECTS** : 2

**Prérequis** : Aucun

**Période** : S8 Module SHS, semaine réservée 1 13 au 17 avril IN28SH1, SEP8SH1

### Objectifs

Le principal objectif des cours proposés dans ce séminaire est d'aborder l'innovation à travers le travail de création artistique. Pour cela, les différents enseignements amèneront les élèves ingénieurs à :

- ◇ Comprendre les relations des différents domaines de la création artistique avec la science et la technique
- ◇ Appréhender le travail de production d'œuvres artistiques dans différents domaines : architecture, peinture, littérature, design...
- ◇ Aborder les dimensions individuelles et collectives de ce travail
- ◇ Mieux comprendre l'influence des contextes culturels, sociaux, économiques et politiques dans lesquels ils se déroulent.

Les principales disciplines mobilisées sont la sociologie, l'histoire de l'art, l'architecture, la science politique.

### Contenu

Parmi les cours proposés :

- ◇ Architecture, ingénierie et urbanisme
- ◇ s'initier à la démarche "design" et l'expérimenter

### Évaluation

examen écrit en fin de cours

participation orale

travaux intermédiaires individuels ou en groupes

## Sports

## SP1100

### Éducation physique et sportive

**Responsable** : Stéphane Blondel

**Langue d'enseignement** : français – **Heures** : 36 – **ECTS** : 0

**Prérequis** : Aucun

**Période** : S5 entre septembre et janvier IN15COM, FEP5COM

#### Objectifs

Se situer pour s'adapter à l'effort

- ◇ Se confronter à soi-même pour se situer
- ◇ Apprendre ou réapprendre à connaître ses capacités et ses limites
- ◇ Apprivoiser ou ré apprivoiser son corps pour devenir autonome dans l'entretien de sa vie physique

#### Compétences acquises en fin de cours

- ◇ Développement organique et foncier : adaptation à l'effort
- ◇ S'approprier des principes d'action pour développer des habiletés motrices
- ◇ Se fixer des objectifs réalisables
- ◇ Analyser ses échecs et réussites
- ◇ Contrôler ses émotions
- ◇ Assumer ses responsabilités

#### Contenu

Athlétisme, Aviron, Badminton, Basketball, Boxe, Danse, Escalade, Escrime, Football, Handball, Hockey sur gazon, Judo / Jujitsu, Musculation, Natation, Rugby, Squash, Tennis, Tennis de table, Volleyball.

#### Organisation du cours

Activités physiques : 36h

#### Évaluation

Contrôle continu, compétitions

## SP1200

### Éducation physique et sportive

**Responsable** : Stéphane Blondel

**Langue d'enseignement** : français – **Heures** : 36 – **ECTS** : 0

**Prérequis** : Aucun

**Période** : S6 entre février et juin IN16COM, SEP6COM

#### Objectifs

##### Communiquer pour progresser ensemble

- ◇ Accès au patrimoine culturel que constituent les Activités Physiques et Sportives
- ◇ Se confronter aux autres pour apprendre à travailler en équipe
- ◇ Savoir écouter, s'exprimer et changer de rôle

##### Compétences acquises en fin de cours

- ◇ Développer des compétences spécifiques individuelles pour les mettre au service du groupe
- ◇ S'insérer dans une équipe
- ◇ Participer au projet commun
- ◇ Changer de rôle : pratiquant, arbitre, manager, coach

#### Contenu

Athlétisme, Aviron, Badminton, Basketball, Boxe, Danse, Escalade, Escrime, Football, Handball, Hockey sur gazon, Judo / Jujitsu, Musculation, Natation, Rugby, Squash, Tennis, Tennis de table, Volleyball.

#### Organisation du cours

Activités physiques : 36h

#### Évaluation

Contrôle continu, compétitions

## SP2100

### Éducation physique et sportive

**Responsable** : Stéphane Blondel

**Langue d'enseignement** : français – **Heures** : 36 – **ECTS** : 0

**Prérequis** : Aucun

**Période** : S7 entre septembre et janvier IN27COM, FEP7COM

#### Objectifs

##### Se responsabiliser, Créer

Développer des ressources afin de rechercher la réussite à travers:

- ◇ L'efficacité dans l'action individuelle et collective
- ◇ La confiance en soi
- ◇ La réalisation personnelle

#### Compétences acquises en fin de cours

- ◇ Optimisation des compétences dans les activités sportives
- ◇ Investissement par rapport à un projet
- ◇ Engagement dans l'action
- ◇ Prise des décisions

#### Contenu

Athlétisme, Aviron, Badminton, Basketball, Boxe, Danse, Escalade, Escrime, Football, Handball, Hockey sur gazon, Judo / Jujitsu, Musculation, Natation, Rugby, Squash, Tennis, Tennis de table, Volleyball.

#### Organisation du cours

Activités physiques : 36h

#### Évaluation

Contrôle continu, compétitions

## SP2200

### Éducation physique et sportive

**Responsable** : Stéphane Blondel

**Langue d'enseignement** : français – **Heures** : 36 – **ECTS** : 0

**Prérequis** : Aucun

**Période** : S8 entre février et juin IN28COM, SEP8COM

#### Objectifs

##### Se responsabiliser, Créer

Développer des ressources afin de rechercher la réussite à travers :

- ◇ L'efficacité dans l'action individuelle et collective
- ◇ La confiance en soi
- ◇ La réalisation personnelle

#### Compétences acquises en fin de cours

- ◇ Optimisation des compétences dans les activités sportives
- ◇ Investissement par rapport à un projet
- ◇ Engagement dans l'action
- ◇ Prendre des décisions

#### Contenu

Athlétisme, Aviron, Badminton, Basketball, Boxe, Danse, Escalade, Escrime, Football, Handball, Hockey sur gazon, Judo / Jujitsu, Musculation, Natation, Rugby, Squash, Tennis, Tennis de table, Volleyball.

#### Organisation du cours

Activités physiques : 36h

#### Évaluation

Contrôle continu, compétitions

## **Leadership et métiers de l'ingénieur**



## WL1100

### Ateliers développement professionnel et leadership

**Responsable** : Serge Delle Vedove

**Langue d'enseignement** : français – **Heures** : 51 – **ECTS** : 2.5

**Prérequis** : Bon niveau en français, car c'est un cours très interactif et basé sur le travail en équipe

**Période** : S5      octobre à janvier    IN15CAA, FEP5CAA

#### Objectifs

- ❖ Développer les bases des compétences clés pour un ingénieur aujourd'hui : travail en équipe, communication, approche des problèmes complexes et créativité
- ❖ Accompagner les étudiants dans la construction de leur cursus et de leur projet professionnel
- ❖ Aider les étudiants à passer d'un référentiel scolaire à un référentiel professionnel

#### Compétences acquises en fin de cours

- ❖ Travail en équipe
- ❖ Bases de la communication écrite et orale
- ❖ Base de la résolution de problèmes
- ❖ Bases de développement d'un projet professionnel

#### Contenu

Compétences-clés de l'ingénieur

- ❖ Travail en équipe : s'organiser, décider, animer en équipe ; rôles des membres de l'équipe ; influence de la personnalité sur la performance de l'équipe
- ❖ Communication écrite et orale : structurer une synthèse, augmenter son impact en communication écrite et orale, communication interpersonnelle, prendre la parole en public
- ❖ Approche de la résolution de problèmes complexes : poser les problèmes ; approches inductives, expérimentales et récursives ; doute et complexité
- ❖ Créativité : méthodes de créativité de groupe

Construire un projet de formation et professionnel

- ❖ Découvrir le métier d'ingénieur
- ❖ Approche du projet professionnel
- ❖ Compréhension du cursus

Aider les étudiants à passer d'un référentiel scolaire à un référentiel professionnel

- ❖ De recevoir un énoncé à poser un problème
- ❖ De comprendre à rendre réel
- ❖ De la performance individuelle à la performance d'équipe
- ❖ Du certain à l'incertain

#### Organisation du cours

3 séminaires de 2,5 jours en groupes de 40 étudiants supervisés par deux professeurs, et avec le soutien d'intervenants externes. La pédagogie est basée sur l'expérience, la mise en situation, l'étude de cas et les travaux de groupe.

## Support

Des supports de cours sont fournis sur tous les sujets abordés. Exemples de lectures recommandées :

- ◇ M. Belbin. Les rôles en équipe. Editions de l'Organisation, 2006
- ◇ J.C. Corbel. Management de projet : fondamentaux, méthodes, outils. Editions de l'Organisation, 2007
- ◇ B. Minto. The Minto Pyramid Principle: Logic in Writing, Thinking Problem Solving. Minto International, 1996
- ◇ M. Rosenberg. La communication non-violente au quotidien. Jouvence, 2003
- ◇ E. de Bono. Les six chapeaux de la réflexion. Editions de l'Organisation, 2005

## Évaluation

Contrôle continu : évaluation basée sur les productions écrites et orales en équipe

## WL1200

### Ateliers développement professionnel et leadership

**Responsable** : Serge Delle Vedove

**Langue d'enseignement** : français – **Heures** : 24 – **ECTS** : 1

**Prérequis** : Avoir suivi le cours WL1100 ou équivalent.

**Période** : S6 mars à mai IN16CAA, SEP6CAA

#### Objectifs

- ◇ Accompagner les élèves dans le développement de leur leadership et de leur capacité à innover et à entreprendre
- ◇ Accompagner les élèves dans la construction de leur cursus et de leur projet professionnel

#### Compétences acquises en fin de cours

Première mise en œuvre des compétences de base en leadership, innovation et capacité à entreprendre

#### Contenu

Accompagner les élèves dans le développement de leur leadership et de leur capacité à innover et à entreprendre

- ◇ processus d'innovation et notion de business plan
- ◇ bases du leadership

Accompagner les élèves dans la construction de leur cursus et de leur projet professionnel

- ◇ Se présenter professionnellement (cv, lettre, entretien)
- ◇ Savoir parler de son expérience

#### Organisation du cours

2 séminaires de 1,5 à 2,5 jours en groupes de 40 étudiants supervisés par deux professeurs, et avec le soutien d'intervenants externes. La pédagogie est basée sur l'expérience, la mise en situation, l'étude de cas et les travaux de groupe

#### Support

Des supports de cours sont fournis sur tous les sujets abordés. Exemples de lectures recommandées :

- ◇ Alexander Osterwalder Yves Pigneur, Business Model Nouvelle Génération, Pearson 2010
- ◇ D. Genlot, Manager dans la complexité, INSEP Consulting ed., 1992
- ◇ R. Heifetz, Leadership on the Line. Boston: Harvard Business School Press, 2002
- ◇ P.M. Senge, La cinquième discipline. Paris : First, 1992

#### Évaluation

Contrôle continu : évaluation basée sur les productions écrites et orales en équipe

## WL2100

### Leadership de l'ingénieur en projet

**Responsable :** Luc Rouillet

**Langue d'enseignement :** français – **Heures :** 36 – **ECTS :** 3

**Prérequis :** Avoir suivi les cours WL1100 et WL1200 ou équivalent. Être engagé sur un projet (innovation, associatif ou autre) qui vous passionne

**Période :** S8 Électif 11 mars à juin IN28IE4, SEP8IE4

### Objectifs

#### Objectif principal

Développer vos talents de leadership en renforçant vos compétences pour porter des projets complexes et mettre en œuvre des solutions innovantes et robustes.

#### Objectifs secondaires

1. Affiner la rigueur de vos raisonnements et la qualité de vos décisions, en approfondissant la créativité des hypothèses et la finalité qui les sous-tend.
2. Comprendre et agir avec justesse dans les dynamiques humaines en améliorant vos capacités de mobilisation :
  - ◇ de votre détermination et de vos talents personnels
  - ◇ de l'intelligence collective d'acteurs disparates
  - ◇ de tous les acteurs nécessaires à la mise en œuvre, jusqu'au livrable final

### Compétences acquises en fin de cours

- ◇ Formuler les problèmes complexes de manière simple et articulée
- ◇ Créer une dynamique d'innovation robuste, avec rigueur scientifique et plaisir du travail collectif
- ◇ Savoir insuffler un esprit de leadership partagé et prendre l'autorité à bon escient
- ◇ Identifier les points de leviers les plus efficaces grâce à une approche systémique
- ◇ Sortir des chemins battus pour trouver l'information avec des méthodes d'investigation rigoureuses
- ◇ Prendre les bonnes décisions dans des environnements incertains, pour plus d'efficacité et d'impact
- ◇ Mieux se connaître professionnellement et renforcer sa confiance en soi

### Contenu

Ce cours se base notamment sur les notions de « résolution créative de problème » déjà abordées en Ateliers du Développement Professionnel et du Leadership, ainsi que sur les notions d'« équipes et organisations apprenantes » développées au MIT, et sur l'approche du « leadership adaptatif » développé à Harvard.

Les principaux séminaires sont les suivants :

- ◇ Poser un problème de façon créative en le liant avec les valeurs de l'équipe
- ◇ Formuler une vision fédératrice et mobiliser de nouveaux alliés (cas de la microfinance au Bangladesh)
- ◇ Assurer la robustesse des solutions dans l'innovation (témoignage d'ingénieur Centralien)
- ◇ Prendre les bonnes décisions dans la conduite du projet en temps réel (avec études de cas)
- ◇ Porter l'innovation en tant que scientifique dans une organisation (témoignage d'ingénieur Centralien)
- ◇ The art of leadership, a perspective outside of France

- ◇ Ecouter et s'écouter pour dépasser les modèles mentaux qui limitent la créativité
- ◇ Survivre dans l'exercice du leadership

### Organisation du cours

Les séminaires sont conçus pour vous apporter des modèles de leadership, et vous donner un espace de prise de recul sur vos propres pratiques et compétences, vécues dans vos projets. Les apports théoriques, études de cas, témoignages et travaux de groupe apportent l'éclairage et suscitent les prises de conscience qui vous font évoluer et gagner en impact dans l'exercice du leadership.

- ◇ 12 séminaires de 3h qui alternent différentes formes pédagogiques
- ◇ Notes de réflexion régulières sur l'avancement du projet (2 à 3 pages)
- ◇ Une note de réflexion finale (5 à 10 pages) sur les apprentissages personnels et collectifs, et sur l'identification des prochaines étapes pour le projet

### Support

Des support de cours sont fournis sur tous les sujets abordés. Exemple de lectures :

- ◇ *La structure des révolutions scientifiques*, Thomas Kuhn
- ◇ *Leadership without easy answers*, Ronald Heifetz
- ◇ *La connaissance objective*, Karl Popper
- ◇ *L'acteur et le système*, Michel Crozier
- ◇ *La cinquième discipline*, Peter Senge

### Évaluation

- ◇ 1/3 de la note vient de la participation aux discussions en cours
- ◇ 1/3 de la qualité des notes de réflexion régulière
- ◇ 1/3 de la qualité de la note de réflexion finale

**WL2200****Métier de l'ingénieur, éthique et responsabilité**

**Responsable** : Jean-Marc Camelin

**Langue d'enseignement** : français – **Heures** : 36 – **ECTS** : 3

**Prérequis** : Etre sensibilisé individuellement aux problématiques, par exemple par ses activités associatives, pôles d'intérêt personnel, ou via un projet S8 en lien avec la problématique

**Période** : S8 Électif 13, semaine réservée 2 18 au 22 mai IN28IS2, SEP8IS2

**Objectifs**

Les ingénieurs de haut niveau auront un rôle clé dans l'évolution de notre société. Cet électif s'adresse aussi bien aux étudiants se dirigeant vers un métier de management, puis éventuellement de décideur à très haut niveau (exemple : prise de décision en conscience), qu'aux étudiants s'orientant vers les métiers de la recherche, y compris fondamentale (exemple : représentation des utilisations futures de sa recherche). Les objectifs sont les suivants :

- ◇ confronter chaque étudiant aux conséquences d'ordre éthique, social, sociétal, économique et politique de son action future comme ingénieur, dans un contexte multiculturel de plus en plus important
- ◇ aider les étudiants à développer leur conscience des grands enjeux éthiques et sociétaux dans leur carrière future
- ◇ éveiller les étudiants sur ce qui influence leur prise de décision, ceci dès leurs choix de cursus et d'emploi

**Compétences acquises en fin de cours**

- ◇ Savoir prendre le recul nécessaire par rapport au contexte professionnel pour envisager l'aspect éthique de l'action
- ◇ Comprendre les contraintes issues du système socio-économique pour être capable de les questionner
- ◇ Faire preuve d'esprit critique et de discernement face au système
- ◇ Transformer les difficultés et contraintes en opportunités de mener sa carrière en respectant son éthique personnelle

**Contenu**

- ◇ Introduction à l'éthique : la responsabilité, le concept, historique, textes de référence, les "agir" concernés, le sens.
- ◇ Lien multiculturel sur les grands enjeux sociétaux grâce à un travail commun avec les étudiants de Centrale Pékin
- ◇ Illustrations de la problématique : travail (concept, rôle, souffrance au travail, émancipation par le travail), environnement (développement durable, choix à poser, impact), grands enjeux mondiaux
- ◇ Compréhension du système : le système actuel (capitalisme, régulation économique, impact sur les actes posés par les décideurs, que mesure-t-on vraiment, PIB), les alternatives (comment penser autrement le monde, microcrédit, économie virtuelle), l'ingénieur du 21ème siècle et la science (rôle de l'ingénieur au sein du système, son influence sur les questions éthiques, la recherche et ses impacts)
- ◇ L'éthique comme action : aspect individuel (je prends mes décisions, je pose des actes en conscience), décision politique (donner des orientations à l'ensemble de la société), élargir le débat (échelons global-international-national-local, relation au temps court-moyen-long terme, la décision du Directeur Général : stratégie, innovation), Vous comme étudiants (comment je comprends mon environnement et comment je me projette à l'avenir dans mon métier d'ingénieur, ma césure, mes rêves professionnels)

## Organisation du cours

Le séminaire d'introduction permet de faire une "mise à niveau" dans le groupe des notions recouvertes par les termes éthique et responsabilité, et d'orienter la semaine de séminaire en fonction des attentes et du contexte des étudiants. En particulier, certains projets S8 suivis par les étudiants peuvent être en interaction avec le dispositif.

Les conférences de la semaine illustrent sur quelques cas concrets l'importance de la problématique, travaillent la compréhension globale du système au sein duquel se pose la problématique, et concluent sur la question de l'action, globale autant qu'individuelle, et les projections possibles des étudiants sur leur projet professionnel.

Chaque conférence comprend une partie théorique, une partie illustrative (étude de cas, analyse documentaire, grand témoin), et une partie de discernement.

Spécificité pédagogique : le lien avec Centrale Pékin. L'électif en France interagit avec un séminaire d'une semaine mené avec l'ensemble de la promotion de 3ème année de Centrale Pékin. Les étudiants en France bénéficient, pour écrire leurs articles, des articles réalisés sur les mêmes sujets par les groupes d'étudiants en Chine lors du séminaire précédent. Les articles produits en France sont ensuite symétriquement utilisés par les étudiants en Chine lors de leur séminaire suivant pour leur propre production. Cette approche itérative permet d'appréhender concrètement la dimension multiculturelle des questions éthiques et des grandes problématiques sociétales mondiales.

## Support

Bibliographie :

- ◇ L'économie est une science morale, Amartya Sen
- ◇ Mort de la globalisation, John Saul
- ◇ Souffrance en France, Christophe Dejours
- ◇ Extension du domaine de la manipulation, Michela Marzano
- ◇ Responsable porteur de sens, Lenhardt
- ◇ The Necessary Revolution: How Individuals and Organizations are Working Together to Create a Sustainable World, Peter Senge
- ◇ Le capitalisme est-il moral, Comte-Sponville
- ◇ Responsabilité et jugement, Hannah Arendt
- ◇ L'Éthique, Spinoza
- ◇ Alcibiade, Platon
- ◇ L'esprit des lois, Montesquieu
- ◇ Éthique et Responsabilité, Paul Ricoeur
- ◇ Éthique comme philosophie première, Emmanuel Lévinas
- ◇ La génération future a-t-elle un avenir ? Développement durable et mondialisation, Christian de Perthuis
- ◇ Bioéthique et liberté, Axel Kahn Dominique Lecourt
- ◇ La Méthode - tome 6 : Éthique, Edgar Morin
- ◇ Éthique et ordre économique, Anne Salmon, CNRS

## Évaluation

- ◇ Présentation orale d'un projet en groupe réalisé tout au long du séminaire
- ◇ Rédaction d'un article
- ◇ Prise en compte de la participation active lors des conférences

## **Grands enjeux, projets et stages**



## WP1100

### Introduction aux grands enjeux du 21ème siècle

**Responsable** : Franck Richecoeur

**Langue d'enseignement** : français – **Heures** : 50 – **ECTS** : 3

**Prérequis** : Aucun

**Période** : S5 entre septembre et janvier IN15COM, FEP5COM

#### Objectifs

Cette activité introductive aux grands enjeux du 21ème siècle a pour but de permettre aux élèves de :

- ◇ Donner du sens à leur futur d'ingénieur, en les confrontant aux grands défis du 21ème siècle,
- ◇ Découvrir l'un des grands enjeux de société sur lequel ils pourraient travailler dans le futur,
- ◇ Se confronter au flou et à l'incertain propre au travail d'ingénieur,
- ◇ Prendre en charge un premier projet valorisable au sein d'une équipe et pour un client extérieur.

Sept grands enjeux sont explorés :

- ◇ Energie
- ◇ Environnement
- ◇ Information et connaissance
- ◇ Mutations économiques
- ◇ Santé et biotechnologies
- ◇ Territoire : bâtir durable
- ◇ Transport et mobilité

#### Compétences acquises en fin de cours

- ◇ connaissances sur l'enjeu étudié,
- ◇ méthodes d'étude documentaire et de conduite de projet,
- ◇ modélisation d'un problème complexe,
- ◇ communication écrite
- ◇ communication orale

#### Organisation du cours

- ◇ Séminaires d'introduction à chacun des enjeux (sept séminaires de 3h)
- ◇ Travaux d'approfondissement sur un enjeu (huit à dix sessions de travail de 1h30)
- ◇ Projet en équipe, commencé au semestre S5 et poursuivi au semestre S6

Chaque enjeu est piloté par un ou plusieurs Responsables Enjeu Internes (REI), enseignants à l'Ecole, et par un ou plusieurs Responsables Enjeu Externes (REE), professionnels extérieurs à l'Ecole.

#### Évaluation

- ◇ Présentation orale et rapport de lancement du projet à mi-semestre,
- ◇ Présentation orale et rapport d'avancement du projet en fin de semestre.

## WP1200

### Projet sur les grands enjeux du 21ème siècle

**Responsable** : Franck Richecoeur

**Langue d'enseignement** : français – **Heures** : 50 – **ECTS** : 3

**Prérequis** : Aucun

**Période** : S6 entre février et juin IN16COM, SEP6COM

#### Objectifs

- ◇ Apprentissage du travail en équipe
- ◇ Développement d'une approche transversale des problèmes, technique, économique, marketing, sociétale, etc.
- ◇ Confrontation au réel et à la complexité (problèmes mal posés, à solutions multiples)
- ◇ Mise en application des méthodes enseignées dans les Ateliers de Développement Professionnel et Leadership, résolution de problème, communication, etc.
- ◇ Acquisition de connaissances dans le domaine dans lequel s'inscrit le projet

#### Compétences acquises en fin de cours

- ◇ mieux travailler en équipe
- ◇ être préparé à traiter des problèmes complexes
- ◇ mieux communiquer
- ◇ connaître le domaine dans lequel le projet s'inscrit
- ◇ avoir vécu une première expérience de résolution de problème dans une approche transversale
- ◇ avoir amélioré la rigueur de raisonnement, en confrontation à un problème flou

#### Organisation du cours

Chaque projet, mené en équipe de 4 à 6 étudiants, est suivi tout au long de l'année par un Client PProjet (CPR) et un Référent Pédagogique (RP). Chaque enjeu est piloté par un ou plusieurs Responsables Enjeu Internes (REI), enseignants à l'Ecole, et par un ou plusieurs Responsables Enjeu Externes (REE), professionnels extérieurs à l'Ecole.

#### Évaluation

La progression de l'équipe est évaluée à l'aide d'une revue de projet à mi-semestre (soutenance et rapport). Le projet est évaluée lors d'une soutenance finale au cours de laquelle les conclusions de l'étude sont présentées. La note rend compte de l'ensemble du travail effectué par l'équipe au cours du semestre.

Après la soutenance finale, toutes les équipes participent à un concours inter-enjeux, dont le premier prix est attribué par un jury de spécialistes issus du monde académique et de l'industrie.

## WP2100 Développement Durable

**Responsable** : Pascal da Costa

**Langue d'enseignement** : français – **Heures** : 32 – **ECTS** : 3

**Prérequis** : Aucun

**Période** : S6 Électif 01 février à avril IN16DE1, SEP6DE1  
S8 Électif 08 février à avril IN28IE1, SEP8IE1

### Objectifs

- ◇ Sensibiliser au couplage ressources, énergie, environnement, climat, économie, géopolitique, démographie, aux différentes échelles (locale à mondiale)
- ◇ Connaître les chiffres clés du développement durable (état des lieux et prévisions scientifiques) et comprendre les hypothèses et les modèles sur lesquels ils reposent.

### Contenu

- ◇ Origines de la croissance économique et effet sur la croissance de l'"indisponibilité" des ressources naturelles (fin du pétrole, ...)
- ◇ Modèles économiques de gestion optimale des ressources naturelles renouvelables et non-renouvelables
- ◇ Démographie : évolution des populations mondiales
- ◇ Climat : effet de serre et changement climatique
- ◇ Enjeux de la gestion des ressources (réserves, répartition géographique, prix) : ressources pour l'énergie (pétrole, gaz, charbon, uranium), matières premières (minerais), l'eau
- ◇ Etat de l'art technique et nouvelles technologies pour l'énergie et la gestion de l'eau
- ◇ Gestion des déchets et recyclage
- ◇ Les ressources végétales et l'utilisation des sols

### Organisation du cours

Vidéos : 8 heures, Classes inversées : 4h, Contrôle continu sous forme d'un projet en équipe : 10h au moins

### Support

- ◇ Polycopié + Vidéos + Quizzes + présentations des intervenants + site et forum du cours
- ◇ E. Iacona, J. Taine, B. Tamain, Les enjeux de l'énergie, Dunod 2008
- ◇ V. Masson-Delmotte et A. Pailler, Climat : le vrai et le faux, Le Pommier, 2011
- ◇ M. Dufumier, Malbouffe au nord, NIL, 2012
- ◇ P. da Costa, Rio : une gouvernance mondiale de l'environnement face à la crise écologique ?, reporterre, 1 juin 2012.

### Moyens

Ce cours inter-disciplinaire fait intervenir des spécialistes du développement durable :

- ◇ Estelle Iacona (Ecole Centrale Paris) : énergie et ressources fossiles
- ◇ Pasca da Costa (Ecole Centrale Paris) : économie et développement
- ◇ Claire Bordes (Ecole Centrale Paris) : géopolitique de l'eau
- ◇ Marc Dufumier (INRA, Agro) : ressources végétales
- ◇ Gilles Pison (INED, EHESS) : démographie
- ◇ Valérie Masson-Delmotte (CEA) : climat

✧ Jean-Pierre Chevalier (CNAM) : ressources minérales

## Évaluation

Mode projet : Contrôle continu sous forme d'un projet en équipe : 10h au moins

## WP5000

### Approche philosophique de la stratégie et de l'innovation

**Responsable** : Luc de Brabandere

**Langue d'enseignement** : français – **Heures** : 12 – **ECTS** : 1

**Prérequis** : les deux premières lectures du MOOC "On Strategy: what managers can learn from great philosophers?"

**Période** : S7 entre septembre et janvier IN27COM, FEP7COM

#### Objectifs

- ◇ encourager la mise en perspective
- ◇ donner des outils de management concrets
- ◇ donner quelques repères philosophiques utiles
- ◇ inviter à la pensée critique

#### Évaluation

Validation sur la base de la participation

## WP5100 Projet innovation S7

**Responsable** : Éléonore Mounoud, Christophe Laux

**Langue d'enseignement** : français – **Heures** : 75 – **ECTS** : 4.5

**Prérequis** : Aucun

**Période** : S7 entre septembre et janvier IN27COM, FEP7COM

### Objectifs

L'activité Projet Innovation a pour ambition de mettre les élèves-ingénieurs en situation d'innover en concevant des services, solutions ou produits nouveaux pour mieux servir des clients, des organisations et/ou la société. Cette ambition se décline en deux objectifs pédagogiques :

1. Adopter une posture et une démarche d'innovateur faite d'ambition et d'ouverture, en particulier traiter les dimensions scientifiques, techniques, économiques et sociales d'un projet et proposer un travail d'exploitation des connaissances et d'exploration des possibles.

- ◇ Reformuler une demande pour en expliciter le besoin et les enjeux sous-jacents
- ◇ Confronter ses idées avec un état des connaissances et des réalisations
- ◇ Faire preuve de créativité et avoir l'ambition de modifier le système

2. travailler en mode projet, c'est-à-dire produire en équipe un résultat tangible pour répondre au besoin d'un client en adoptant une démarche structurée et rationnelle de résolution de problèmes et de gestion de projet. Les élèves sont amenés à mettre en oeuvre conjointement les trois fondamentaux suivants :

- ◇ Exprimer le problème sous forme d'un « contrat » avec un « client »
- ◇ Concevoir un processus structuré de résolution de problème
- ◇ Respecter un ensemble de bonnes attitudes et de comportements

Elle vise ainsi le développement de compétences spécifiques à l'innovateur-entrepreneur

- acquérir de l'autonomie dans la conduite globale d'un projet
- produire des réalisations concrètes (prototypes, expériences, maquettes, )
- développer son leadership et faire avancer ses idées.

### Compétences acquises en fin de cours

Les élèves sont amenés à développer leur capacité d'innovation de deux façons :

- ◇ par la découverte et la pratique des règles de l'art d'un des métiers de l'ingénieur : il s'agit selon les équipes et les projets de produire des connaissances (recherche), technologies (développement), techniques (industrialisation), concepts et fonctions (conception), offres (marketing), marchés (business development), entreprises (création). Ils doivent alors démontrer la validité et la robustesse des résultats du projet.
- ◇ par la mise en perspective de la contribution de leur projet à un processus innovant. Ils doivent alors démontrer la pertinence des résultats au regard du processus global dans lequel s'insère leur projet, en termes de finalité et de création de valeur.

### Contenu

Les Projets Innovation en Deuxième Année changent ! Ils changent de formule et de principes. Les projets sont maintenant identifiés selon leur finalité et leur demandeur en quatre catégories : Recherche, Concours, Entreprises et Service de la société.

## Organisation du cours

120h de travail (en groupe et personnel) dont 90h de créneaux réservés à l'emploi du temps.

Jalons du projet :

- ◇ Contrat pédagogique de projet
- ◇ Rapport intermédiaire à mi-parcours
- ◇ Rapport écrit final
- ◇ Soutenance orale

## Évaluation

Les projets sont évalués sur

- **None** tant en terme de gestion de projets que de résolution de problème et de démarche d'exploration, ces aspects doivent donc être détaillés dans le rapport, *la rigueur dans la démarche adoptée*
- **None** : la validité des résultats, leur robustesse et leur nouveauté relative dans leur champ doivent être explicités en les testant et en les confrontant à l'état des connaissances et des réalisations *la qualité d'ensemble des réalisations et des livrables*
- **None** (industriel ou recherche) : il faut expliciter par un dossier de preuves la valeur créée pour le client en fonction du besoin et des enjeux identifiés à partir de sa demande *leur intérêt et leur impact pour le client*
- **None** sur leur travail. *le jugement et la maturité des élèves*

Les critères pris en compte dans la notation sont

1. La relation à la demande initiale et la qualité du livrable final du projet :
  - ◇ Qualification de la demande, reformulation du besoin
  - ◇ Qualité de la relation avec le client et acceptation du livrable par ce dernier
  - ◇ Validité et robustesse des résultats obtenus (critères et niveau de performance du livrable)
2. La démarche d'innovation :
  - ◇ Analyse de la demande et identification des enjeux et des besoins du client
  - ◇ Etat des connaissances et des réalisations (étude documentaire a minima)
  - ◇ Méthode d'exploration du nouveau (recherche, créativité, conception)

## WP5200

### Projet innovation S8

**Responsable** : Éléonore Mounoud, Christophe Laux

**Langue d'enseignement** : français – **Heures** : 150 – **ECTS** : 9

**Prérequis** : Aucun

**Période** : S8 entre février et juin IN28COM, SEP8COM

#### Contenu

Le Projet Innovation S8 (WP5200) est normalement la suite du Projet Innovation WP5100 débuté en S7. Les étudiants ayant choisi un Projet Associatif en S7 (WP6100) peuvent soit se joindre à un Projet Innovation débuté en S7, soit proposer un nouveau Projet Innovation.

#### Organisation du cours

240h de travail (en groupe et personnel) dont 150h de créneaux réservés à l'emploi du temps

#### Évaluation

Trois éléments sont évalués :

1. La relation à la demande initiale et la qualité du livrable final du projet :
  - ◇ Quantification de la demande, reformulation du besoin
  - ◇ Qualité de la relation avec le client et acceptation du livrable par ce dernier
  - ◇ Validité et robustesse des résultats obtenus (critères et niveau de performance du livrable)
2. La démarche d'innovation :
  - ◇ Analyse de la demande et identification des enjeux et des besoins du client
  - ◇ Etat des connaissances et des réalisations (étude documentaire a minima)
  - ◇ Méthode d'exploration du nouveau (recherche, créativité, conception)
3. La mise en perspective des livrables en termes de nouveauté et de contribution :
  - ◇ Evaluation de la nouveauté créée en la confrontant à l'état des connaissances
  - ◇ Preuve de la valeur créée pour le client en fonction du besoin et des enjeux identifiés à partir de sa demande
  - ◇ Identification des conditions de réussite de l'innovation, en particulier les facteurs et les acteurs qui favorisent ou limitent son développement



## WP5210

### Projet innovation S8 court

**Responsable** : Éléonore Mounoud, Christophe Laux

**Langue d'enseignement** : français – **Heures** : 75 – **ECTS** : 4.5

**Prérequis** : Aucun

**Période** : S8 entre février et juin IN28COM, SEP8COM

#### Contenu

Le Projet Innovation S8 court (WP5210) est destiné aux étudiants qui participent en parallèle à un Projet Associatif S8 court (WP6210). Les étudiants ayant choisi un Projet Associatif en S7 (WP6100) peuvent soit se joindre à un Projet Innovation existant débuté en S7 (WP5100), soit proposer un nouveau Projet Innovation.

#### Organisation du cours

120h de travail (en groupe et personnel) dont 75h de créneaux réservés à l'emploi du temps

#### Évaluation

Les modalités d'évaluation sont les mêmes que pour WP5100.

## WP6100 Projet associatif S7

**Responsable** : Eleonore Mounoud

**Langue d'enseignement** : français – **Heures** : 75 – **ECTS** : 4.5

**Prérequis** : Le projet proposé doit être validé par la Commission de Validation des Projets Associatifs avant le début du projet.

**Période** : S7 entre septembre et janvier IN27COM, FEP7COM

### Objectifs

Apprendre aux élèves à :

- ◇ poser des objectifs à partir d'un besoin exprimé ou d'une idée
- ◇ concevoir et mettre en oeuvre un processus structuré pour atteindre ces objectifs
- ◇ développer leurs capacités de créativité et d'innovation
- ◇ expérimenter des attitudes et comportements individuels et en équipe
- ◇ s'ouvrir sur le monde socio-économique par des problèmes concrets
- ◇ se familiariser avec les Techniques d'Information et de Communication

### Contenu

Le Projet Associatif permet aux élèves de réaliser une activité associative aussi bien sur le campus qu'à l'extérieur de l'Ecole, avec dans tous les cas une prise de responsabilités conséquente. Les projets sont retenus sur la base de deux critères : la notion de service rendu à la collectivité (aux autres), et la qualité des apprentissages effectués par les élèves.

Chaque projet doit être encadré par un enseignant ou un personnel de l'Ecole.

Exemples de projets associatifs S7 : Forum, Parrainage, Gala, ...

### Organisation du cours

120h de travail (en groupe et personnel) dont 75h de créneaux réservés à l'emploi du temps.

Le déroulement du projet est défini par l'encadrant et l'équipe de projet en fonction de la nature du projet et des contraintes diverses. Dès le début du projet, l'équipe désigne un chef de projet et éventuellement un administrateur qui assurera les contacts avec l'encadrant et les responsables du Projet Associatif.

Un mois après le démarrage du projet, les élèves doivent être en mesure de produire :

- ◇ la liste définitive de tous les élèves faisant partie du projet
- ◇ la liste des objectifs et des livrables
- ◇ un organigramme présentant la répartition des responsabilités ainsi que les interfaces
- ◇ un budget prévisionnel
- ◇ pour les projets récurrents, un bilan comptable validé par le trésorier de l'UDE-Manifestation

Des réunions obligatoires sont tenues régulièrement, dans la mesure du possible en présence de l'encadrant. Ces réunions ont pour but de faire le point sur le déroulement du projet, de présenter les difficultés rencontrées, de rechercher les solutions ou aides pour résoudre ces difficultés et de mettre en place des actions correctives en cas de dérive par rapport au planning du projet.

Interlocuteur principal pour toutes modalités liées aux projets associatifs : Géraldine Carbonel

### Support

Les projets associatifs s'appuient sur les enseignements et méthodes développés en première et deuxième année du cycle ingénieur :

- ◇ en atelier ADPL
- ◇ dans le cours de management de projet
- ◇ au cours de l'activité Enjeu en 1ère année
- ◇ dans les enseignements de Sciences Humaines
- ◇ dans les jeux d'entreprise
- ◇ dans le parcours commun pour les compétences de base et selon la nature des projets dans les cours d'électifs

## Évaluation

Rapport écrit et soutenance orale, évalués par le Jury de soutenance.

N.B. Les élèves qui continuent leur projet en S8 (WP6210) doivent rédiger un rapport intermédiaire avant la fin de S7. Le rapport final est rendu en S8.

## WP6200

### Projet associatif S8

**Responsable** : Eleonore Mounoud

**Langue d'enseignement** : français – **Heures** : 150 – **ECTS** : 9

**Prérequis** : Cette activité n'est pas proposée aux élèves ayant déjà suivi WP6100. Le projet proposé doit être validé par la Commission de Validation des Projets Associatifs avant le début du projet.

**Période** : S8 entre février et juin IN28COM, SEP8COM

### Objectifs

Apprendre aux élèves à :

- ◇ poser des objectifs à partir d'un besoin exprimé ou d'une idée
- ◇ concevoir et mettre en oeuvre un processus structuré pour atteindre ces objectifs
- ◇ développer leurs capacités de créativité et d'innovation
- ◇ expérimenter des attitudes et comportements individuels et en équipe
- ◇ s'ouvrir sur le monde socio-économique par des problèmes concrets
- ◇ se familiariser avec les Techniques d'Information et de Communication

### Contenu

Le Projet Associatif permet aux élèves de réaliser une activité associative aussi bien sur le campus qu'à l'extérieur de l'Ecole, avec dans tous les cas une prise de responsabilités conséquente. Les projets sont retenus sur la base de deux critères : la notion de service rendu à la collectivité (aux autres), et la qualité des apprentissages effectués par les élèves.

Chaque projet doit être encadré par un enseignant ou un personnel de l'Ecole.

Exemples de projets associatifs S8 : Raid, Centrale 7, CEC, ...

### Organisation du cours

240h de travail (en groupe et personnel) dont 150h de créneaux réservés à l'emploi du temps

Le déroulement du projet est défini par l'encadrant et l'équipe de projet en fonction de la nature du projet et des contraintes diverses. Dès le début du projet, l'équipe désigne un chef de projet et éventuellement un administrateur qui assurera les contacts avec l'encadrant et les responsables du Projet Associatif.

Un mois après le démarrage du projet, les élèves doivent être en mesure de produire :

- ◇ la liste définitive de tous les élèves faisant partie du projet
- ◇ la liste des objectifs et des livrables
- ◇ un organigramme présentant la répartition des responsabilités ainsi que les interfaces
- ◇ un budget prévisionnel
- ◇ pour les projets récurrents, un bilan comptable validé par le trésorier de l'UDE-Manifestation

Des réunions obligatoires sont tenues régulièrement, dans la mesure du possible en présence de l'encadrant. Ces réunions ont pour but de faire le point sur le déroulement du projet, de présenter les difficultés rencontrées, de rechercher les solutions ou aides pour résoudre ces difficultés et de mettre en place des actions correctives en cas de dérive par rapport au planning du projet.

Interlocuteur principal pour toutes modalités liées aux projets associatifs : Géraldine Carbonel

## Moyens

The student organization projects require a thorough understanding of the courses available in the first two years of the engineering curriculum, notably:

- ◇ The workshops on professional development and leadership
- ◇ The project management course
- ◇ The challenges of the 21st century project (1st year)
- ◇ The social science courses
- ◇ The business games
- ◇ The required courses and certain electives related to the chosen project

## Évaluation

Rapport intermédiaire + rapport écrit final et soutenance orale, évalués par le Jury de soutenance.

## WP6210

### Projet associatif S8 court

**Responsable** : Eleonore Mounoud

**Langue d'enseignement** : français – **Heures** : 75 – **ECTS** : 4.5

**Prérequis** : Le projet proposé doit être validé par la Commission de Validation des Projets Associatifs avant le début du projet.

**Période** : S8 entre février et juin IN28COM, SEP8COM

#### Objectifs

Apprendre aux élèves à :

- ◇ poser des objectifs à partir d'un besoin exprimé ou d'une idée
- ◇ concevoir et mettre en oeuvre un processus structuré pour atteindre ces objectifs
- ◇ développer leurs capacités de créativité et d'innovation
- ◇ expérimenter des attitudes et comportements individuels et en équipe
- ◇ s'ouvrir sur le monde socio-économique par des problèmes concrets
- ◇ se familiariser avec les Techniques d'Information et de Communication

#### Contenu

Le Projet Associatif permet aux élèves de réaliser une activité associative aussi bien sur le campus qu'à l'extérieur de l'Ecole, avec dans tous les cas une prise de responsabilités conséquente. Les projets sont retenus sur la base de deux critères : la notion de service rendu à la collectivité (aux autres), et la qualité des apprentissages effectués par les élèves.

Chaque projet doit être encadré par un enseignant ou un personnel de l'Ecole.

WP6210 peut être la suite d'un projet associatif démarré en S7 (WP6100).

#### Organisation du cours

120h de travail (en groupe et personnel) dont 75h de créneaux réservés à l'emploi du temps

Interlocuteur principal pour toutes modalités liées aux projets associatifs : Géraldine Carbonel

#### Support

Les projets associatifs s'appuient sur les enseignements et méthodes développés en première et deuxième année du cycle ingénieur :

- ◇ en atelier ADPL
- ◇ dans le cours de management de projet
- ◇ au cours de l'activité Enjeu en 1ère année
- ◇ dans les enseignements de Sciences Humaines
- ◇ dans les jeux d'entreprise
- ◇ dans le parcours commun pour les compétences de base et selon la nature des projets dans les cours d'électifs

#### Évaluation

Rapport écrit et soutenance orale, évalués par le Jury de soutenance.

## WP8100

### Stage opérateur de production

**Responsable** : Angela Minzoni

**Langue d'enseignement** : français – **Heures** : 210 – **ECTS** : 0

**Prérequis** : Aucun

**Période** : S7 entre septembre et janvier IN27COM

#### Objectifs

Le stage "Opérateur de production" a pour but de faire acquérir aux élèves :

- ◇ une connaissance de l'entreprise vue de la fonction opérateur de production
- ◇ une connaissance de la fonction de production : fabrication, logistique, maintenance
- ◇ un apprentissage des relations humaines en milieu professionnel
- ◇ une expérience d'un poste d'opérateur de production
- ◇ une prise de recul par la tenue d'un carnet de stage

#### Contenu

Le stage opérateur est une expérience pratique qui permet aux élèves d'appréhender concrètement les métiers d'opérateur, au socle de tout processus de production, tels qu'ils leur sont décrits dans le cursus de première année au sein du département sciences de l'entreprise : génie industriel, management de projet, droit, etc...

#### Organisation du cours

- ◇ 6 semaines minimum, en continu et au même poste, entre la première et la deuxième année du cursus ingénieur
- ◇ deux temps (ensemble de la promotion) de sensibilisation aux enjeux de ce stage, à sa recherche et à sa réussite
- ◇ des documents d'actualité industrielle parus dans les médias
- ◇ une journée (petits groupes) de restitution de stage

#### Support

M.B. Crawford, Eloge du Carburateur, ed. La Découverte, 2010

#### Évaluation

Rapport écrit (50%) et restitution du stage opérateur (50%)

## WP8110 Stage humanitaire

**Responsable** : Claire Bordes

**Langue d'enseignement** : français – **Heures** : 210 – **ECTS** : 0

**Prérequis** : Aucun

**Période** : S7 entre septembre et janvier IN27COM

### Objectifs

Le stage humanitaire vise à apporter une aide matérielle à des populations en difficultés.

### Compétences acquises en fin de cours

- ◇ Capacité à s'intégrer dans une organisation (ONG, association d'élèves), à l'animer et à la faire évoluer
- ◇ Suivi de projet (sur le terrain, d'une année sur l'autre)
- ◇ Prise en compte des enjeux sociétaux et économiques des populations
- ◇ Respect des valeurs sociétales (éthique de l'ingénieur)
- ◇ Capacité à changer d'angle de vue

### Contenu

Le stage humanitaire peut être effectué à la place du stage opérateur, sous certaines conditions indiquées dans le règlement des études. Les critères d'éligibilité de la mission humanitaire sont précisés dans le document «critères d'éligibilité» déposé sur claroline (stage humanitaire).

### Organisation du cours

Ce stage se déroule sur 6 semaines minimum, en continu et au même poste, entre la première et la deuxième année du cursus ingénieur

Il nécessite une préparation sur toute l'année, afin d'acquérir avant le départ :

- ◇ Une connaissance précise des besoins et des attentes de la population sur place ;
- ◇ Une connaissance précise de sa culture et de ses codes sociaux ;
- ◇ Une connaissance technique spécifique liée au contenu de la mission et au matériel utilisé pendant cette mission ;
- ◇ Une capacité à faire face à l'imprévu grâce à une préparation spécifique au métier d'humanitaire qui devra être délivrée par l'association organisant la mission **et** à une formation aux premiers secours (PSC 1)

Par ailleurs, cette préparation en amont devra prendre en compte les aspects sécuritaires (au niveau du chantier comme au niveau de l'environnement de vie).

### Support

- ◇ Formation PSC1
- ◇ Formation aux enjeux des métiers de l'humanitaire (assurée par l'association de départ)
- ◇ une journée (petits groupes) de restitution de stage

### Évaluation

- ◇ Rapport écrit (50% de la note)
- ◇ Restitution de stage humanitaire (50% de la note)



# Liste des cours par période

Semestre 5

**EN1100** Transferts thermiques  
 EN1101 Soutien en transferts thermiques  
**EN1920** Activité expérimentale – Aérodynamique et Énergétique  
**IS1110** Systèmes d'information  
 IS1210 Algorithmique et Programmation  
 IS2950 Activité expérimentale – Électronique  
**LC0000** Langues, culture et civilisation  
**LC1000** Anglais  
 LC2000 Français langue étrangère (FLE)  
 LC3000 Allemand  
 LC4000 Espagnol  
 LC5000 Italien  
 LC6000 Portugais  
 LC7000 Chinois  
 LC8000 Japonais  
 LC9000 Russe  
 LCA000 Arabe  
 LCB000 Suédois  
 MA1100 Analyse  
 MA1200 Probabilités  
 MA1300 Statistique  
 MG1100 Mécanique  
 MG1960 Activité expérimentale – Génie civil  
 MG1970 Activité expérimentale – Dimensionnement des structures mécaniques  
**PH1910** Activité expérimentale – Physique  
 PR1930 Activité expérimentale – Matériaux et biomatériaux  
**PR2940** Activité expérimentale – Procédés et environnement  
 SE1100 Finance d'entreprise  
 SE1200 Gestion d'entreprise  
 SE1950 Activité expérimentale – Ingénierie inverse et prototypage rapide  
 SP1100 Éducation physique et sportive  
 WL1100 Ateliers développement professionnel et leadership  
 WP1100 Introduction aux grands enjeux du 21<sup>ème</sup> siècle

## Semestre 6

EN1300 Thermodynamique appliquée  
**EN1920** Activité expérimentale – Aérodynamique et Énergétique  
 IS1260 Projet de développement logiciel  
 IS2110 Systèmes embarqués  
 IS2950 Activité expérimentale – Électronique  
**LC0000** Langues, culture et civilisation  
**LC1000** Anglais  
 LC2000 Français langue étrangère (FLE)  
 LC3000 Allemand  
 LC4000 Espagnol  
 LC5000 Italien  
 LC6000 Portugais  
 LC7000 Chinois  
 LC8000 Japonais  
 LC9000 Russe  
 LCA000 Arabe  
 LCB000 Suédois  
 MA1400 Equations aux Dérivées Partielles  
 MG1960 Activité expérimentale – Génie civil  
 MG1970 Activité expérimentale – Dimensionnement des structures mécaniques  
**PH1100** Physique quantique et statistique  
 PH1102 Mise à niveau en physique  
**PH1910** Activité expérimentale – Physique  
 PR1930 Activité expérimentale – Matériaux et biomatériaux

**PR2940** Activité expérimentale – Procédés et environnement  
 PR5100 Science du vivant  
 SE1950 Activité expérimentale – Ingénierie inverse et prototypage rapide  
 SE2150 Ingénierie des Systèmes Complexes  
 SE3100 Droit  
**SH1100** Activités d'ouverture culturelle — Session 1  
 SH1200 Activités d'ouverture culturelle — Session 2  
 SH1300 Philosophie des sciences  
 SH1500 Epistémologie des sciences  
 SP1200 Éducation physique et sportive  
 WL1200 Ateliers développement professionnel et leadership  
 WP1200 Projet sur les grands enjeux du 21<sup>ème</sup> siècle

### *Électif 01*

EN1200 Mécanique des fluides  
**EN1201** Mécanique des Fluides  
**IS1220** Génie logiciel avec objets et composants  
 IS1310 Théorie des graphes pour l'informatique : algorithmes et applications  
 IS1410 Ingénierie numérique et collaborative  
 MA2822 Statistique avancée  
 MA2826 Mathématiques discrètes pour l'informatique  
 MG1200 Génie civil  
 PR1100 Introduction aux matériaux  
 PR3100 Génie des procédés et développement durable  
 SE2750 Modèles stochastiques et théorie des files d'attente et applications  
 WP2100 Développement Durable

## Semestre 7

**LC0000** Langues, culture et civilisation  
**LC1000** Anglais  
 LC2000 Français langue étrangère (FLE)  
 LC3000 Allemand  
 LC4000 Espagnol  
 LC5000 Italien  
 LC6000 Portugais  
 LC7000 Chinois  
 LC8000 Japonais  
 LC9000 Russe  
 LCA000 Arabe  
 LCB000 Suédois  
 SE1400 Économie  
 SE2910 Gestion de projet  
 SH2100 Jeux d'entreprise  
 SP2100 Éducation physique et sportive  
 WP5000 Approche philosophique de la stratégie et de l'innovation  
 WP5100 Projet innovation S7  
 WP6100 Projet associatif S7  
 WP8100 Stage opérateur de production  
 WP8110 Stage humanitaire

### *Électif 02*

**IS1220** Génie logiciel avec objets et composants  
 IS1410 Ingénierie numérique et collaborative  
 MA2630 Distributions et opérateurs  
 MG1200 Génie civil  
 PH2100 Ondes  
 PR3100 Génie des procédés et développement durable

SE1300 Finance d'entreprise, finance de marché

### *Électif 03*

EN1200 Mécanique des fluides

IS1230 Introduction aux bases de données

MA2300 Probabilités avancées

MG1400 Plasticité et rupture : comportement des matériaux

SE2200 Conception et innovation de produits et services (CIPS)

SH2550 Enjeux de société

### *Électif 04*

MA2100 Modélisation des risques financiers

MA2610 Calcul scientifique

**MG1300** Dynamique des structures et acoustique

**PH2450** Nouveaux enjeux industriels de la chimie

PR4200 Réseaux électriques

SE2300 Stratégie et marketing

SE2400 Production et distribution de biens et services

### *Électif 05*

IS2120 Systèmes Automatiques

MA2200 Optimisation

MG1500 Biomécanique

**MG1600** Nanomécanique

PH2300 Physique de la matière : du solide aux nano-matériaux

SE2920 Gestion de projets complexes

**SH2650** Science, Technologie, Société

### *Électif 06*

**EN1110** Transferts thermiques avancés

IS1510 Communications numériques et réseaux

**MA2823** Introduction à la théorie de l'apprentissage

PH2600 Relativités

**PR5210** Le génome

SE1600 Économie Avancée

SE3300 Introduction à la création d'entreprise

### *Électif 07*

MG1700 Design de maintenance de voie ferroviaire

SE2350 Vers une autonomie énergétique d'une région

**SH2300** Séminaires individus, travail, organisations

**SH2400** Séminaires International et interculturel

SH2500 Séminaires enjeux de société

SH2600 Science, Technologie, Société

SH2700 Innovation, Arts et créativité

## Semestre 8

**LC0000** Langues, culture et civilisation

**LC1000** Anglais

LC2000 Français langue étrangère (FLE)

LC3000 Allemand

LC4000 Espagnol

LC5000 Italien

LC6000 Portugais

LC7000 Chinois  
 LC8000 Japonais  
 LC9000 Russe  
 LCA000 Arabe  
 LCB000 Suédois  
 SP2200 Éducation physique et sportive  
 WP5200 Projet innovation S8  
 WP5210 Projet innovation S8 court  
 WP6200 Projet associatif S8  
 WP6210 Projet associatif S8 court

*Module SHS, semaine réservée 1*

**SH3200** Séminaires individus, travail, organisations  
 SH3300 Science, Technologie, Société  
**SH3400** Séminaires International et interculturel  
 SH3500 Séminaires enjeux de société  
 SH3600 Innovation, Arts et créativité

*Module SHS, semaine réservée 2*

SH3300 Science, Technologie, Société

*Électif 08*

EN1200 Mécanique des fluides  
**EN1201** Mécanique des Fluides  
**IS1220** Génie logiciel avec objets et composants  
 IS1310 Théorie des graphes pour l'informatique : algorithmes et applications  
 MA2822 Statistique avancée  
 MA2826 Mathématiques discrètes pour l'informatique  
 MG1200 Génie civil  
**PH2814** Science-fiction et physique  
 PR1100 Introduction aux matériaux  
 PR3100 Génie des procédés et développement durable  
**SE2500** Supply chain management  
 SE2750 Modèles stochastiques et théorie des files d'attente et applications  
 WP2100 Développement Durable

*Électif 09*

**EN1500** Ingénierie nucléaire  
**MA2500** Traitement du signal et codage dépouillé  
 MA2824 Géométrie différentielle  
 MG2814 Économie et conception de barrages  
**PH2812** Introduction à la physique atomique et moléculaire  
**PH2813** Matériaux avancés et nouveaux composants pour les technologies de l'information et de la communication  
 SE1500 Modélisation d'entreprise  
**SE2550** Introduction à la fonction Achat

*Électif 10*

**EN1400** Modélisation et simulation de la combustion  
 EN1700 Eléments de neutronique et de physique des réacteurs nucléaires  
 IS1350 Logique mathématique pour l'informatique  
 MA2620 Equations différentielles et systèmes dynamiques  
 MG2816 Microsystèmes électromécaniques (MEMS)  
**PR4300** Cogénération et production d'énergie  
 SE2700 Modélisation pour l'aide à la décision  
 SE3200 Droit 2

*Électif 11*

EN1600 Énergies renouvelables

**IS1240** Calcul intensif pour les sciences de l'ingénieur et la finance

**IS1250** Programmation pour dispositifs mobiles

MA2825 Algèbre et cryptologie

MG2812 Initiation à l'acoustique industrielle et musicale

**PH2500** Physique mathématique moderne

**SE2650** Évaluation et maîtrise des risques

WL2100 Leadership de l'ingénieur en projet

*Électif 12*

**EN1120** Transferts thermiques

**MA2814** Introduction à la modélisation aléatoire

MA2815 Modélisation mathématique pour la biologie

**MA2827** Fondements de l'optimisation discrète

**MG2817** Applications de la méthode des éléments finis

PH2820 Technologies opto-électroniques

**PH2821** Applications de la physique statistique à des systèmes socio-économiques complexes

PR2100 Traitement de l'eau et protection des nappes souterraines

**SE2800** Ordonnancement et planification des activités

*Électif 13, 5 mardis*

MG2920 Module expérimental – Construction durable et architecture

PH2930 Physique nucléaire - Module expérimental

*Électif 13, semaine réservée 1*

**EN2910** Aircraft Design

**PH2200** Synchrotron X-ray Beamline Design

*Électif 13, semaine réservée 2*

**EN2910** Aircraft Design

EN2930 Ingénierie de systèmes complexes : Application aux moteurs automobiles

**IS2960** Module expérimental – Électronique

**MG2818** Exploration et production pétrolière

WL2200 Métier de l'ingénieur, éthique et responsabilité

*Les codes en gras indiquent les cours qui peuvent être suivis en anglais.*