

# PARCOURS ÉLECTIF S9 DEUX SECTEURS

PROGRAMME DES ENSEIGNEMENTS  
2020-2021



<b>LES MODULES SPÉCIFIQUES OPTIONS - MSO (2020-2021)</b>	<b>8</b>
<b>AÉRONAUTIQUE</b>	<b>9</b>
Conférences	10
Projet Avion	11
Projet spécifique : Acoustique et Vibrations	12
Projet spécifique : Guidage et Pilotage	13
Projet spécifique : Matériaux et Structures	14
Projet spécifique : Propulsion	15
<b>ENERGIE</b>	<b>16</b>
Energie Embarquée	17
Nouveaux carburants	19
Pétrole et Gaz	18
Production thermique	20
Projet EN	21
Energie d'Infrastructure	22
Ingénierie nucléaire	25
Production thermique	24
Projet EN	26
Réseaux d'énergie	23
<b>BIO-INGÉNIERIE ET NANOTECHNOLOGIES</b>	<b>27</b>
Bio-ingénierie	28
Bio-informatique, bio-statistique et modélisation	32
Bioproduction	31
Conférences	33
Imageries médicales	29
Interactions matériau-vivant	30
Projet	34
Nanotechnologies	35
Conférences	40
Guidage photonique	38
Mémoires pour l'internet des objets	36
Nano-optiques	39
Projet	41
Surfaces intelligentes	37
<b>GÉNIE CIVIL ET ENVIRONNEMENT</b>	<b>42</b>
Ouvrages	43
Constructions	44
Ouvrages de transport	45
Projet GCE	46

Environnement	47
Advanced building physics	51
Bioremédiation	53
Hydrogéologie	50
Projet ENV	52
Qualité et traitement des eaux	48
Systèmes d'information géographique (SIG)	49
Energie Bâtiment Durable	54
Confort du bâtiment	55
Projet d'option GCE	57
Systèmes d'énergies renouvelables	56
Bâtiment Durable	58
Confort du bâtiment	59
Projet d'option GCE	61
Systèmes d'énergies renouvelables	60
<b>INFORMATIQUE</b>	<b>62</b>
Apprentissage structuré profond	66
Calcul et modélisation géométrique pour l'informatique graphique	68
Internet des objets	65
Les systèmes d'information par la pratique	64
Projet Informatique	70
Système temps réel, embarqué et mobile	69
Technologies informatiques du Big Data	63
Vision par ordinateur	67
<b>MATHÉMATIQUES ET DÉCISION</b>	<b>71</b>
Mathématiques et Ingénierie du Risque	72
Advanced Tools for Learning: when Convexity meets Sparsity	73
Introduction aux mathématiques financières	74
Problèmes inverses et imagerie	75
Projet MIR	76
Aide à la décision pour l'entreprise	77
Projet ADE	81
Simulation de décisions opérationnelles	78
Simulation de décisions stratégiques et financières	79
Systèmes et outils d'aide à la décision	80
<b>TRANSPORT ET TRAFIC</b>	<b>82</b>
Trafic et environnement	83
Ingénierie des transports	85
Logistique des Transports	87
Projet TT	88
Sécurité des transports	86
Transports et Société	84
Visites de sites	89

Technologies des véhicules	90
Dynamique des véhicules	93
Ingénierie des transports	92
Organes et architecture véhicule	94
Projet TT	95
Transports et Société	91
Visites de sites	96
<b>LES MODULES OUVERTS SECTORIELS - MOS (2020-2021)</b>	<b>97</b>
Aérodynamique transsonique	98
Algorithmes pour la décision en entreprise	103
Bruit des Transports	99
Calculs Avancés en Dynamique des Véhicules	100
Choix des matériaux et des assemblages	105
Compatibilité électromagnétique des systèmes de puissance et interaction avec leur environnement	108
Contrôle Actif du Bruit et des Vibrations	101
Couches ultraminces et surfaces fonctionnalisées	102
Dynamique des mécanismes	107
Économétrie des Séries Temporelles	125
Ecoulements instationnaires en turbomachine	112
Energie et impact sur l'environnement	129
Entrepreneur	131
Génie de l'Océan et du Littoral	113
Géotechnique	118
Gestion des ressources naturelles	117
Informatique d'entreprise	115
Informatique Graphique	104
Ingénierie tissulaire et biomatériaux	122
Intrapreneur	130
Macro Energie	106
Microsystèmes, microcapteurs, microfluidique	124
Modélisation et gestion du trafic	111
Nouvelles Technologies de l'Information et de la Communication	116
Ouvrages de Production d'Energie	109
Phénomènes complexes en dynamique des structures	120
Pollution Atmosphérique	114
Problèmes en domaines non bornés : analyse mathématique et simulation numérique	119
Procédés généraux de construction	128
Stabilité des machines tournantes	126
Stratégie d'entreprise	123
Sureté de fonctionnement des systèmes et des structures	127
Véhicules hybrides : modélisation et gestion de l'énergie	110
Visualisation interactive de données	121

## Le semestre 9 à l'École Centrale de Lyon

Au S9, les élèves suivent :

- ◇ l'UE métier (septembre-novembre)
- ◇ l'UE secteur (janvier-mars)
- ◇ l'UE Module « ouvert » (octobre-décembre)
- ◇ l'UE langue.

### 1. L'UE métier

#### Le module spécifique métier (92h +30h projet)

Les élèves choisissent un métier de l'ingénieur parmi les huit suivants :

- ◇ IBDE - Ingénieur Business Développement
- ◇ ICS - Ingénieur Consultant
- ◇ ICO - Ingénieur Eco-Conception et Innovation
- ◇ IGO - Ingénieur Gestion des Opérations Industrielles
- ◇ IMR - Ingénieur Management des risques industriels et environnementaux
- ◇ IRD - Ingénieur Recherche Innovation et Développement
- ◇ ISC - Ingénieur Supply Chain
- ◇ IE – Ingénieur Entrepreneur

La note du module spécifique métier est calculée à partir des moyennes pondérées des actions de formation suivies dans chaque module.

#### Les MOM (28h)

En dehors de cette spécialisation, les élèves choisissent deux actions de formations parmi sept modules ouverts métiers (MOM) :

Créneau 1	Lundi 14h-16h
MOM 1.1	Systèmes d'ingénierie
MOM 2.1	Management de l'entreprise industrielle
MOM 3.1	Droit de l'entreprise
Créneau 2	Lundi 16h-18h
MOM 1.2	Management de la qualité
MOM 2.2	Intelligence économique et protection de l'information
MOM 3.2	Management des ressources humaines et des organisations
MOM 4.2	Risques Naturels et Technologiques

La note du module ouvert métier est égale à la moyenne des deux notes de MOM.

#### Évaluation de l'UE métier

La note d'UE est la somme pondérée du module spécifique métier (80%) et du module ouvert métier (20%). L'UE est validée si la moyenne de l'UE est supérieure à 10 **et** si la note de chaque action de formation au sein de chaque module est supérieure à 10.

### 2. L'UE secteur (164h +50h projet):

#### Un module spécifique option (MSO - 80h+50h projet):

Un élève choisit une option, représentative d'un secteur d'activité (avec filières), parmi les sept suivantes :

- ◇ AE - Aéronautique
- ◇ BIN - Bio-Ingénierie et Nanotechnologies
- ◇ EN - Énergie
- ◇ GCE - Génie Civil et Environnement
- ◇ INFO - Informatique
- ◇ MD - Mathématiques et Décision
- ◇ TT - Transport et Trafic

La note du module spécifique option est la moyenne pondérée des notes des modules spécifiques options. Le module est validé si cette moyenne est supérieure à 10.

### Les modules ouverts sectoriels (84h)

En dehors des actions de formation spécifiques à l'option, l'élève doit choisir 3 actions de formations parmi 32 modules ouverts sectoriels (MOS) :

<b>Créneau 1 Lundi 8h-12h</b>	
MOS 1.1	Aérodynamique transsonique
MOS 2.1	Algorithmes pour la décision en entreprise
MOS 3.1	Compatibilité électromagnétique des systèmes de puissance et interaction avec leur environnement
MOS 4.1	<b>Génie de l'océan et du littoral (anglais)</b>
MOS 5.1	Géotechnique
MOS 6.1	Ingénierie tissulaire et biomatériaux
MOS 7.1	<b>Stabilité des machines tournantes (anglais)</b>
MOS 8.1	Intrapreneur
<b>Créneau 2 Mercredi 8h-12h</b>	
MOS 1.2	Bruit des transports
MOS 2.2	Informatique graphique
MOS 3.2	Ouvrages de production d'énergie
MOS 4.2	Pollution atmosphérique
MOS 6.2	Stratégie d'entreprise
MOS 7.2	Sûreté de fonctionnement des systèmes et des structures
<b>Créneau 3 Mercredi 14h-18h</b>	
MOS 1.3	Calculs avancés en dynamique des véhicules
MOS 2.3	Choix des matériaux et des assemblages
MOS 3.3	Véhicules hybrides : modélisation et gestion de l'énergie
MOS 4.3	Informatique d'entreprise
MOS 5.3	<b>Problèmes en domaines non bornés : analyse mathématique et simulation numérique (anglais)</b>
MOS 6.3	Microsystèmes, microcapteurs, microfluidique
MOS 7.3	Procédés généraux de construction
MOS 8.3	Entrepreneur

<b>Créneau 4 Vendredi 8h-12h</b>	
MOS 1.4	<b>Contrôle actif du bruit et des vibrations (anglais)</b>
MOS 2.4	Macro énergie
MOS 3.4	Modélisation et gestion du trafic
MOS 4.4	Nouvelles technologies de l'information et de la communication
MOS 5.4	Phénomènes complexes en dynamique des structures
<b>Créneau 5 Vendredi 13h30-17h30</b>	
MOS 1.5	Couches ultraminces et surfaces fonctionnalisées
MOS 2.5	Dynamique des mécanismes
MOS 3.5	Écoulements instationnaires en turbomachine
MOS 4.5	<b>Gestion des ressources naturelles (anglais)</b>
MOS 5.5	Visualisation interactive de données
MOS 6.5	Économétrie des séries temporelles
MOS 7.5	Énergie et impact sur l'environnement

La note de MOS est égale à la moyenne des 3 notes de MOS.

#### **Évaluation de l'UE Secteur**

La note d'UE est la somme pondérée du module spécifique option (50%) et du module ouvert secteur (50%). L'UE est validée si la moyenne de l'UE est supérieure à 10 **et** si la note de chaque action de formation (les 3 MOS et la note d'option) est supérieure à 10.

### **3. L'UE « Module Ouverts Disciplinaires » (180h)**

Dans cette UE, l'élève doit choisir 6 actions de formation parmi une cinquantaine de cours. En fonction des masters suivis, certaines AF peuvent remplacer un cours de master et vice et versa.

Liste des 50 cours en livret séparé.

#### **Évaluation de l'UE MOD**

La note de l'UE MOD est la moyenne des notes des 6 actions de formations. L'UE est validée si chaque note est supérieure à 10.

### **4. L'UE langue**

## **Le semestre 10 : Le travail de fin d'études (TFE)**

Le Travail de Fin d'Études clôt la formation d'ingénieur via une mission de 5 à 6 mois en entreprise ou dans un laboratoire. L'élève mène à bien une étude de haut niveau sur les plans scientifiques, techniques et méthodologiques. Le TFE se conclut par la rédaction d'un mémoire écrit et une soutenance orale devant un jury.

# **LES MODULES SPÉCIFIQUES OPTIONS - MSO (2020-2021)**

## **RESPONSABLES**

**Grégory VIAL, directeur des études**

**Ségolène CALLARD, directrice adjointe au tronc commun**





## Présentation

L'option aéronautique donne aux élèves des savoirs et savoir-faire utiles à la conception d'un aéronef. L'aéronautique est un secteur qui fait appel à une grande variété de disciplines. Dans le cadre de l'option, les élèves définissent leur propre parcours parmi les disciplines: aérodynamique, acoustique, automatique, matériaux, et mécanique des structures. La formation est conçue autour de projets. L'élève ingénieur est amené à mettre en oeuvre un savoir académique intégrant des aspects tant transversaux que spécifiques. A partir de la conception simplifiée d'un avion d'affaires (projet commun), les différents projets spécifiques focalisent sur un élément (turboréacteur, voilure, fuselage...) ou sur une problématique (acoustique, matériaux, commandes...) afin d'évoluer par exemple vers un avion moins consommateur, moins polluant, ou moins bruyant.

## Départements/laboratoires

LMFA, LTDS, Ampère

## Programme

AE 3.1: cycle de conférences

AE 3.2: projet de pré-dimensionnement d'un avion d'affaires

Un projet spécifique, à choisir parmi quatre:

AE 3.31: Acoustique et Vibrations

AE 3.32: Automatique

AE 3.33: Matériaux et Structures

AE 3.34: Propulsion

## Compétences visées

- ◇ Formuler un problème d'ingénierie dans le secteur de l'aéronautique
- ◇ Modéliser un système complexe.
- ◇ Analyser un problème pluridisciplinaire.
- ◇ Mobiliser des savoirs et savoir-faire pour la conception détaillée d'un système.

## Débouchés

Groupe SAFRAN (Safran Aircraft Engines, Safran Helicopter Engines, Safran Nacelles, ...), groupe Airbus (Airbus, Airbus Helicopters), Dassault Aviation, ONERA, CNES Toulouse, Hexcel composites...

## Pré-requis

Tronc commun de l'École Centrale de Lyon, ou équivalent.

Pour le projet Propulsion (AE 3.34): un MOS à choisir entre 1.1 et 3.5, et un MOS à choisir entre 5.4 et 7.1.

## Évaluation

AE 3.1 : 15%, AE 3.2 : 25%, AE 3.3 (1,2 ou 3) : 60%



AF AE 3.1

## CONFÉRENCES

*CONFÉRENCES*

**Responsable(s) : Olivier Dessombz**

| Cours : 0 h | TD : 0 h | TP : 0 h | Autonomie : 0 h | BE : 20 h | Projet : 0 h | langue du cours :  |

### Objectifs de la formation

Le cycle de conférences vise à fournir une vision élargie des différents secteurs et métiers de l'aéronautique.

Mots-clés :

#### Programme

Cycle de 10 conférences de 2 heures, assurées par des ingénieurs en activité dans différents secteurs/métiers de l'aéronautique.

#### Compétences

- ◇ avoir une vision élargie du domaine aéronautique
- ◇ identifier les défis à relever dans le domaine de l'aéronautique
- ◇ connaître les débouchés proposés par l'option aéronautique

#### Contrôle des connaissances

Participation



## PROJET AVION

AIRCRAFT DESIGN PROJECT

Responsable(s) : D. Constant, O. Gavouyère (Dassault Aviation), J. Boudet

| Cours : 0 h | TD : 0 h | TP : 0 h | Autonomie : 0 h | BE : 38 h | Projet : 0 h | langue du cours :  |

### Objectifs de la formation

~~~~~  
Ce projet vise à étudier le pré-dimensionnement d'un avion d'affaires, à partir d'un cahier des charges donné (nombre de passagers, rayon d'action, longueur de piste...). Il permet d'aborder l'avion dans sa globalité, au travers de modèles simplifiés, et initie à l'ingénierie de la conception basée sur des itérations multiples. Ce projet est en partenariat avec Dassault Aviation.

Mots-clés : avion d'affaires, pré-dimensionnement  
~~~~~

#### Programme

Ce projet se compose de deux phases :

Phase 1 : analyser et compléter un outil de pré-dimensionnement, puis l'utiliser pour concevoir un avion en réponse à un cahier des charges imposé.

Phase 2 : approfondissement. Par exemple : réalisation d'une maquette d'aile et étude en soufflerie, amélioration des modèles de pré-dimensionnement, étude des sensibilités...

#### Compétences

- ◇ Identifier l'influence de paramètres caractéristiques d'un avion sur ses performances
- ◇ Elaborer et mettre en oeuvre un processus de dimensionnement sur un problème pluridisciplinaire
- ◇ Critiquer et proposer des modèles adaptés à une phase de pré-dimensionnement

#### Travail en autonomie

**Objectifs :** Progresser dans le pré-dimensionnement de l'avion.

**Méthodes :** Chaque groupe de quatre élèves exploite les documents fournis, les logiciels mis à disposition et les compétences de l'équipe d'encadrement.

#### Bibliographie

D.P. RAYMER. *Aircraft Design: A Conceptual Approach*. AIAA, 2012.

L. JENKINSON, J. MARCHMAN. *Aircraft Design Projects*. Elsevier, 2003.

J.D. ANDERSON. *Aircraft Performance and Design*. McGraw-Hill, 1999.

#### Contrôle des connaissances

Évaluation des rendus intermédiaires et finaux du projet qui peuvent prendre différentes formes : note de calcul, résultats de dimensionnement, exposé



## PROJET SPÉCIFIQUE : ACOUSTIQUE ET VIBRATIONS

*ELECTIVE PROJECT: ACOUSTICS AND VIBRATIONS*

Responsable(s) : Vincent Clair, Sébastien Besset

| Cours : 0 h | TD : 0 h | TP : 0 h | Autonomie : 0 h | BE : 72 h | Projet : 0 h | langue du cours :  |

### Objectifs de la formation

Le projet a pour objet d'évaluer les nuisances vibratoires et acoustiques liées à l'avion, en distinguant les nuisances produites par l'aéronef aux abords des aéroports, c'est-à-dire le bruit externe, et les nuisances subies par l'aéronef en termes de bruit interne ou de tenue mécanique.

Un des objectifs de ce projet est d'obtenir un dimensionnement intégrant plusieurs contraintes liées à l'environnement et / ou à la sécurité, sans négliger pour autant la performance et la robustesse de l'aéronef.

Mots-clés :

#### Programme

Les études proposées, qui seront définies en accord avec la sensibilité des élèves, feront appel à une forte interdisciplinarité afin de bien mettre en lumière l'origine des nuisances, et d'examiner des solutions de dimensionnement réalistes. On mentionne ci-dessous quelques sujets de projet qui ont été réalisés ces dernières années :

Études d'impact au voisinage des aéroports pour le décollage et l'atterrissage.

Optimisation du trafic et des trajectoires pour réduire la trace au sol des nuisances sonores.

Estimation des niveaux de bruit et de vibrations induits par l'écoulement en vol de croisière pour le bruit interne.

Localisation de sources acoustiques surfaciques à partir de la connaissance du bruit dans l'habitacle.

#### Contrôle des connaissances

Participation, compte-rendu écrit et soutenance



## PROJET SPÉCIFIQUE : GUIDAGE ET PILOTAGE

*ELECTIVE PROJECT : GUIDANCE AND CONTROL*

Responsable(s) : Laurent Bako, Anton Korniienko, Paolo Massioni

| Cours : 0 h | TD : 0 h | TP : 0 h | Autonomie : 0 h | BE : 0 h | Projet : 72 h | langue du cours :  |

### Objectifs de la formation

Le développement des vols inhabités (aérospatial) a entraîné le développement de méthodes de commande puissantes adaptées aux contraintes fortes de ce domaine : multi-actionneurs multi-capteurs avec des exigences de performance importantes. Ces méthodes ont été très rapidement déployées dans l'aéronautique militaire (réactivité) avant de diffuser massivement dans l'aéronautique civile. Avec le renforcement de la concurrence, il est crucial de gérer au mieux l'énergie afin de limiter les coûts de revient tout en assurant le confort et la sécurité des passagers, ce qui rend indispensable les systèmes de commande. L'objectif de ce projet est de former aux méthodes de conception et de validation (robustesse) des systèmes de commande performants, incontournables dans l'industrie aéronautique.

**Mots-clés :** Automatique, Commande multi-actionneurs multi-capteurs (multivariable), Mécanique du vol, Robustesse

#### Programme

Il est possible de décomposer le travail à réaliser en trois phases :

Une première étape d'étude bibliographique dans laquelle il s'agira de se familiariser à quelques notions de dynamique de vol, comprendre le modèle de mouvement latéral, formaliser le cahier de charges pour la conception des lois de commande. Un cours de mécanique du vol d'une dizaine d'heures sera dispensé dans cette étape.

Une deuxième étape de conception proprement dite des correcteurs. En fonction du cahier des charges, les élèves sont amenés à choisir parmi un ensemble de méthodes multivariables (placement de pôles, H-infini, LQG, ...), une méthode adéquate pour le calcul du correcteur.

Une troisième étape de validation par application des méthodes d'analyse de la robustesse.

#### Compétences

- ◇ Savoir formaliser le cahier des charges d'un système de commande
- ◇ Savoir concevoir un algorithme de commande multivariable répondant à un cahier des charges complet
- ◇ Savoir analyser la robustesse d'un système de commande
- ◇ Savoir appliquer les compétences ci-dessus sur un avion de transport civil

#### Bibliographie

- D. ALAZARD, C. CUMER, P. APKARIAN, M. GAUVRIT ET G. *Robustesse et commande optimale*. Cépaduès éditions, 1999.
- A. E. BRYSON. *Control of aircraft and spacecraft*. Princeton University Press, 1994.
- S. SKOGESTAD AND I. POSTLETHWAITE. *Multivariable feedback control: analysis and design*. Wiley-BlackWell, 2005.

#### Contrôle des connaissances

Participation, compte-rendu écrit et soutenance



AF AE 3.33

## PROJET SPÉCIFIQUE : MATÉRIAUX ET STRUCTURES

*ELECTIVE PROJECT: MATERIALS AND STRUCTURES*

Responsable(s) : Michelle Salvia, Bruno Berthel

| Cours : 0 h | TD : 0 h | TP : 0 h | Autonomie : 0 h | BE : 72 h | Projet : 0 h | langue du cours :  |

### Objectifs de la formation

Le projet s'intéressera à un système particulier pour en réaliser une étude approfondie en partant du cahier des charges fonctionnel. Par exemple : Assemblage de fuselage d'avion (Mécanique des Structures + Matériaux). Amortissement de panneaux sandwich pour plancher d'avion (Mécanique des Structures + Matériaux). Assemblage par collage de composites de l'aéronautique : contrôle non destructif et caractérisation (Matériaux).

Mots-clés :

**Contrôle des connaissances**

Participation, compte-rendu écrit et soutenance



## PROJET SPÉCIFIQUE : PROPULSION

*ELECTIVE PROJECT : PROPULSION*

Responsable(s) : Jérôme Boudet, Laurent Blanc

| Cours : 0 h | TD : 0 h | TP : 0 h | Autonomie : 0 h | BE : 72 h | Projet : 0 h | langue du cours :  |

### Objectifs de la formation

Le projet consiste en la conception d'un réacteur d'avion, du point de vue de l'aérodynamique et de la mécanique des structures (statique et dynamique). La pluridisciplinarité de la conception s'appuie sur une organisation des élèves en mode projet.

**Mots-clés** : turboréacteur, compresseur, turbine, aérodynamique, thermodynamique, mécanique des structures, dynamique d'ensemble

#### Programme

Pour commencer, des calculs de cycles thermodynamiques permettent de définir l'architecture globale du réacteur afin de fournir la poussée déterminée lors du projet avion. Une analyse unidimensionnelle conduit ensuite à la définition du nombre de composants constituant ce moteur. Des 'zooms' sur des composants particuliers sont enfin réalisés afin d'aborder des exemples concrets et approfondis d'expertise. Par exemple:

- Conception détaillée d'étages de compresseur, à partir de simulations mécaniques et aérodynamiques 3D. Gestion des contraintes combinées de l'aérodynamique et de la mécanique.
- Analyse de la dynamique d'ensemble (arbre, disques, liaisons...).

Deux séries de cours viennent en soutien à la réalisation du projet:

- Simulations en aérodynamique
- Dynamique d'ensemble

#### Compétences

- ◇ formuler un problème d'ingénierie
- ◇ rassembler des savoirs et savoir-faire pour la conception détaillée d'un système

#### Bibliographie

N.A. CUMPSTY. *Compressor Aerodynamics*. Krieger Pub, 2004.

B. LAKSHMINARAYANA. *Fluid dynamics and heat transfer of Turbomachinery*. John Wiley and Sons, Inc., 1996.

#### Contrôle des connaissances

Participation, compte-rendu écrit et soutenance



### Présentation

La disponibilité d'une énergie en quantité suffisante et à un coût raisonnable est fondamentale pour le développement actuel et futur des sociétés modernes. Si le problème énergétique est identifié comme un des défis majeurs que devront relever les prochaines générations, il s'inscrit d'ores et déjà dans les préoccupations essentielles du monde actuel tant au niveau industriel qu'au niveau de la société en général (transition énergétique, impacts environnementaux). Les enseignements dispensés dans cette option veulent donner une vision la plus large possible du problème énergétique aussi bien à long terme que dans ses implications industrielles et sociétales actuelles : comprendre comment sont élaborées les politiques de développement et structurées les filières d'approvisionnement et de distribution.

### Départements/laboratoires

STMS, EEA

### Programme

Une filière au choix: "Energie Embarquée" EE (pétrole, gaz, biocarburants, hydrogène, PAC).

ou

"Énergie d'Infrastructure" EI (réseaux, nucléaire).

Cours commun aux 2 filières "production thermique" (cogénération méthanisation PV bois éoliennes...)

### Compétences visées

- ◇ Identifier les possibles voies de progrès dans le secteur de l'énergie.
- ◇ Evaluer et quantifier les apports énergétiques, environnementaux et économiques des différentes filières énergétiques.
- ◇ Appréhender un projet de production d'énergie dans sa globalité
- ◇ Être capable de mener un projet dans le domaine de l'énergie.

### Débouchés

Industries du secteur énergétiques (technique, commercial, trading).

- Industries du transport et des secteurs à fortes consommations.
- Collectivités territoriales
- Conseil.

Entreprises : EDF, RTE, TOTAL, AREVA, POWERNEXT, CEA, IFP, Groupe SUEZ, CNR, ADEME....

### Pré-requis

Dépend de la filière. De manière générale en sciences de l'ingénieur : thermodynamique, mécanique énergétique, génie électrique).

### Évaluation

Dépend de la filière concernée.

### Site web de l'option

[www.option-energie.ec-lyon.fr](http://www.option-energie.ec-lyon.fr) (en construction)

### Informations complémentaires

Les aspects sur la transition énergétique (énergies renouvelables, impacts environnementaux) sont abordés aussi bien dans les filières que dans les Modules Ouverts Sectoriels associés à l'option.





### Présentation

La filière « Énergie embarquée » présente la chaîne complète d'extraction et de transformation des ressources énergétiques classiques (pétrole, gaz, charbon, de la prospection à la distribution), présente le développement de sources alternatives (bio-carburants, hydrogène, bois) et les approches de co-génération. L'ensemble est présenté dans un contexte de modification des filières énergétiques, en lien avec les questions environnementales et la problématique du bouquet énergétique. Comment articuler les structures industrielles et économiques actuelles pour augmenter la part d'énergie primaire renouvelable (biomasse, éolien, solaire...) en partant de la connaissance des systèmes actuels de production d'énergie, à l'échelle planétaire ?

Une partie significative des enseignements de EE est commune avec la filière "Energie d'Infrastructure", car il est important de savoir relier les problématiques des sources d'énergies et des réseaux d'énergie.

### Départements/laboratoires

STMS

### Programme

EE 3.1 - Pétrole et Gaz

EE 3.2 - Énergie de substitution

EE 3.3 - Cogénération

Un projet.

### Compétences visées

- ◇ Appréhender toutes les dimensions scientifiques et techniques d'un projet dans le secteur de l'énergie
- ◇ Comprendre, à communiquer en anglais dans les domaines de l'énergie
- ◇ Intégrer les règles et normes qualité / sécurité / environnementales dans les industries de production et d'acheminement d'énergie
- ◇ Prendre en compte les enjeux sociétaux, juridique, financier, économique, réglementaire

### Débouchés

Exemple d'Entreprises partenaires et Recruteurs  
IFPEN, TOTAL, ENGIE, Technip, Subsea...

### Pré-requis

MOD imposé: « Energie, stockage et conversion » .

MOS imposé: « Macro énergie ».

MOS recommandé : "Energie et impact sur l'environnement"

### Évaluation

EE3.1 : 29% , EE3.2 : 24% , EE3.3 : 17% , EE3.4 : 30%

### Site web de l'option

[www.option-energie.ec-lyon.fr](http://www.option-energie.ec-lyon.fr) (en construction!)

### Informations complémentaires

Autres modules ouverts conseillés : "Système électrique", "Eoliennes", "Turbines pour la production d'énergie", "Gestion de l'énergie dans le transport"




AF EE 3.1

## PÉTROLE ET GAZ

*OIL AND GAS*

Responsable(s) : J.P. CLOAREC

| Cours : 33 h | TD : 0 h | TP : 0 h | Autonomie : 0 h | BE : 0 h | Projet : 0 h | langue du cours :  |

### Objectifs de la formation

La filière pétrole gaz joue un rôle prépondérant depuis le début des années soixante dans la consommation énergétique de la plupart des pays développés et elle correspond à un secteur industriel clairement identifié. Certaines activités vitales comme les transports sont totalement tributaires de cette filière et quelle que soient les mesures prises pour palier à cette situation, la filière pétrole/gaz restera incontournable à l'échelle de quelques décennies. Ce module d'enseignement couvrira les différents domaines techniques de cette filière : de la prospection à l'utilisation finale en passant évidemment par l'extraction, le raffinage et la distribution.

Mots-clés : Pétrole ; gaz; carburants fossiles ;




AF EE 3.2

## **NOUVEAUX CARBURANTS**

*ALTERNATIVE FUELS*

**Responsable(s) : J.P. CLOAREC**

| Cours : 26 h | TD : 0 h | TP : 0 h | Autonomie : 0 h | BE : 0 h | Projet : 0 h | langue du cours :  |

### **Objectifs de la formation**

Un des moyens pour réduire l'impact environnemental de l'utilisation de l'énergie est de développer des sources alternatives d'énergie. En particulier dans le domaine des transports, l'objectif est développer des technologies crédibles pouvant remplacer essence et diesel sur le marché des carburants. Dans le cours "carburant de substitution", nous présentons comment les biocarburants, l'hydrogène peuvent être envisagés comme des sources alternatives réalistes. Au-delà de la problématiques de l'industrie des transports, nous présentons aussi des approches variées allant du bois aux piles à combustible.

**Mots-clés** : Carburants; substitution ; environnement ;



## PRODUCTION THERMIQUE

### COGENERATION

Responsable(s) : E. VAGNON

| Cours : 0 h | TD : 0 h | TP : 0 h | Autonomie : 0 h | BE : 0 h | Projet : 0 h | langue du cours :  |

### Objectifs de la formation

Le cours "production thermique" est un cours commun aux deux filières EE et EI. Il présente des approches variées, utiles aux deux filières, pour produire / gérer de la chaleur ; il présente aussi des formes d'énergies renouvelables. L'ensemble de ces questions est abordé du point de vue technique, législatif, économique, environnemental.

**Mots-clés** : cogénération, méthanisation, filière bois, combustibles solides, énergie éolienne, photovoltaïque, digitalisation des industries de l'énergie, financement de projets énergétiques

#### Programme

- Charbon/Gaz : Ce module portera sur les techniques de combustion dans les grandes chaudières et dans les turbines avec leur mise en oeuvre technologique. L'aspect combustion « propre » sera évidemment abordé.
- Cogénération : Elle permet de valoriser des combustibles à faible pouvoir calorifique et de diminuer les coûts du poste énergétique. L'optimisation des installations dépend de nombreux paramètres : techniques, économiques et législatif qui seront présentés dans ce cours
- Filière Bois : La filière bois illustre la tendance actuelle consistant à diversifier les ressources énergétiques en utilisant le potentiel de la biomasse et en favorisant le industriel local. Les aspects énergétiques et économiques seront présentés dans ce cours.



**AF EE 3.4**

## **PROJET EN**

*PROJECT EN*

### **Responsable(s) :**

| Cours : 0 h | TD : 0 h | TP : 0 h | Autonomie : 0 h | BE : 0 h | Projet : 0 h | langue du cours : |

### **Objectifs de la formation**

.....

### **Mots-clés :**

.....



### Présentation

Les infrastructures d'énergie constituent l'ossature des sociétés industrielles. La filière «Energie d'infrastructure» est consacrée aux aspects techniques et économiques des infrastructures énergétiques à l'échelle d'un pays, d'une ville ou d'un site industriel de taille importante (production et distribution de l'énergie électrique, co-génération...).

### Départements/laboratoires

E.E.A.

### Programme

3 Actions de Formation + Un projet (50h/élève)  
1 - Réseaux d'énergie  
2 - Production Thermique  
3 - Ingénierie nucléaire

### Compétences visées

- ◇ Appréhender toutes les dimensions scientifiques et techniques d'un projet dans le secteur de l'énergie
- ◇ Intégrer les règles et normes qualité / sécurité / environnementales dans les industries de production et d'acheminement d'énergie
- ◇ Associer les logiques économiques / responsabilité sociétale et écoresponsabilité
- ◇ Prendre en compte la dimension internationale
- ◇ Proposer un ou plusieurs scénarii de résolution sur des études de cas industriel

### Débouchés

Entreprises : EDF, RTE, CNR, AREVA, POWERNEXT, CEA....

### Pré-requis

MOD imposé : « Energie, stockage et conversion » .

MOS imposé : « Macro énergie »,

MOS recommandés : « le Système électrique », "Energie et impact sur l'environnement"

### Évaluation

EI3.1 : 22%, EI3.2 : 25%, EI3.3 : 23%, EI3.4 : 30%

### Informations complémentaires


MOD conseillés : « Énergie Nucléaire », "Turbines pour la production d'énergie", "Eoliennes"



## RÉSEAUX D'ÉNERGIE

ENERGY NETWORKS

Responsable(s) : D. VOYER

| Cours : 14 h | TD : 0 h | TP : 8 h | Autonomie : 0 h | BE : 4 h | Projet : 0 h | langue du cours :  |

### Objectifs de la formation

Les réseaux jouent un rôle central dans le système électrique (grands réseaux d'interconnexion, réseaux de site industriel, d'agglomération). La continuité et la qualité de la fourniture dépendent de la fiabilité de ses composants et des performances de la gestion du réseau. Ce module s'articule autour de 3 thématiques : technique Haute Tension ; alternateur ; production répartie

Mots-clés :

#### Programme


- Technique Haute Tension : La transmission des hautes puissances passe inévitablement par la mise en oeuvre de tensions élevées qui nécessite la maîtrise d'une technologie spécifique.
- Alternateur : La production électrique se fait essentiellement au travers d'une conversion électromécanique réalisée très souvent par des alternateurs. Ce cours permet d'acquérir les notions minimales pour de comprendre le pilotage de ces systèmes.
- Production répartie : On assiste à une montée en puissance des moyens de production décentralisée (cogénération, éolien, solaire) introduisant des contraintes supplémentaires sur les réseaux. Les techniques de production répartie de l'énergie électrique et leurs contraintes seront présentées dans ce cours.



## PRODUCTION THERMIQUE

### THERMAL GENERATION

Responsable(s) : D. VOYER

| Cours : 28 h | TD : 0 h | TP : 0 h | Autonomie : 0 h | BE : 0 h | Projet : 0 h | langue du cours :  |

### Objectifs de la formation

Quand l'énergie thermique n'est pas l'énergie finale comme dans les applications de chauffage, elle correspond pratiquement toujours à une étape de la transformation des énergies primaires.

Mots-clés : Filière bois, charbon/gaz, cogénération

#### Programme

- Charbon/Gaz : Ce module portera sur les techniques de combustion dans les grandes chaudières et dans les turbines avec leur mise en oeuvre technologique. L'aspect combustion « propre » sera évidemment abordé.
- Cogénération : Elle permet de valoriser des combustibles à faible pouvoir calorifique et de diminuer les coûts du poste énergétique. L'optimisation des installations dépend de nombreux paramètres : techniques, économiques et législatif qui seront présentés dans ce cours
- Filière Bois : La filière bois illustre la tendance actuelle consistant à diversifier les ressources énergétiques en utilisant le potentiel de la biomasse et en favorisant le industriel local. Les aspects énergétiques et économiques seront présentés dans ce cours.






AF EI 3.3

## INGÉNIERIE NUCLÉAIRE

*NUCLEAR ENGINEERING*

Responsable(s) : Yves ROBACH

| Cours : 27 h | TD : 0 h | TP : 0 h | Autonomie : 0 h | BE : 0 h | Projet : 0 h | langue du cours :  |

### Objectifs de la formation

~~~~~

Ce cours apporte les éléments d'approfondissement essentiels pour ceux qui seraient amenés à travailler dans le domaine des énergies nucléaires de fission ou de fusion. Concernant l'énergie nucléaire de fission, il portera sur 2 aspects intimement liés à la sûreté nucléaire: la thermohydraulique du coeur d'une part et l'analyse de risque appliquée spécifiquement au domaine nucléaire d'autre part. Concernant l'énergie nucléaire de fusion, ce module permettra d'approfondir la physique des plasmas, les problèmes d'interactions plasma – matière et les aspects liés au confinement magnétique.

Mots-clés : Fission nucléaire, fusion nucléaire

~~~~~

#### Programme

Le module se déroule en deux parties : une partie sur la fission et une partie sur la fusion.

#### Compétences

- ◇ Etre capable d'identifier les grands enjeux énergétiques dans le domaine du nucléaire.
- ◇ Identifier les risques en sûreté nucléaire.
- ◇ Appréhender les verrous technologiques liés à la fusion nucléaire.



**AF EI 3.4**

## **PROJET EN**

*PROJECT*

### **Responsable(s) :**

| Cours : 0 h | TD : 0 h | TP : 50 h | Autonomie : 0 h | BE : 0 h | Projet : 0 h | langue du cours : |

### **Objectifs de la formation**

---

Mots-clés :

---



# BIO-INGÉNIERIE ET NANOTECHNOLOGIES

## Bio-engineering and nanotechnology

Responsable(s) : Laurenceau Emmanuelle, Vilquin Bertrand

130h

### Présentation

Cette option a pour objectif de donner une formation pluridisciplinaire chimie-biologie-physique aux élèves-ingénieurs leur permettant d'appréhender les applications récentes et futures des hautes technologies aux domaines de la bio-ingénierie (ou ingénierie pour le vivant) et des nanotechnologies.

Les compétences d'ingénieur généraliste acquises au cours des deux premières années seront complétées par des connaissances fondamentales en micro- et opto-électronique, en photonique, en nanosciences et en biologie. Les interactions entre ces différentes disciplines seront illustrées au travers de différents exemples : microcapteurs, matériaux fonctionnels, systèmes sur puces, imagerie médicale, biomatériaux, Big data,...

Les élèves-ingénieurs issus de cette formation seront des interlocuteurs privilégiés pour mener des projets à l'interface de ces différentes disciplines.

### Départements/laboratoires

STMS, EEA INL, LTDS, Ampère, LMFA

### Programme

BIN3.1 – Cycle de conférences (BIO3.5)

BIN3.2 - Projet d'option (BIO3.6)

1 filière au choix :

Filière Bio-Ingénierie (BIO)

Filière Nanotechnologies (NANO)

### Compétences visées

- ◇ comprendre les défis liés à la santé et aux nanotechnologies
- ◇ acquérir des connaissances en biologie et nanotechnologie
- ◇ comprendre les enjeux de la miniaturisation
- ◇ appliquer les connaissances à la résolution de problèmes pluridisciplinaires
- ◇ mettre en oeuvre des projets pluridisciplinaires

### Débouchés

Recherche et Développement, Qualité, Production, Conseil.

Secteurs d'activité: microélectronique et technologies de l'information, énergie, imagerie médicale, industrie pharmaceutique et cosmétique, agro-alimentaire et l'environnement.

### Pré-requis

2 MOS obligatoires au choix suivant la filière :

MOS 1.5 « Couches minces et surfaces fonctionnalisées »

MOS 6.1 « Ingénierie tissulaire et biomatériaux »

MOS 6.3 « Microcapteur, microsystème, microfluidique »

MOD : dépend de la filière choisie, certains MOD sont en équivalence de cours de Master

### Évaluation

BIN3.1 : 20%, BIN3.2 : 30%, Filière d'option : 50%

### Informations complémentaires

Masters Recherche co-accrédités :

Energie Electrique, Electronique, Automatique (3EA)

Ingénierie de la Santé (IdS)

Matériaux

NanoScale Engineering (NSE)



## Présentation

La bio-ingénierie concerne les technologies permettant de développer des outils de diagnostic et des traitements plus performants, de modéliser et simuler les processus biologiques et l'évolution du vivant, de concevoir de nouveaux matériaux et dispositifs miniaturisés et communicants pour développer une médecine personnalisée. Elle s'appuie sur les concepts et outils avancés de la physique, de l'optique, de la chimie et du génie chimique, du génie électrique, de la mécanique et du génie mécanique. L'objectif de cette filière est de permettre à des ingénieurs généralistes d'acquérir à la fois les connaissances techniques et scientifiques leur permettant de gérer des projets transversaux et de transfert de technologie. Alliant les sciences pour l'ingénieur et les sciences du vivant, cette filière propose des formations de haut niveau en interactions fortes avec les attentes industrielles et sociétales dans les domaines de la santé et du vivant.

## Départements/laboratoires

STMS, MFAE, MI / INL, LTDS,  
Ampère, LMFA, ICJ

## Programme

BIO3.1 – Imageries médicales  
BIO3.2 – Interactions matériau-vivant  
BIO3.3 – Bioproduction  
BIO3.4 – Bio-informatique, bio-statistique et modélisation

## Compétences visées

- ◇ Comprendre les défis et enjeux liés à la santé
- ◇ Acquérir des connaissances en biologie et nanobiotechnologie
- ◇ Appliquer les connaissances à la résolution de problèmes pluridisciplinaires
- ◇ Mettre en oeuvre des projets pluridisciplinaires

## Pré-requis

MOD imposé : MOD5.1 « Physiologie humaine et biotechnologie »  
MOS imposé : MOS 6.1 « Ingénierie tissulaire et biomatériaux »

## Évaluation

BIO3.1 : 25% ; BIO3.2 : 25% ; BIO3.3 : 25% ; BIO3.4 : 25%

## Informations complémentaires

MOD fortement recommandés : MOD 9.4 - Comportement des matériaux ; MOD 6.2 - Matière molle : nanosystèmes et interfaces biologiques ; MOD 6.6 - Dynamique des systèmes biologiques humains


MOS recommandés : MOS 6.3 - Microsystèmes, microcapteurs, microfluidique



## IMAGERIES MÉDICALES

MEDICAL IMAGING

Responsable(s) : Emmanuelle Laurenceau, Christelle Yéromonahos

| Cours : 0 h | TD : 0 h | TP : 0 h | Autonomie : 0 h | BE : 0 h | Projet : 0 h | langue du cours :  |

### Objectifs de la formation

A travers cette AF, 3 techniques principales d'imagerie et de traitement d'images seront abordées : la cryo-tomographie électronique, l'imagerie par rayons X et l'imagerie ultra-sonore. Des exemples concrets de reconstruction d'image et de modélisation ainsi que des manipulations sur appareils (RX, US) permettront d'appréhender la chaîne complète de la formation d'une image et son interprétation.

Mots-clés :

#### Programme

- Cours (6h) :
- Principe de la cryo-tomographie électronique
  - Principe de l'imagerie aux Rayons X
  - Principe de l'imagerie Ultra-sonore

TP (9h) : 1 atelier proposé chaque année sur une des 3 techniques d'imagerie

#### Compétences

- ◇ Comprendre les enjeux scientifiques de l'imagerie médicale en termes d'extraction de l'information
- ◇ Comprendre les difficultés liées à la reconstruction d'images à partir de mesures physiques et connaître les méthodes permettant de les surmonter
- ◇ Connaître les techniques de traitement du signal utilisées en imagerie ultrasonore

#### Contrôle des connaissances

50% savoir (rapport du travail en autonomie), 50% savoir-faire (compte-rendu d'atelier)



### **INTERACTIONS MATÉRIAU-VIVANT**

*LIVING-MATERIAL INTERACTIONS*

**Responsable(s) : Emmanuelle Laurenceau, Vincent Fridrici**

| Cours : 0 h | TD : 0 h | TP : 0 h | Autonomie : 0 h | BE : 0 h | Projet : 0 h | langue du cours :  |

### **Objectifs de la formation**

À travers cette AF, les aspects fondamentaux liés aux phénomènes biologiques, physico-chimiques et mécaniques impliqués lors du contact entre une surface et un milieu biologique seront traités. Le lien avec la bio-ingénierie des interfaces et son application sera abordé sous diverses formes : analyses d'articles, réalisation de dispositifs, bureau d'étude

Mots-clés :

#### **Programme**

Cours (3h) :

- Physico-chimie des interfaces
- Biomécanique des interfaces

BE (4h) : Tribo-mécanique du tissu vivant

TP (6h) : Réalisation d'un biocapteur à glucose

TD (2h) : Restitution de l'analyse d'articles scientifiques

#### **Compétences**

- ◇ Comprendre les enjeux biomécaniques du vieillissement et de la médecine prothétique
- ◇ Connaître quelques techniques de caractérisation des tissus vivants
- ◇ Mise en place d'un protocole expérimental
- ◇ Rédiger un rapport technique complet, correctement référencé

#### **Contrôle des connaissances**

35% savoir (rapport écrit du BE), 35% savoir-faire (compte-rendu d'atelier), 30% méthodologie (Présentation orale)



### **BIOPRODUCTION**

#### *BIOPRODUCTION*

**Responsable(s) : Emmanuelle Laurenceau, Florence Raynal**

| Cours : 0 h | TD : 0 h | TP : 0 h | Autonomie : 0 h | BE : 0 h | Projet : 0 h | langue du cours : |

### **Objectifs de la formation**

~~~~~  
Cette AF, permettra aux élèves-ingénieurs d'identifier les étapes de production d'une protéine recombinante ainsi que les différentes méthodes de purification, leurs rôles et intérêts dans les procédés de bioproduction. La production de protéines recombinantes par les méthodes de génie génétique est un procédé usuel dans la plupart des secteurs de la biotechnologie. Faisant appel à des méthodes parfaitement maîtrisées, ce procédé permet l'obtention de protéines spécifiques, notamment d'intérêt thérapeutique, avec un très haut rendement.

#### **Mots-clés :**

~~~~~

#### **Programme**

Cours (4h) :

- Principe du génie génétique
- Production et purification de protéine recombinante

BE (4h) : Biofermenteur

TP (7h) : Microbrasserie

#### **Compétences**

- ◇ Connaître les techniques de bio-production et de caractérisation de biomolécules
- ◇ Mettre en place un protocole expérimental
- ◇ Présenter des résultats de façon pertinente, rigoureuse et critique en vue d'une analyse
- ◇ Rédiger un rapport technique complet, correctement référencé

#### **Contrôle des connaissances**

50% savoir (rapport écrit du BE), 50% savoir-faire (compte-rendu d'atelier)



### **BIO-INFORMATIQUE, BIO-STATISTIQUE ET MODÉLISATION**

*BIO-COMPUTING, BIO-STATISTIC AND MODELISATION*

**Responsable(s) : Christelle Yéromonahos, Romain Rieger**

| Cours : 0 h | TD : 0 h | TP : 0 h | Autonomie : 0 h | BE : 0 h | Projet : 0 h | langue du cours : |

#### **Objectifs de la formation**

~~~~~  
Au travers de cette AF, des outils statistiques de bases ainsi que des concepts et techniques de modélisation seront abordés pour permettre aux élèves-ingénieurs d'analyser et modéliser les données en sciences du vivant. A partir d'exemples concrets, les stratégies d'analyse et de modélisation seront étudiées, et le développement d'un modèle complet sera élaboré.

Mots-clés :

~~~~~

#### **Programme**

BE 1 (4h) : Modélisation de tissu vivant  
BE 2 (4h) : Modélisation de membrane cellulaire en dynamique moléculaire  
BE 3 (4h) : Epidémiologie et vaccination  
BE 4 (3h) : Outils statistiques pour les sciences du vivant

#### **Compétences**

- ◇ Comprendre la modélisation
- ◇ Etre capable de simuler et analyser un modèle
- ◇ Reconnaître les contextes d'application des méthodes statistiques et les mettre en oeuvre sur des jeux de données
- ◇ Comprendre le principe des simulations de dynamique moléculaire

#### **Contrôle des connaissances**

1 rapport écrit pour chaque BE, comptant chacun pour 25% de la note finale.





## CONFÉRENCES

### CONFÉRENCES

**Responsable(s) : Emmanuelle Laurenceau, Bertrand Vilquin**

| Cours : 0 h | TD : 0 h | TP : 0 h | Autonomie : 0 h | BE : 0 h | Projet : 0 h | langue du cours :  |

## Objectifs de la formation

Cette AF a pour objectif de faire découvrir aux élèves-ingénieurs les nombreuses possibilités de métiers liées aux domaines de la bio-ingénierie et des nanotechnologies. Les différentes thématiques seront présentées sous forme de séminaires et conférences par des chercheurs et des professionnels de ces domaines. Des visites de sites industriels (STMicroelectronics, Sanofi-Pasteur, Becton-Dickinson) et de centres de recherche (CEA-LETI, CEA-INES, Synchrotron ESRF) sont également organisées.

### Mots-clés :

#### Programme

Défis des techniques d'imagerie médicale (par un médecin-radiologue)  
Endommagement de prothèses (par Chirurgien St-Etienne, Bertrand Boyer)  
Big-data et génomique (Sébastien Cécillon)  
Traitement de données en grande dimension (Céline Helbert, Delphine Maucort Boulch)  
Le tissu industriel AURA en bio-ingénierie et nanotechnologies (Sébastien Cécillon, Minalogic, Lyon Biopôle)  
Essais cliniques in silico (Novadiscovery)

#### Compétences

- ◇ Identifier/analyser les besoins et les contraintes socio-économiques liés à la santé et aux nanotechnologies
- ◇ Adopter une vision globale et appréhender le domaine dans sa complexité
- ◇ Prendre en compte la dimension internationale de la recherche en bio- et nano-technologies
- ◇ Elargir ses connaissances scientifiques et techniques

#### Contrôle des connaissances

100% savoir (participation)



## PROJET

### PROJECT

**Responsable(s) : Emmanuelle Laurenceau, Bertrand Vilquin**

| Cours : 0 h | TD : 0 h | TP : 0 h | Autonomie : 0 h | BE : 0 h | Projet : 0 h | langue du cours : |

## Objectifs de la formation

~~~~~  
Au travers de projets (transdisciplinaires ou non) proposés par des industriels partenaires ou par des laboratoires de recherche, les élèves-ingénieurs devront identifier les verrous technologiques, proposer des solutions et les mettre en oeuvre. Il s'agira également d'apprendre à présenter les résultats (sous forme écrite et orale).

Mots-clés :

### Programme

#### Compétences

- ◇ Elaborer et appréhender un projet scientifique et technique
- ◇ Identifier les verrous technologiques et mettre en place des solutions technologiques
- ◇ Intégrer les règles et normes qualité / sécurité / environnementales
- ◇ Réaliser une synthèse d'informations et une présentation des résultats

#### Contrôle des connaissances

rapport écrit (35% savoir), oral (35% savoir-faire), participation (30% méthodologie)



### Présentation

Les nanotechnologies reçoivent chaque année d'énormes budgets d'investissement en recherche et développement. C'est donc un secteur en forte croissance. Les nanosciences et les nanotechnologies sont au croisement de plusieurs disciplines scientifiques comme l'électronique, la mécanique, la chimie, l'optique, la biologie qui manipulent des objets d'une taille de l'ordre du nanomètre. L'objectif de cette filière est de permettre à des ingénieurs généralistes d'acquérir à la fois les connaissances techniques et scientifiques leur permettant de gérer des projets transversaux et de transfert de technologie. Alliant les sciences pour l'ingénieur et les sciences du vivant, cette filière propose des formations de haut niveau en interactions fortes avec les attentes industrielles du domaine des technologies de l'information et de la communication.

### Départements/laboratoires

STMS , EEA / INL, LTDS

### Programme

NANO3.1 – Mémoires pour l'internet des objets  
NANO3.2 – Surfaces intelligentes  
NANO3.3 – Guidage photonique  
NANO3.4 – Nano-optiques

### Compétences visées

- ◇ Modélise et met en oeuvre un système multidimensionnel à composants interdépendants et/ou non déterministes.
- ◇ Pose les hypothèses et évalue leurs impacts / les limites.
- ◇ Applique les connaissances à la résolution de problèmes pluridisciplinaires.
- ◇ Analyse de manière critique les bonnes pratiques et les opportunités de progrès.
- ◇

### Débouchés

### Pré-requis

MOD imposé : MOD 6.1 « Nanotechnologies »

MOS imposés :

- MOS 1.5 « Couches minces et surfaces fonctionnalisées »
- MOS 6.3 « Microcapteur, microsysteme, microfluidique »

### Évaluation

Les élèves ont à suivre les 2 premiers AF et à faire un choix entre les 2 dernières. NANO3.1 : 33% ; NANO3.2 : 33% ; NANO3.3 : 33% ou NANO3.4 : 33%

### Site web de l'option

### Informations complémentaires

MOD fortement recommandés : MOD 1.3 « Photonique » ; MOD 8.5 « Physique pour les technologies de l'information » ; MOD 7.6 « Caractérisation des surfaces et des nanostructures »

MOS recommandés : MOS 4.4 « Nouvelles Technologies de l'Information et de la Communication »



## MÉMOIRES POUR L'INTERNET DES OBJETS

MEMORIES FOR INTERNET OF THINGS

Responsable(s) : Bertrand Vilquin & Ian O'Connor

| Cours : 0 h | TD : 0 h | TP : 0 h | Autonomie : 0 h | BE : 0 h | Projet : 0 h | langue du cours :  |

### Objectifs de la formation

Au travers de cette AF les élèves-ingénieurs seront amenés à comprendre le fonctionnement de ces différentes propriétés physiques d'un même matériau ferroélectrique présentant un grand potentiel pour des applications innovantes et de fabriquer, caractériser et utiliser des mémoires numériques encore plus petites et rapides utiles pour l'internet des objets. La plus grande mobilité électronique sera un des grands enjeux de demain, au même titre que l'Internet des objets (Internet of things). À l'avenir, l'interaction avec des objets ne se fera plus seulement au moyen de puces électroniques ou d'ordres spécifiques transmis par un écran tactile, mais aussi entre les objets eux-mêmes.

Mots-clés :

#### Programme

BE1 (2h) : technologies de la salle blanche, diffraction des rayons X  
TP1 (4h) : dépôt de nanomatériaux en salle blanche et fabrication de cellules mémoires intégrées  
TP2 (2h) : caractérisations structurales de cellules mémoires ferroélectriques  
TP3 (2h) : caractérisations électriques de cellules mémoires ferroélectriques  
TP4 (8h) : conception de circuits à base de cellules mémoires  
BE2 (2h) : Présentation des résultats et discussions scientifiques.

#### Compétences

- ◇ Comprendre les enjeux et problématiques de l'internet des objets.
- ◇ Connaître et utiliser les techniques de la salle blanche et de caractérisations structurales et électriques.
- ◇ Concevoir l'architecture d'un circuit.
- ◇ Présenter des résultats de façon pertinente, rigoureuse et critique en vue d'une analyse.

#### Contrôle des connaissances

30% savoir (rapport du travail), 30% savoir-être (implication et participation active), 40% savoir-faire (présentation orale du compte-rendu).



## **SURFACES INTELLIGENTES**

*SMARTS SURFACES*

**Responsable(s) : Stéphane Benayoun & Magali Phaner-Goutorbe**

| Cours : 0 h | TD : 0 h | TP : 0 h | Autonomie : 0 h | BE : 0 h | Projet : 0 h | langue du cours :  |

### **Objectifs de la formation**

~~~~~  
Au travers de cette AF les élèves-ingénieurs seront amenés à élaborer des surfaces bioinspirées à fonctionnalité spécifique (superhydrophobie, super-adhérentes, ...) grâce à la nano/microtexturation. Ces surfaces seront caractérisées et analysées au regard de deux propriétés spécifiques leur mouillabilité et le pouvoir adhérent.

Mots-clés :

#### **Programme**

TP1 (4h) : fabrication des surfaces fonctionnelles  
TP2 (4h) : caractérisations topographiques (échelle nanométrique)  
TP3 (4h) : caractérisations des propriétés de mouillabilité des surfaces texturées  
TP4 (4h) : caractérisation mécanique de l'adhérence  
BE (2h) : Présentation des résultats et discussions scientifiques.

#### **Compétences**

- ◇ Comprendre les enjeux et les problématiques des surfaces fonctionnelles.
- ◇ Connaître et utiliser quelques techniques de fabrication des surfaces.
- ◇ Savoir caractériser ces surfaces à différentes échelles.
- ◇ Mise en place d'un protocole expérimental.

#### **Contrôle des connaissances**

50% savoir être (travail durant la séance de travaux pratiques), 50% savoir-faire (présentation orale).



## GUIDAGE PHOTONIQUE

### PHOTONIC GUIDES

Responsable(s) : Pedro Rojo Romeo & Emmanuel Drouard

| Cours : 0 h | TD : 0 h | TP : 0 h | Autonomie : 0 h | BE : 0 h | Projet : 0 h | langue du cours :  |

## Objectifs de la formation

Au travers de cette AF les élèves-ingénieurs prennent en main les différents aspects de la conception et la réalisation de composants nano-photoniques en optique guidée, sur substrat Silicium.

Après une introduction (contexte de la photonique intégrée sur Si, enjeux), les élèves-ingénieurs conçoivent à l'aide d'outils de simulation dédiés les différentes briques de base photoniques nécessaires à la fabrication de systèmes complexes de routage/guidage de la lumière sur Si. Ils travaillent sur les différents aspects de fabrication en salle blanche (lithographies optique et électronique, gravure assistée par plasma,...). Les structures fabriquées sont ensuite caractérisées par des microscopies optique et électronique.

Mots-clés :

### Programme

BE1 (2h) : Contexte, enjeux de la nanophotonique sur Silicium, description des outils et des méthodes (simulation, fabrication en salle blanche)  
TP1 (4h) : simulation des structures et composants de base  
TP2 (10) : fabrication des composants en optique guidée en salle blanche  
TP3 (4h) : caractérisations structurale (Microscope électronique) et optique (banc de caractérisation en optique guidée) des composants fabriqués.

### Compétences

- ◇ Comprendre les enjeux et problématiques de la photonique sur Silicium
- ◇ Connaître et utiliser plusieurs techniques et équipements utilisés dans les nanotechnologies
- ◇ Approche du travail en environnement de salle blanche
- ◇ Concevoir et réaliser un système photonique intégré

### Contrôle des connaissances

30 % savoir (questions théoriques), 30% savoir-être (implication et participation active), 40% savoir-faire (méthodologie, compte rendu expérimental)



## NANO-OPTIQUES

*NANO-OPTICS*

Responsable(s) : **Christelle Monat & Virginie Monnier**

| Cours : 0 h | TD : 0 h | TP : 0 h | Autonomie : 0 h | BE : 0 h | Projet : 0 h | langue du cours :  |

### Objectifs de la formation

Au travers de cette AF, les élèves-ingénieurs seront amenés à élaborer, en utilisant les nanotechnologies, des dispositifs optiques présentant des propriétés de diffraction/ réflexion particulières issues de leur structuration périodique à l'échelle de la longueur d'onde. Différents types de systèmes périodiques seront étudiés, élaborés aussi bien par voie physique à partir de couches minces (technologie salle blanche) que par voie chimique (à partir de dispersions colloïdales). Leurs propriétés structurales ainsi que leurs propriétés optiques seront simulées et caractérisées.

Mots-clés :

#### Programme

BE (2h) : structures périodiques, cristaux photoniques et opales synthétiques.  
TP1 (4h) : simulation de propriétés optiques de cristaux photoniques.  
TP2 (4h) : élaboration d'opales synthétiques par voie chimique.  
TP3 (4h) : fabrication en salle blanche de miroirs de Bragg.  
TP4 (3h) : caractérisation optique par réflectivité.  
TP5 (3h) : caractérisation structurale par microscopie électronique à balayage.

#### Compétences

- ◇ Comprendre les enjeux et problématiques des cristaux photoniques et l'origine des propriétés des structures périodiques.
- ◇ Connaître et utiliser quelques techniques de la salle blanche, de chimie colloïdale et de caractérisations structurales et optiques.
- ◇ Savoir simuler les propriétés optiques de quelques structures photoniques.
- ◇ Rédiger un rapport technique complet, correctement référencé

#### Contrôle des connaissances

30% savoir (réponses aux questions théoriques), 30% savoir-être (implication et participation active), 40% méthodologie (rédaction d'un compte-rendu)



## AF NANO 3.5

### CONFÉRENCES

CONFÉRENCES

Responsable(s) : Bertrand Vilquin & Emmanuelle Laurenceau

| Cours : 0 h | TD : 0 h | TP : 0 h | Autonomie : 0 h | BE : 0 h | Projet : 0 h | langue du cours :  |

### Objectifs de la formation

~~~~~

Cette AF a pour objectif de faire découvrir aux élèves-ingénieurs les nombreuses possibilités de métiers liées aux domaines de la bio-ingénierie et des nanotechnologies. Les différentes thématiques seront présentées sous forme de séminaires et conférences par des chercheurs et des professionnels de ces domaines. Des visites de sites industriels (STMicroelectronics, Sanofi-Pasteur, Becton-Dickinson) et de centres de recherche (CEA-LETI, CEA-INES, Synchrotron ESRF) sont également organisées.

Mots-clés :

~~~~~

#### Compétences

- ◇ Identifier/analyser les besoins et les contraintes socio-économiques liés à la santé et aux nanotechnologies.
- ◇ Prendre en compte la dimension internationale de la recherche en bio- et nanotechnologies.
- ◇ Adopter une vision globale et appréhender le domaine dans sa complexité.
- ◇ Elargir ses connaissances scientifiques et techniques.

#### Contrôle des connaissances

100% savoir (participation)





## PROJET

### PROJECT

Responsable(s) : Bertrand Vilquin & Emmanuelle Laurenceau

| Cours : 0 h | TD : 0 h | TP : 0 h | Autonomie : 0 h | BE : 0 h | Projet : 0 h | langue du cours :  |

## Objectifs de la formation

~~~~~  
Au travers de projets (transdisciplinaires ou non) proposés par des industriels partenaires ou par des laboratoires de recherche, les élèves-ingénieurs devront identifier les verrous technologiques, proposer des solutions et les mettre en oeuvre. Il s'agira également d'apprendre à présenter les résultats (sous forme écrite et orale).

Mots-clés :

### Compétences

- ◇ Elaborer et appréhender un projet scientifique et technique.
- ◇ Identifier les verrous technologiques et mettre en place des solutions technologiques.
- ◇ Identifier les verrous technologiques et mettre en place des solutions technologiques.
- ◇ Réaliser une synthèse d'informations et une présentation des résultats.

### Contrôle des connaissances

rapport écrit (35% savoir), oral (35% savoir-faire), participation (30% méthodologie)



## GÉNIE CIVIL ET ENVIRONNEMENT

### Civil and Environmental Engineering

Responsable(s) : Eric VINCENS, Pietro SALIZZONI

130h

### Présentation

L'objectif de l'option est de donner à des élèves-ingénieurs la culture scientifique et technique nécessaire à la réalisation d'une carrière dans un domaine d'activité centré sur les métiers de l'Aménagement, de l'Environnement ou du Génie Urbain. L'accent sera mis sur les multiples interactions entre ouvrages et environnement, les problèmes de maîtrise des aléas, et l'importance d'asseoir la pertinence de choix scientifiques et techniques dans la durée. A l'issue de la formation, l'étudiant aura les outils essentiels de modélisation des systèmes et des transferts, de conception et réalisation des ouvrages intégrant les enjeux du Développement Durable.

### Départements/laboratoires

MSGMGC, MFAE, LTDS, LMFA,  
Ampère

### Programme

Il est possible de suivre une des quatre filières au choix :

- Ouvrages
- Bâtiment Durable - Génie Civil
- Bâtiment Durable - Energie
- Environnement

### Compétences visées

- ◇ savoir modéliser un problème d'ingénierie en vue de le résoudre
- ◇ proposer une solution technique compatible avec la réglementation en vigueur

### Débouchés

Bureaux d'ingénierie, Entreprises de bâtiments, Entreprises de Travaux Publics, Assistance à maîtrise d'oeuvre ou d'ouvrage, Sociétés d'aménagement, Services techniques des communautés territoriales, Recherche et conseil dans le domaine de l'Environnement.

### Pré-requis

Dépend de la filière concernée.

### Évaluation

Dépend de la filière concernée.

### Informations complémentaires

Le contrat Pro n'est pas compatible avec les filières Ouvrages (OUV), Bâtiment durable- Energie (EBD) et Bâtiment durable - Génie Civil (GBD).



## OUVRAGES

### Structures and works

Responsable(s) : Eric VINCENS

### Présentation

L'objectif de la formation est de donner les outils de conception et de réalisation des bâtiments et infrastructures de transports selon les matériaux utilisés (acier, béton, bois, enrobés) et la réglementation européenne en vigueur.

### Départements/laboratoires

MSGMGC

### Programme

OUV3.1 - Constructions (30h)

OUV3.2 - Ouvrages de transport Infrastructures de transport (30h)

OUV3.3 - Projet d'option GCE avec cours & suivis (70h)

### Compétences visées

- ◇ savoir modéliser un ouvrage
- ◇ savoir établir la stratégie de dimensionnement des sections
- ◇ savoir trouver la solution technologique adaptée aux conditions du problème

### Débouchés

Bureaux d'ingénierie, Entreprises de bâtiments, Entreprises de Travaux Publics, Assistance à maîtrise d'oeuvre ou d'ouvrage.

### Pré-requis

MOD imposés : "Bâtiment & architecture / "Aléas et hétérogénéités des structures"

MOS imposé : "Géotechnique"

### Évaluation

OUV3.1 : 30%, OUV3.2 : 35%, OUV3.3 : 35%

### Informations complémentaires

MOD fortement recommandés : "Matériaux de construction" / "Reconnaissance et comportement des sols"

!!! : le MOS "Géotechnique" oblige à avoir suivi soit le cours ELC C6 "Mécanique des sols" soit le MOD "Reconnaissance et comportement des sols"

MOS recommandé : "Procédés généraux de construction"



## CONSTRUCTIONS

### CONSTRUCTIONS

Responsable(s) : Francesco Froiio

| Cours : 24 h | TD : 0 h | TP : 0 h | Autonomie : 0 h | BE : 16 h | Projet : 0 h | langue du cours :  |

### Objectifs de la formation

A travers ce cours, trois technologies constructives les plus représentatives des pratiques actuelles sont abordées, à savoir le béton armé, le béton précontraint et la construction métallique.

Le but de ce cours est de donner des outils pour réaliser des choix technologiques, et les techniques de calculs pour dimensionner, poutres, planchers, poteaux ainsi que les murs porteurs. Le cadre réglementaire européen est posé sans quoi aucun calcul ne peut être mené.

Tous les BE associés à ces cours sont encadrés par des ingénieurs de la profession.

Mots-clés : section hétérogène, acier, béton, fissuration

#### Programme

Béton armé : CM 10h + 2BE 4h  
Construction métallique : 2BE 4h  
Béton précontraint : CM 4h

Le cours de construction métallique (structure à ossatures) sera abordée dans le cadre du MOD11.5 qui est obligatoire pour la filière OUV.

#### Bibliographie

JEAN-LOUIS GRANJU. *Introduction au béton armé : Théorie et application*. Eyrolles Afnor éd, 2014.  
HENRY THONIER. *Conception et calcul des structures de bâtiment : L'Eurocode 2 pratique*. Presses de l'École nationale des ponts et chaussées, 2006.  
MUZEAU JEAN-PIERRE. *Manuel de construction métallique*. Eyrolles Afnor éd., 2012.

#### Contrôle des connaissances

1 test de 2h lié au béton armé + précontraint 0,67 + 1 note de travail en BE 0,33



### OUVRAGES DE TRANSPORT

TRANSPORTATION FACILITIES

Responsable(s) : Eric VINCENS

| Cours : 28 h | TD : 0 h | TP : 0 h | Autonomie : 0 h | BE : 12 h | Projet : 0 h | langue du cours :  |

### Objectifs de la formation

À travers ce cours, seront abordés les différentes infrastructures de transport, à savoir les ouvrages d'art, les routes, les infrastructures ferroviaires ainsi que les tunnels. Vu le temps imparti, on s'attachera à donner essentiellement les grands principes ainsi que les éléments techniques principaux. Les intervenants sont pour la majorité des ingénieurs, spécialistes du domaine : ARCADIS, SYSTRA, EDF.

Mots-clés :

#### Programme

Le découpage entre les différentes thématiques est comme suit :

Ouvrages d'art-ponts : CM 14h + 1BE 4h

Routes : CM 6h + 1BE 4h

Tunnels : CM 4h + 1BE 4h

Une partie du cours de Ouvrages d'art-ponts sera abordée dans le cadre du MOD11.5 qui est obligatoire pour la filière OUV.

#### Bibliographie

BERNARD-GÉLY ANNE, CALGARO JEAN-ARMAND, MICHOTÉY J. *Conception des ponts*. Presses de l'École nationale des ponts et chaussée, 1994.

CARILLO PHILIPPE, JAUMARD DOMINIQUE. *Conception d'un projet routier : guide*. Eyrolles, 2015.

LEBOEUF MICHEL. *Grande vitesse ferroviaire*. Recherche Midi, 2014.

#### Contrôle des connaissances

Test final (0,67) + 1 note de travail en BE (0,33)



## PROJET GCE

PROJECT

Responsable(s) : Eric VINCENS

| Cours : 0 h | TD : 0 h | TP : 0 h | Autonomie : 0 h | BE : 0 h | Projet : 0 h | langue du cours :  |

### Objectifs de la formation

~~~~~  
Ce projet d'option est commun aux filières Ouvrages et Bâtiment Durable de l'option GCE et à la filière Bâtiment Durable de l'option EN. Il s'appuie sur le projet de fin d'étude d'un groupe de 20 étudiants de l'Ecole Nationale Supérieure d'Architecture de Lyon. A travers ce travail commun, le but est d'amener les étudiants ingénieurs à dialoguer avec les étudiants architectes autour d'un projet commun.

Mots-clés :

#### Programme

Les élèves-ingénieurs aideront les étudiants-architectes à affiner-modifier leur projet en abordant plus finement les volets thermiques, acoustiques, structurels, géotechniques. Les étudiants de la filière EBD aborderont de préférence les thèmes de confort thermique/acoustique, les élèves de GBD aborderont de préférence les thèmes de confort thermique/acoustique et ceux liés à la structure, les élèves de OUV aborderont les problèmes de structure et ceux liés à la géotechnique. Les étudiants se répartiront sur 5 projets différents.  
3 séances de suivi sont prévues ainsi que des séances de travail à l'ENSAL.

#### Contrôle des connaissances

Rapports intermédiaires \* 0.33+ Restitution orale de tous les projets\*0.34 + 1 rapport écrit\*0.33



## ENVIRONNEMENT

### Environmental Engineering

Responsable(s) : Richard Perkins

### Présentation

L'objectif de cette UE est de former l'ingénieur à la gestion de l'impact de l'homme et de ses activités sur l'environnement. Deux modules – Hydrogéologie et Qualité et Traitement des Eaux – sont consacrés aux milieux naturels, leurs caractéristiques et les techniques pour limiter leur dégradation ou même de les dépolluer. Le module Bioremédiation concerne plus particulièrement les méthodes biologiques pour la dépollution, et le module 'Advanced Building Physics' vise la conception et le dimensionnement des systèmes de ventilation et de climatisation à basse consommation énergétique. Le module sur les Systèmes d'Information Géographiques fournit une introduction à l'utilisation de cette approche dans la gestion de l'impact environnemental.

### Départements/laboratoires

MFAE, LMFA, Ampère

### Programme

Systèmes d'Information Géographiques  
Hydrogéologie  
Bioremédiation  
Qualité et traitement des Eaux  
Advanced Building Physics  
Projet (50h)

### Compétences visées

- ◇ Connaître les paramètres clés pour caractériser un milieu naturel
- ◇ Évaluer l'impact d'un polluant sur un milieu naturel
- ◇ Proposer des techniques adaptées pour dépolluer un milieu naturel

### Débouchés

Bureau d'Etudes en Génie Civil, aménagement urbain, impact environnemental

### Évaluation


ENV 3.1 : 20%, ENV 3.2 : 20%, ENV 3.3 : 20%, ENV 3.4 : 10%, ENV 3.5 : 30%,



## QUALITÉ ET TRAITEMENT DES EAUX

WATER QUALITY AND WATER TREATMENT

Responsable(s) : Richard Perkins & Sébastien Cecillon

| Cours : 16 h | TD : 0 h | TP : 0 h | Autonomie : 0 h | BE : 8 h | Projet : 0 h | langue du cours :  |

### Objectifs de la formation

L'objectif de ce cours est de fournir à l'élève une connaissance approfondie de la filière de gestion de l'eau. Le cours présente les différents aspects de cette filière depuis la caractérisation des sources d'eaux jusqu'à la distribution et le retraitement des eaux usées dans un contexte d'utilisation de ces eaux tant industriel qu'urbain. Les modes de fonctionnement et dimensionnement des stations d'épuration et de potabilisation sont étudiés. Le cours apporte aussi des éléments réglementaires sur l'utilisation et le traitement de l'eau.

Une partie du cours sera faite en anglais.

**Mots-clés :** Qualité des eaux, traitement des eaux usées, dépollution, potabilisation ; principe « pollueur payeur » ; modélisation

#### Programme

Les cours d'eau naturels : les aspects physiques ; la chimie ; l'écologie.

La vie biologique dans les cours d'eau : les espèces : micro-organismes, plantes, invertébrés, vertébrés ; adaptation à la vie aquatique ; énergie et nutriments ; mouvement et interaction.

La qualité des eaux : les principaux polluants ; l'équation d'advection-diffusion et son application à un cours d'eau ; la notion de la demande biologique en oxygène ; un modèle pour la concentration d'oxygène dissous.

Le traitement et l'approvisionnement en eau : l'évacuation des eaux de surface ; le traitement des eaux (les procédés mécaniques et chimiques) ; les réseaux de distribution.

#### Compétences

- ◇ À l'issue de cette UE l'élève doit connaître les critères pour la définition de la qualité de l'eau, les principaux polluants, et leur impact sur la qualité de l
- ◇ À l'issue de cette UE l'élève doit connaître les différentes méthodes pour évaluer la qualité de l'eau.
- ◇ À l'issue de cette UE l'élève doit être capable de mettre en oeuvre un modèle simple pour prédire l'évolution de la qualité de l'eau dans un cours d'eau.
- ◇ À l'issue de cette UE l'élève doit connaître les différentes approches pour la dépollution et le traitement des eaux usées.

#### Bibliographie

GRAY, N.F.. *Water Technology - An Introduction for Environmental Scientists and Engineers*. Elsevier, 2010.

SPELLMAN, F. R.. *Handbook of Water and Wastewater Treatment Plant Operations*. CRC Press, 2013.

HENZE, M., HARREMOES, P. COUR JANSEN, J. LA, ARVIN. *Wastewater Treatment : Biological and Chemical Processes*. Springer, 2002.

#### Contrôle des connaissances

L'évaluation sera basée sur les comptes rendus des Bureaux d'Études





## SYSTÈMES D'INFORMATION GÉOGRAPHIQUE (SIG)

### GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEMS

Responsable(s) : Jean-Sébastien Beaulne, Perrine Charvolin

| Cours : 12 h | TD : 0 h | TP : 0 h | Autonomie : 0 h | BE : 4 h | Projet : 0 h | langue du cours :  |

### Objectifs de la formation

Acquérir une connaissance du vocabulaire du SIG et une vue globale de ce que peut apporter un SIG dans la gestion des problématiques environnementales.

Introduction à la géodésie, systèmes de projections et géoréférencement

Introduction aux fondements physiques et techniques de la télédétection : orbitographie, ondes électromagnétiques, capteurs, télécommunication, caractéristiques des images aérospatiales optiques disponibles (résolution spatiale, résolution spectrale..), et leurs domaines d'utilisations

Introduction aux différents logiciels de SIG (ArcGIS, QGIS, GRASS, MapINFO ...) et présentation des applications.

**Mots-clés** : Systèmes d'Informations Géographique, Analyse spatiale, Télédétection, Images Vectorielles, Matricielles, Géodésie, Modèle Numérique de Terrain (MNA, MNT)

#### Programme

Présentation générale des SIG et leurs applications, introduction à la géodésie (systèmes de référence, projections spatiales).

Définition des SIG, Géomatique, Analyse spatiale, télédétection

Topologie, notion d'échelles

Géoréférence et projections (Géoïdes, UTM...)

Intégration et visualisation de données

Les types de données, l'analyse spatiale et la production de données.

Les couches d'informations vectorielles et matricielles

Images satellitaires et Radar

Modèles Numériques d'Altitudes, modèle hydrogéologique

Spectres électromagnétiques

Présentation des principaux logiciels et leurs utilisations

Exemple de l'utilisation des SIG pour des problématiques environnementales.

Problèmes appliqués en SIG

Présentation des résultats dans un SIG et outils d'aide à la décision

#### Compétences

◇ Connaître les normes de métadonnées géographiques

◇ Connaître les règles de présentation des données cartographiques et notamment des règles de sémiologie

◇ Savoir faire des requêtes intégrant des critères géométriques

◇ Acquérir les connaissances de base du logiciel QuantumGIS® (QGIS) et les notions élémentaires de géomatique

#### Bibliographie

ALLALI, GÉRARD. *Apprendre QGIS par l'exemple: Quand le Système d'Information Géographique devient libre*. CreateSpace Independent Publishing Platform, 2015.

BRIMICOMBE, ALLAN. *GIS Environmental Modeling and Engineering*. CRC Press Reference, 2009.

DIXON BARNALI, VENKATESH UDDAMERI. *GIS and Geocomputation for Water Resource Science and Engineering*. American Geophysical Union, 2016.

#### Contrôle des connaissances


Répondre à une problématique environnementale en utilisant des données matricielles (images satellites) et vectorielles à l'aide du logiciel QGIS



## HYDROGÉOLOGIE

HYDROGEOLOGY

Responsable(s) : Pietro Salizzoni, Jean-Sébastien Beaulne, Richard Perkins

| Cours : 16 h | TD : 0 h | TP : 4 h | Autonomie : 0 h | BE : 4 h | Projet : 0 h | langue du cours :  |

### Objectifs de la formation

Acquisition des connaissances scientifiques et technologiques pour traiter des problèmes environnementaux où l'eau souterraine et la géologie du site jouent un rôle majeur. Elle vise à donner une formation à la modélisation hydrogéologique pour la simulation des écoulements et le transport de polluants dans les eaux souterraines.

**Mots-clés** : Milieu poreux, charge hydraulique, piézométrie, conductivité hydraulique, écoulement, ligne de courant, dispersion hydrodynamique.

#### Programme

Les eaux souterraines dans le cycle hydrologique naturel.  
Types d'eau dans les milieux poreux et fracturés.  
Nappes, propriétés physiques des réservoirs, cartes piézométriques et réseaux d'écoulement.  
Notions de base de mécanique des fluides en milieu poreux et loi de Darcy.  
Intégration des équations élémentaires, équation de diffusivité.  
Solutions analytiques de l'équation de diffusivité, (Dupuit, Thiem, Theis, Jacob).  
Mesure des caractéristiques hydrauliques par l'interprétation des essais de pompage. Modalité de perforation des puits.  
Essais de puits.  
Transport des polluants en milieux poreux : phénomènes physiques et chimiques. Modélisation numérique des écoulements dans les milieux poreux.

#### Compétences

- ◇ Connaître et maîtriser les concepts fondamentaux d'hydrogéologie
- ◇ Savoir appliquer les modèles analytiques simples à des problèmes réels
- ◇ Être capable de mettre en oeuvre une simulation numérique d'un cas réel
- ◇

#### Bibliographie

BEAR, J.. *Dynamics of Fluids in Porous Media*. Dover Civil and Mechanical Engineering, 1988.  
DOMENICO, P.A. & SCHWARTZ, F.W.. *Physical and Chemical Hydrogeology*. John Wiley & Sons, 1998.  
FREEZE, R.A. & CHERRY, J.A.,. *Groundwater*. Prentice Hall, 1979.

#### Contrôle des connaissances

L'évaluation du cours sera basée sur les comptes rendus de BE réalisés pendant le cours et sur une évaluation orale des compétences acquises par l'étude



### ADVANCED BUILDING PHYSICS

#### ADVANCED BUILDING PHYSICS

Responsable(s) : Gary Hunt (Cambridge University), Pietro Salizzoni, Lionel Soulhac

| Cours : 4 h | TD : 0 h | TP : 0 h | Autonomie : 0 h | BE : 4 h | Projet : 0 h | langue du cours :  |

### Objectifs de la formation

Présenter les différentes techniques – analytiques, expérimentales et numériques – disponibles pour l'analyse et le dimensionnement des systèmes de ventilation et de climatisation à basse consommation énergétique.

**Mots-clés** : Écoulements avec effets de flottabilité, bâtiments à basse consommation énergétique, méthodes de dimensionnement

#### Programme

Ventilation naturelle des bâtiments  
Les bases de la ventilation – débits volumiques, températures, flux de chaleur  
Techniques de modélisation – expériences en laboratoire, modèles analytiques  
Cheminées – ventilation par déplacement et par mélange  
Écoulements dans les conduits d'aération, avec changement de section  
Les effets transitoires – évacuation de chaleur pendant la nuit  
Source de chaleur et de froid – leur distribution et leur comportement dynamique  
Les écoulements permanents – le comportement pendant la journée  
L'influence du vent – conditions favorables et défavorables  
Dimensionnement des trappes de ventilation

#### Compétences

- ◇ Capacité à mettre en oeuvre des modèles analytiques simples pour modéliser des situations complexes
- ◇ Capacité à faire des estimations rapides pour le dimensionnement des systèmes de ventilation et de climatisation
- ◇ Compréhension des solutions pratiques pour la ventilation et la climatisation des bâtiments, à basse consommation énergétique

#### Bibliographie

HUNT, G.R. & LINDEN, P.F.. *The fluid mechanics of natural ventilation – displacement ventilation by buoyancy-driven flows assisted by wind.* Building and Environment, 34, 707-720, 1999.  
HUNT, G.R. & COFFEY, C.J.. *Emptying boxes - classifying transient natural ventilation flows.* Journal of Fluid Mechanics, 646, 137-168., 2010.  
LINDEN, P.F., LANE-SERFF, G.F. & SMEED, D.A.. *Emptying filling boxes: the fluid mechanics of natural ventilation.* Journal of Fluid Mechanics 212, 309-335, 1990.

#### Contrôle des connaissances

Évaluation d'un rapport et d'une présentation orale du travail effectué pour les BE



**AF ENV 3.5**

## **PROJET ENV**

*ENV PROJECT*

### **Responsable(s) :**

| Cours : 0 h | TD : 0 h | TP : 50 h | Autonomie : 0 h | BE : 0 h | Projet : 0 h | langue du cours : |

### **Objectifs de la formation**

---

Mots-clés :


---



## BIOREMÉDIATION

### BIOREMEDIATION

Responsable(s) : Sébastien Cecillon

| Cours : 12 h | TD : 0 h | TP : 0 h | Autonomie : 0 h | BE : 4 h | Projet : 0 h | langue du cours :  |

### Objectifs de la formation

Prendre connaissance des différentes sources et grandes classes de polluants et des moyens biologiques de remédier à ces pollutions (Phytoremediation, Mycoremediation, Bioremediation bactérienne). Les principes d'une gestion écologique et économique des déchets et rejets industriels sont aussi abordés.

Mots-clés : Pollution, phytoremediation, bactérie, Mycoremediation, sols, eaux

#### Programme

Introduction (définition de l'environnement et des pollutions)  
Phytoremediation  
Mycoremediation  
Bioremediation bactérienne  
l'écologie au service de l'économie

#### Compétences

◇ Connaître les grands principes des procédés de bioremediation et de leurs applications aux rejets et déchets industriels et agricoles

#### Bibliographie

SINGH, A., KUHAD, R.C. & WARD, O.P.. *Advances in Applied Bioremediation*. Springer, 2009.  
SINGH, A. & WARD, O.P.. *Biodegradation and Bioremediation*. Springer, 2004.

#### Contrôle des connaissances

QCM rapide



### Présentation

Le « bâtiment » représente près de 40% de la consommation totale d'énergie en France et contribue à hauteur de 25% aux émissions de gaz à effet de serre. Pour diminuer son impact, les pouvoirs publics se sont fixés comme objectif de réduire par 4 la consommation du parc résidentiel d'ici 2050. Ces objectifs semblent possible en considérant le bâtiment dans son ensemble, comme un système dont les performances énergétiques dépendent de son enveloppe, de l'usage qu'il en est fait et de sources de production locales permettant de satisfaire tout ou partie de sa propre consommation. L'organisation de cette filière est construite sur cette base et doit permettre : (i) en phase de conception de faire des choix de morphologie, de matériaux et de mixte énergétique, (ii) en phase d'exploitation de réaliser un diagnostic énergétique et faire des recommandations pour améliorer la performance. Cette filière est portée essentiellement vers des problématiques énergétiques - enveloppe - équipements dans un contexte d'aménagement. L'interaction avec le génie civil - structure est très faible.

### Départements/laboratoires

MSGMGC

### Programme

BD3.1 - Confort du bâtiment (28h)

BD3.2 - Systèmes d'énergies renouvelables (22h)

BD3.3 - Projet d'option GCE avec cours & suivis (80h)

### Compétences visées

- ◇ Appréhender toutes les dimensions scientifiques et techniques d'un projet dans le secteur du bâtiment
- ◇ Prendre en compte les spécificités culturelles des partenaires dans toutes les étapes d'un projet
- ◇ Intégrer les règles et normes qualité / sécurité / environnementales dans les industries de production et d'acheminement d'énergie
- ◇ Associer les logiques économiques / responsabilité sociétale et écoresponsabilité

### Débouchés

Exemple d'Entreprises partenaires et Recruteurs  
ADEME, E&Y, Bureau Veritas, Etamine, Strem, Nepsen....

### Pré-requis

MOD imposés : "Energie, stockage et conversion" / "Bâtiment & architecture"

MOS imposé : "Macro énergie"

### Évaluation

BD3.1 : 35%, BD3.2 : 30%, BD3.3 : 35%

### Informations complémentaires

MOD recommandé : "Matériaux de construction"

MOS recommandés : "Ouvrages de production d'énergie" / "Procédés généraux de construction"



## CONFORT DU BÂTIMENT

*BUILDING COMFORT*

Responsable(s) :

| Cours : 0 h | TD : 0 h | TP : 0 h | Autonomie : 0 h | BE : 0 h | Projet : 0 h | langue du cours :  |

### Objectifs de la formation

La réduction du coût énergétique d'un bâtiment passe par une meilleure maîtrise de son comportement et de ses usages spécifiques. Ce contrôle doit être élaboré en prenant en compte les caractéristiques physiques du bâtiment et en gardant au cœur du problème les occupants. Bien entendu, ce contrôle ne peut se faire au détriment de leur confort. Après avoir développé la notion de confort, la Gestion Technique du Bâtiment (GTB) allant de la thermique, au renouvellement de l'air et à la luminosité, sera présentée sous ses aspects conceptuels et matériels.

Mots-clés : confort; thermique; renouvellement d'air; lumière

#### Programme

Une partie de ce cours sera abordé dans le cadre du MOD11.5 qui est obligatoire pour la filière EBD.

Partie 1 : CM 14h, 3 BE de 4h

- Conception des bâtiments
- Thermique des ambiances, systèmes et individus
- Principe de la construction durable

Partie 2 : CM 4h, BE 4h

- Gestion technique du bâtiment et smart grid

#### Contrôle des connaissances


1 examen écrit 0.67 + 1 note de projet 0.33



## SYSTÈMES D'ÉNERGIES RENOUVELABLES

*RENEWABLE ENERGY SYSTEMS*

Responsable(s) :

| Cours : 20 h | TD : 0 h | TP : 0 h | Autonomie : 0 h | BE : 0 h | Projet : 0 h | langue du cours :  |

### Objectifs de la formation

Notre trop grande dépendance vis-à-vis des énergies fossiles a amené à considérer le bâtiment et son environnement proche autrement. L'idée d'un bâtiment autonome ou encore à énergie positive est maintenant une réalité grâce à une meilleure intégration des sources énergétiques renouvelables (chaudière à bois, géothermie, solaire photovoltaïque et thermique...). Le fonctionnement, l'intégration et l'utilisation de ces sources utilisées seules ou combinées seront développés et illustrés au travers d'exemples.

Mots-clés :

#### Programme

- Pompe à chaleur 4h
- Solaire photovoltaïque - thermique 6h
- Diagnostic et performance énergétique 12h

#### Contrôle des connaissances

1 évaluation écrite





### PROJET D'OPTION GCE

*PROJECT*

**Responsable(s) : Eric Vincens**

| Cours : 0 h | TD : 0 h | TP : 50 h | Autonomie : 0 h | BE : 0 h | Projet : 0 h | langue du cours : |

### Objectifs de la formation

~~~~~  
Ce projet d'option est commun aux filières Ouvrages et Bâtiment Durable (EBD+GBD) l'option GCE. Il s'appuie sur le projet de fin d'étude d'un groupe de 20 étudiants de l'Ecole Nationale Supérieure d'Architecture de Lyon. A travers ce travail commun, le but est d'amener les étudiants ingénieurs à dialoguer avec les étudiants architectes autour d'un projet commun, qui fait la synthèse de toutes les notions apprises au cours de l'année. Il permet aussi déjà de se mettre dans la peau d'un ingénieur qui doit répondre à des problèmes concrets.

Mots-clés :

#### Programme

Les élèves-ingénieurs aideront les étudiants-architectes à affiner-modifier leur projet en abordant plus finement les volets thermiques, acoustiques, structurels, géotechniques. Les étudiants de la filière EBD aborderont de préférence les thèmes de confort thermique/acoustique, les élèves de GBD aborderont de préférence les thèmes de confort thermique/acoustique et ceux liés à la structure, les élèves de OUV aborderont les problèmes de structure et ceux liés à la géotechnique. Les étudiants se répartiront sur 5 projets différents.  
3 séances de suivi sont prévues ainsi que des séances de travail à l'ENSAL.

#### Contrôle des connaissances

Rapports intermédiaires \* 0.33+ Restitution orale de tous les projets\*0.34 + 1 rapport écrit\*0.33



## Présentation

Le « bâtiment » représente près de 40% de la consommation totale d'énergie en France et contribue à hauteur de 25% aux émissions de gaz à effet de serre. Pour diminuer son impact, les pouvoirs publics se sont fixés comme objectif de réduire par 4 la consommation du parc résidentiel d'ici 2050. Ces objectifs semblent possible en considérant le bâtiment dans son ensemble, comme un système dont les performances énergétiques dépendent de son enveloppe, de l'usage qu'il en est fait et de sources de production locales permettant de satisfaire tout ou partie de sa propre consommation. L'organisation de cette filière est construite sur cette base et doit permettre : (i) en phase de conception de faire des choix de morphologie, de matériaux et de mixte énergétique, (ii) en phase d'exploitation de réaliser un diagnostic énergétique et faire des recommandations pour améliorer la performance.

## Départements/laboratoires

MSGMGC

## Programme

BD3.1 - Confort du bâtiment (28h)

BD3.2 - Systèmes d'énergies renouvelables (22h)

BD3.3 - Projet d'option GCE avec cours & suivis (80h)

## Compétences visées

- ◇ Capacité d'analyse des structures et le cheminement des efforts
- ◇ Dimensionner les sections de structures à section homogène (bois, acier)
- ◇ Réaliser un diagnostic thermique d'une enveloppe de bâtiment
- ◇ Associer les logiques économiques / responsabilité sociétale et écoresponsabilité

## Débouchés

Bureau d'études de structures ou de fluides (air, eau)

Bureau d'études de thermique

## Pré-requis

MOD imposés : "Bâtiment & architecture" / "Aléas et hétérogénéités des structures"

MOS imposé : "Procédés généraux de construction"

## Évaluation

BD3.1 : 35%, BD3.2 : 30%, BD3.3 : 35%

## Informations complémentaires

MOD fortement recommandés : "Matériaux pour la construction" / "Reconnaissance des sols"

MOS recommandés : "Ouvrages de production d'énergie" / "Géotechnique"



## CONFORT DU BÂTIMENT

*BUILDING COMFORT*

Responsable(s) :

| Cours : 0 h | TD : 0 h | TP : 0 h | Autonomie : 0 h | BE : 0 h | Projet : 0 h | langue du cours :  |

### Objectifs de la formation

La réduction du coût énergétique d'un bâtiment passe par une meilleure maîtrise de son comportement et de ses usages spécifiques. Ce contrôle doit être élaboré en prenant en compte les caractéristiques physiques du bâtiment et en gardant au cœur du problème les occupants. Bien entendu, ce contrôle ne peut se faire au détriment de leur confort. Après avoir développé la notion de confort, la Gestion Technique du Bâtiment (GTB) allant de la thermique, au renouvellement de l'air et à la luminosité, sera présentée sous ses aspects conceptuels et matériels.

Mots-clés : confort; thermique; renouvellement d'air; lumière

#### Programme

Une partie de ce cours sera abordé dans le cadre du MOD11.5 qui est obligatoire pour la filière GBD.

Partie 1 : CM 14h, 3 BE de 4h

- Conception des bâtiments
- Thermique des ambiances, systèmes et individus
- Principe de la construction durable

Partie 2 : CM 4h, BE 4h

- Gestion technique du bâtiment et smart grid

#### Contrôle des connaissances


1 examen écrit 0.67 + 1 note de projet 0.33



## SYSTÈMES D'ÉNERGIES RENOUVELABLES

RENEWABLE ENERGY SYSTEMS

### Responsable(s) :

| Cours : 20 h | TD : 0 h | TP : 0 h | Autonomie : 0 h | BE : 0 h | Projet : 0 h | langue du cours :  |

### Objectifs de la formation

Notre trop grande dépendance vis-à-vis des énergies fossiles a amené à considérer le bâtiment et son environnement proche autrement. L'idée d'un bâtiment autonome ou encore à énergie positive est maintenant une réalité grâce à une meilleure intégration des sources énergétiques renouvelables (chaudière à bois, géothermie, solaire photovoltaïque et thermique...). Le fonctionnement, l'intégration et l'utilisation de ces sources utilisées seules ou combinées seront développés et illustrés au travers d'exemples.

### Mots-clés :

#### Programme

- Pompe à chaleur 4h
- Solaire photovoltaïque - thermique 6h
- Diagnostic et performance énergétique 12h

#### Contrôle des connaissances

1 évaluation écrite



## PROJET D'OPTION GCE

PROJECT

Responsable(s) :

| Cours : 0 h | TD : 0 h | TP : 50 h | Autonomie : 0 h | BE : 0 h | Projet : 0 h | langue du cours :  |

### Objectifs de la formation

~~~~~  
Ce projet d'option est commun aux filières Ouvrages et Bâtiment Durable de l'option GCE et à la filière Bâtiment Durable de l'option EN. Il s'appuie sur le projet de fin d'étude d'un groupe de 20 étudiants de l'Ecole Nationale Supérieure d'Architecture de Lyon. A travers ce travail commun, le but est d'amener les étudiants ingénieurs à dialoguer avec les étudiants architectes autour d'un projet commun.

Mots-clés :

#### Programme

Les élèves-ingénieurs aideront les étudiants-architectes à affiner-modifier leur projet en abordant plus finement les volets thermiques, acoustiques, structurels, géotechniques. Les étudiants de la filière EBD aborderont de préférence les thèmes de confort thermique/acoustique, les élèves de GBD aborderont de préférence les thèmes de confort thermique/acoustique et ceux liés à la structure, les élèves de OUV aborderont les problèmes de structure et ceux liés à la géotechnique. Les étudiants se répartiront sur 5 projets différents.  
3 séances de suivi sont prévues ainsi que des séances de travail à l'ENSAL.

#### Contrôle des connaissances

Rapports intermédiaires \* 0.33+ Restitution orale de tous les projets\*0.34 + 1 rapport écrit\*0.33



### Présentation

L'informatique est de plus en plus ubiquitaire et transparente. Les systèmes informatiques sont partout : dans les entreprises bien sûr (systèmes d'information, informatique industrielle), mais aussi dans la vie courante (mobilité, loisirs, vie sociale), voire dans les objets les plus banals (voiture, objets connectés). L'Option Informatique répond aux défis posés par l'évolution rapide des solutions et usages du numérique en proposant des enseignements ciblés sur les éléments clés du domaine pour former des ingénieurs généralistes, capables de spécifier, concevoir et encadrer des projets innovants dans le contexte de systèmes de plus en plus complexes. Les domaines d'applications sont nombreux, incluant le secteur Informatique et du numérique bien sûr, mais aussi les secteurs qui en dépendent : aéronautique, automobile, banque et assurance, (bio)médical, énergie, grande distribution, loisirs, médias, production.

Chaque étudiant a la possibilité de construire un parcours à la carte, adapté à son projet professionnel, en choisissant des actions de formation proposées par l'option au sein de l'UE Secteur et des MOD qui traitent de différents thèmes de l'informatique : est rendu obligatoire de choisir un MOD dans la liste des MOD informatiques, le MOS 4.4, de choisir 4 MSO parmi les 7 proposés, ainsi que le MSO projet. L'option a identifié quelques parcours pertinents en termes de débouchés professionnels en indiquant pour chacun un choix de cours cohérents associés.

### Départements/laboratoires

Dép. MI, EEA; Lab. LIRIS

### Programme

INFO3.1 Techno info du BigData  
INFO3.2 Les SI par la pratique  
INFO3.3 Internet des obj.  
INFO3.4 Apprentissage auto.  
INFO3.5 Vision par ordin  
INFO3.6 Calcul, modélisation géo pour l'infographie  
INFO3.7 Sys Temps réel, embarqué, mobile  
INFO3.8 Projet

### Compétences visées

- ◇ Etre capables de spécifier, concevoir et encadrer des projets innovants dans le numérique, dans le contexte de systèmes de plus en plus complexes .
- ◇ Maîtriser les éléments clés du domaine,
- ◇ Maîtriser le processus projet informatique.
- ◇ Permettre aux élèves ingénieurs le désirant de s'orienter vers une thèse en Informatique.

### Débouchés

Les familles de métiers en relation avec le numérique sont nombreuses et variées ( conception et gestion de projet, programmation et développement, production et gestion de données, interfaces et création numérique, infrastructures, communication et réseaux, e-commerce, e-learning), ainsi que les secteurs qui en dépendent. Au moment de la soutenance de TFE, 80% des étudiants de l'option informatique sont définitivement embauchés dans les secteurs du numérique, ou comptent poursuivre leurs études.

### Pré-requis

Les élèves souhaitant suivre le cursus de l'Option Informatique doivent avoir suivi les deux premières années à l'École Centrale de Lyon, ou tout autre cursus équivalent.

### Informations complémentaires

Pour des informations sur les parcours suggérés, les étudiants sont priés de consulter la fiche proposée sur le site de scolarité et/ou contacter les responsables de l'option.

Des aménagements sont prévus pour le double diplôme master Informatique de Lyon.

Responsable : Liming.Chen@ec-lyon.fr.



## TECHNOLOGIES INFORMATIQUES DU BIG DATA

### BIG-DATA TECHNOLOGIES

Responsable(s) : Stéphane Derrode

| Cours : 10 h | TD : 0 h | TP : 0 h | Autonomie : 0 h | BE : 10 h | Projet : 0 h | langue du cours :  |

### Objectifs de la formation

L'explosion quantitative des données numériques est à l'origine de nouveaux ordres de grandeur qui impactent la capture, le stockage, l'analyse et la visualisation de ces données. Les perspectives du traitement des big data sont encore en partie insoupçonnées ; analyse prospective (climatique, commercial, sociopolitique), gestion des risques (assuranciel, industriel, naturel) ou encore médical (génomique, épidémiologie) et sécurité (lutte contre la criminalité). Un écosystème économique se crée autour du phénomène, qui implique les plus gros acteurs du secteur IT, les industriels, et de nombreuses nouvelles start-ups. Ce module vise à fournir des compétences dans les technologies informatiques actuelles qui permettent de gérer ces grands volumes, de les interroger et de les exploiter.

Mots-clés : Big Data, NoSQL, Hadoop, MapReduce, Spark, Storm, Mahout, MongoDB, Cassandra

#### Programme

- Le programme s'appuie sur les acquis du MOD 2.1 « Défis Informatiques du Big Data ».
- Base de données avancées : NoSQL, New SQL (MongoDB, Cassandra)
- Hadoop framework & ecosystem (Map-Reduce, Hive, Storm)
- Apache Spark & scalable Machine Learning Library MLIB

#### Compétences

- ◇ Exploitation d'un système de gestion d'une large base de documents (Cassandra)
- ◇ Utilisation d'un système de gestion de grosses masses de données, avec stockage et processeurs répartis.
- ◇ Mise en oeuvre d'algorithmes de traitement de données massives par programmation MapReduce.
- ◇ Conception d'algorithmes de machine learning et implémentation sous Spark, avec MLib.

#### Bibliographie

- PHILIPPE LACOMME. *Bases de données NoSQL et big data : Concevoir des bases de données pour le Big Data : cours et travaux pratiques*. Ellipses, 2014.
- LEMBERGER PIRMIN. *Big data et machine learning, Manuel du data scientist*. Dunod, 2015.
- SRINATH PERERA. *Hadoop MapReduce cookbook : recipes for analyzing large and complex datasets with Hadoop MapReduce*. PACKT Books, 2013.

#### Contrôle des connaissances

Test final et note de BE



## LES SYSTÈMES D'INFORMATION PAR LA PRATIQUE

INFORMATION SYSTEMS IN PRACTICE

Responsable(s) : Daniel Muller

| Cours : 10 h | TD : 0 h | TP : 0 h | Autonomie : 0 h | BE : 10 h | Projet : 0 h | langue du cours :  |

### Objectifs de la formation

Sur le marché de l'emploi, les métiers liés aux systèmes d'information (SI ou IT) font l'objet d'une pénurie de talents. Posséder ces compétences technologiques spécifiques est un casse-tête pour les entreprises du monde entier. Ces dernières cherchent des ingénieurs capables à la fois d'appréhender la complexité du fonctionnement des entreprises au niveau métier, organisationnel et social, et possédant des compétences techniques pointues. Cette action de formation vise à présenter avec une approche pratique les systèmes d'information présents en entreprise.

**Mots-clés :** SI/IT (système d'information), ERP, PGI (progiciel de gestion intégré), SSI (sécurité), gouvernance, processus, architecture SI/IT

#### Programme

Cette action de formation vient compléter le MOD de Systèmes d'information en entreprise.  
- aspects sécuritaires des systèmes d'information (6h) : les différents types de sécurité, les principales protections, la gestion de crise, etc.  
- les ERP (progiciels de gestion intégrés) et leur fonctionnement (6h).  
Les ERP étant des outils complexes, une mise en pratique en 8 heures de bureaux d'études permettra de se familiariser avec eux.

#### Compétences

- ◇ Analyser le fonctionnement d'un ERP (progiciel de gestion intégré)
- ◇ Savoir utiliser et faire évoluer un ERP
- ◇ Connaître les principes de base de la sécurité des systèmes d'information

#### Bibliographie

J-L TOMAS, Y. GAL. *ERP et conduite des changements*. Dunod, 2011.  
J-L DEIXONNE. *Piloter un projet ERP*. Dunod, 2011.  
F. PINCKAERS, G. GARDINIER. *OpenERP pour une gestion d'entreprise efficace et intégrée*. Eyrolles, 2008.

#### Contrôle des connaissances

Le contrôle des connaissances prendra en compte pour moitié la note des bureaux d'études et pour moitié la note du contrôle final sous forme de QCM.





## INTERNET DES OBJETS

INTERNET OF THINGS (IOT)

Responsable(s) : Daniel Muller, René Chalon

| Cours : 10 h | TD : 0 h | TP : 0 h | Autonomie : 0 h | BE : 10 h | Projet : 0 h | langue du cours :  |

### Objectifs de la formation

L'Internet des Objets s'appuie sur les progrès continus des technologies de la microélectronique et des réseaux qui permettent le déploiement de services distribués sur des réseaux d'objets communicants interconnectés. Parmi les secteurs déjà concernés on peut citer la voiture connectée (réduction des accidents, partage de véhicules, taxis, VTC, gestion de flotte), le domaine de la santé (suivi médical individualisé), la domotique, ou la logistique (optimisation du transport et du stockage). Ce module propose un tour d'horizon de l'Internet des Objets, depuis les normes, standards et technologies sur lesquels il se base, jusqu'aux applications, sans oublier les problèmes sociétaux (aspects juridiques, vie privée, sécurité, sûreté de fonctionnement).

**Mots-clés :** Internet des Objets, Web des Objets, objets connectés, ville intelligente, intelligence ambiante, domotique, géolocalisation, Big Data, IoT, WoT, RFID, Bluetooth, Zigbee, 6LoWPAN, CPL, PoE, Linky

#### Programme

Contexte, usages et domaines d'application (historique, web des objets, environnement, infrastructures, médical, domotique, transport, smart cities, intelligence ambiante, Big Data)  
Technologies des objets connectés (matériel, alimentation, capteurs, processeurs, géolocalisation, puissance de calcul vs. Consommation, exemples d'objets connectés)  
Identification unique, communication et programmation (RFID, Bluetooth, Zigbee, 6LoWPAN, CPL, PoE, middlewares, frameworks)  
Aspects sociétaux (sécurité, sûreté physique des actionneurs, aspects juridiques, vie privée)  
Exemples d'applications – Interventions d'experts en entreprise (entreprises pressenties EDF, Sopra Steria, Sigfox, Wistiki)  
BE programmation d'un objet communicant muni de capteurs

#### Compétences

- ◇ Appréhender le domaine des objets connectés, leurs technologies et leurs applications,
- ◇ Concevoir une application basée sur l'exploitation de données issues de capteurs répartis,
- ◇ Comprendre les implications sociétales d'une telle application.

#### Bibliographie

- R. BRIAND ET AL.. *Livre Blanc - Objets Communicants et Internet des objets*. Association Instituts Carnot, 2011.
- P. MULDER. *Node.js for Embedded Systems – Building Web Interfaces for Connected Device*. O'Reilly Media, 2015.
- M. BOUDELLAL. *Smart Home - Habitat connecté, installations domotiques et multimédia*. Dunod, 2014.

#### Contrôle des connaissances


Test final et note de BE



## APPRENTISSAGE STRUCTURÉ PROFOND

### DEEP STRUCTURED LEARNING

Responsable(s) : Liming Chen, Emmanuel Dellandrea

| Cours : 12 h | TD : 0 h | TP : 0 h | Autonomie : 0 h | BE : 8 h | Projet : 0 h | langue du cours :  |

### Objectifs de la formation

Le deep learning a révolutionné un nombre croissant de domaines, par exemple, la vision par ordinateur, le traitement du langage naturel, les jeux, etc. Dans ce cours, nous visons à introduire des concepts fondamentaux, des théories et des techniques avancées dans l'apprentissage structuré profond, couvrant en particulier l'apprentissage séquence à séquence et le Generative Adversarial Network (GAN). Un certain nombre de travaux pratiques seront programmés, y compris par exemple la génération d'images, la génération d'images en texte, la génération de texte en image, le transfert de style, etc.

Mots-clés : Apprentissage structuré, réseaux récurrents, LSTM, Modèles attentionnels, Transformer, Bert, GAN

#### Programme

Apprentissage séquence à séquence  
- Réseaux récurrents, LSTM, GRU  
- Modèles attentionnels  
- Transformer  
- Modèles de langue, ELMO, BERT, GPT

Generative Adversarial Network (GAN)  
- Base fondamentale  
- GAN conditionnel  
- cGAN non supervisé  
- le cadre théorique des GANs  
- WGAN, EBGAN, InfoGAN, VAE-GAN, BiGAN  
- Evaluation de GAN  
- Applications: face editing, génération de parole

#### Compétences

◇ Connaître les principes de base de l'apprentissage structuré  
◇ Savoir mettre en oeuvre des techniques et méthodes d'apprentissage structuré profond, e.g., LSTM, Transformer, GAN, sur des problèmes concrets  
◇ Savoir évaluer la qualité d'une méthode d'apprentissage structuré implémentée

#### Bibliographie

C. M. BISHOP. *Pattern Recognition and Machine Learning*. Springer, 2006.  
GOODFELLOW, Y. BENGIO, AND A. COURVILLE,. *Deep Learning*. MIT Pres, 2016.

#### Contrôle des connaissances

Test final et note de BE



## VISION PAR ORDINATEUR

### COMPUTER VISION

Responsable(s) : Mohsen Ardabilian, Liming Chen

| Cours : 10 h | TD : 0 h | TP : 0 h | Autonomie : 0 h | BE : 10 h | Projet : 0 h | langue du cours :  |

## Objectifs de la formation

La vision par ordinateur a pour objectif de modéliser et d'automatiser le processus de la reconnaissance visuelle par la machine et possède de nombreuses applications (e.g., inspection industrielle, navigation robotique, interaction homme-machine, etc.). Ce cours introduit les concepts et techniques clés du domaine et couvre notamment les sujets suivants : formation et filtrage d'images, détection de contours et segmentation, descripteurs locaux et leur mise en correspondance, stéréovision, l'estimation du mouvement et de la structure, détection et reconnaissance d'objets.

**Mots-clés** : Filtrage et traitement d'images, détection de contours et segmentation, descripteurs locaux, suivi du mouvement, stéréovision, détection et reconnaissance d'objets

### Programme

Introduction à la vision par ordinateur  
Rappels sur la formation et le filtrage d'images, détection de contour par des techniques variationnelles  
Rappels sur les coordonnées homogènes et transformation géométrique  
Géométrie projective  
Segmentation d'images et d'objets  
Descripteurs de caractéristiques locaux et mise en correspondance  
Suivi du mouvement et estimation de la structure  
Calibration de caméra et stéréovision  
Détection et reconnaissance d'objets

### Compétences

- ◇ Appréhender le processus de formation d'images et de la stéréovision
- ◇ Être capable de mettre en oeuvre des techniques fondamentales pour améliorer et traiter les images
- ◇ Développer des applications de vision pour la détection d'objets simples

### Bibliographie

- D. FORSYTH, J. PONCE. *Computer Vision -- A Modern Approach*. Prentice Hall, 2002.  
R. SZELISKI. *Computer Vision -- Algorithms and Applications*. Springer, 2010.  
R. HARTLEY, A. ZISSERMAN. *Multiple View Geometry in Computer Vision*. Cambridge University Press, 2004.

### Contrôle des connaissances

Test final et note de BE



## CALCUL ET MODÉLISATION GÉOMÉTRIQUE POUR L'INFORMATIQUE GRAPHIQUE

GEOMETRIC CALCULATION AND MODELING FOR COMPUTER GRAPHICS

Responsable(s) : Raphaëlle Chaîne

| Cours : 10 h | TD : 0 h | TP : 0 h | Autonomie : 0 h | BE : 10 h | Projet : 0 h | langue du cours :  |

### Objectifs de la formation

La popularisation des techniques de numérisation 3D a entraîné l'essor des approches de modélisation numérique des objets. Il est en effet indispensable de bénéficier de traitements efficaces et rapides pour obtenir, transmettre, éditer et déformer des modèles de qualité, à partir de données brutes parfois très bruitées et redondantes. Le but de cet enseignement est d'introduire la notion de calcul géométrique utile à la modélisation numérique des formes.

On approfondira en particulier la question de la génération de maillage comme discrétisation de la géométrie d'une forme 2D ou 3D et on présentera les approches de la Géométrie Algorithmique pour les générer, simplifier, raffiner et manipuler, en s'appuyant sur des structures géométriques aux propriétés particulières.

**Mots-clés :** Calcul géométrique, génération de maillages, reconstruction 3D, simplification et raffinement de maillages, Techniques basées sur la triangulation de Delaunay et le diagramme de Voronoï, sculpture virtuelle

#### Programme

Maillages :

- ◇ Définitions
- ◇ Génération de maillages, reconstruction 3D et sculpture virtuelle
- ◇ Simplification et raffinement de maillages
- ◇ Amélioration de maillages, codage

Calcul Géométrique et Géométrie Algorithmique :

- ◇ Notions élémentaires de GA en 2D (cartes planaires, graphes, triangulation, enveloppe convexe)
- ◇ Construction de l'enveloppe convexe en 2D: algorithme optimal (en diviser et construire)
- ◇ Algorithmes incrémentaux
- ◇ Triangulation de Delaunay en 2D (et dual: diagramme de Voronoï) : définitions générales, propriétés
- ◇ Diagrammes de puissances
- ◇ Algorithme optimal de construction de la triangulation de Delaunay (diviser et construire), et algorithmes incrémentaux

#### Bibliographie

- PASCAL FREY, PAUL-LOUIS GEORGE. *Mesh Generation, 2nd Edition*. Wiley-ISTE, 2008.
- MARIO BOTSCH, LEIF KOBELT, MARK PAULY, PIERRE ALL. *Polygon Mesh Processing*. K Peters/CRC Press, 2020.
- M. DE BERG, M. VAN KREVELD, M. OVERMARS, O. SCHWAR. *Computational Geometry Algorithms and Applications*. Springer-Verlag, 1997.

#### Contrôle des connaissances

Test final et note de BE



## SYSTÈME TEMPS RÉEL, EMBARQUÉ ET MOBILE

REAL TIME, EMBEDDED AND MOBILE SYSTEM

Responsable(s) : Alexandre Saidi, Fabien Delpiano

| Cours : 10 h | TD : 0 h | TP : 0 h | Autonomie : 0 h | BE : 10 h | Projet : 0 h | langue du cours :  |

### Objectifs de la formation

Il s'agit de sensibiliser les élèves aux notions de la programmation concurrente (Processus, Threads) en utilisant les outils permettant leur mise en oeuvre. Également des notions sur les systèmes temps réel et embarqués sont abordées. Quelques schémas et exemples importants (Producteur / Consommateur, Lecteur / Rédacteur, 5-phi, barbier, ...) permettront d'illustrer le propos. Finalement, en relation avec un professionnel du domaine, ce cours présentera les spécificités du développement d'applications pour mobiles (iOS, Android, ...), en termes de technologies et de gestion de projets.

Mots-clés : Programmation concurrente, Informatique temps réel, Informatique embarqué, Informatique mobile

#### Programme

Notions sur la programmation concurrente  
Threads et processus  
Mécanismes d'exclusion mutuelle, barrières, sémaphores, TAS, RDV, ...  
Schémas concurrents : Producteur / Consommateur, Lecteur / Rédacteur, etc.  
Exigences des systèmes et noyaux temps réels.  
Informatique embarquée et robotique.  
Informatique mobile

#### Bibliographie

M. YAYNAL. *Concurrent Programming: Algorithms, Principles, and Foundations*. Springer-Verlag, 2013.  
A. BURNS & A. WELLINGS. *Concurrent and Real-Time Programming in ADA*. Cambridge U. Press, 2007.  
X. FAN. *Real-Time Embedded Systems*. Newnes, 2015.

#### Contrôle des connaissances

Note de BE



## PROJET INFORMATIQUE

TECHNOLOGY PROJECT

Responsable(s) : Moshen Ardabilian, Daniel Muller

| Cours : 0 h | TD : 0 h | TP : 0 h | Autonomie : 0 h | BE : 0 h | Projet : 40 h | langue du cours :  |

### Objectifs de la formation

Des projets transversaux d'option sont proposés par des commanditaires industriels, les membres de l'équipe d'enseignement et les membres de l'équipe recherche du LIRIS. Ces projets couvrent l'ensemble des thématiques proposées par l'option et permettent aux élèves de travailler en équipe projet.

Mots-clés :

#### Programme

De janvier à fin mars, les élèves travaillent en équipe de quatre sur un projet de leur choix. Des séances de travail sont prévues tous les jeudis matins pour travailler sur ces projets. Deux reportings en janvier et février et une présentation finale des livrables en mars sont planifiés pour apprécier les travaux des élèves.

#### Compétences

◇ Etre capable de spécifier, concevoir et encadrer des projets innovants dans le numérique, dans le contexte de systèmes de plus en plus complexes.

#### Contrôle des connaissances

Deux reportings et une présentation finale des livrables, appréciés par les commanditaires, tuteurs et équipe pédagogique.



## MATHÉMATIQUES ET DÉCISION

### Mathematics and decision

Responsable(s) : Sylvie Mira-Bonnardel et Christopette Blanchet

130h

### Présentation

Dans tous les secteurs d'activités, les ingénieurs et managers sont confrontés à la question de la prise de décisions que ce soit dans les résolutions de problèmes scientifiques ou techniques, dans les démarches d'optimisation de processus industriels ou dans les choix de pilotage stratégique. La démarche de l'ingénieur consiste alors à construire un modèle, basé sur des outils et méthodes d'ordre mathématique ou managérial, à l'analyser pour en évaluer les risques puis à l'utiliser dans la prise de décision et l'action. L'option Mathématiques et Décision vise à apporter aux élèves à la fois les bases mathématiques des modèles les plus courants et les modèles managériaux fondamentaux. Au travers de l'option Mathématiques et Décision, les élèves pourront acquérir les compétences de la modélisation et l'analyse mathématiques, ainsi que de l'analyse des risques de problèmes complexes tels que ceux rencontrés en entreprise, en finance, en écologie, en biologie et en physique. Les prises de décisions dans ces milieux complexes et incertains seront contraintes à des considérations économiques et/ou physiques et de retour sur investissement en entreprise.

### Départements/laboratoires

Mathématiques-Informatique / Communication - Langages - Entreprise  
- Sports

### Programme

Les programmes d'enseignement sont déclinés selon les filières :

- Aide à la Décision en Entreprise (ADE)
- Mathématiques et Ingénierie du Risque (MIR)

Des parcours mêlant les approches des deux filières sont possibles après accords.

### Compétences visées

- ◇ Former à l'aide à la décision
- ◇ Donner des bases de modélisation mathématique et/ou managériale
- ◇ Renforcer la capacité d'abstraction

### Débouchés

voir les filières d'option MIR et ADE

### Pré-requis

Les élèves souhaitant suivre le cursus de l'option MD doivent avoir suivi les deux premières années à l'École Centrale de Lyon, ou tout autre cursus équivalent.

### Site web de l'option

<http://option-md.ec-lyon.fr/>



## MATHÉMATIQUES ET INGÉNIERIE DU RISQUE

Applied mathematics, and risk engineering

Responsable(s) : Elisabeth Mironescu

### Présentation

La filière Mathématiques et Ingénierie du Risque se concentre sur la modélisation et la simulation mathématiques, quels que soient les domaines d'application. La finalité de la formation est de permettre aux élèves ingénieurs d'avoir une vision large des techniques mathématiques utiles à la résolution de problèmes. Ainsi, les aspects déterministes (équations différentielles, aux dérivées partielles, optimisation) et les modèles stochastiques (processus discrets et continus, statistiques) sont tous deux étudiés, ainsi que les méthodes numériques associées. La possibilité d'approfondir au travers d'un double-cursus Master (en mathématiques appliquées, actuariat et finance, ou biostatistiques) permet aux élèves de se construire un parcours à la carte.

Les domaines d'application sont nombreux : R&D dans les grands groupes industriels, gestion des risques assuranciers et financiers, data science, industrie pharmaceutique, recherche publique.

### Départements/laboratoires

Département Mathématiques-Informatique, Institut Camille Jordan

### Programme

MD fo IM3.5 - Projet

2 modules au choix parmi :

MD fo IM3.2 - Introduction aux mathématiques financières

MD fo IM3.4 - Advanced Tools for Learning : when Convexity meets Sparsity

MD fo IM3.3 - Problèmes inverses et imagerie

### Compétences visées

- ◇ Former des ingénieurs au fait des techniques mathématiques actuelles
- ◇ Donner aux ingénieurs les outils en vue de la veille scientifique
- ◇ Permettre aux élèves ingénieurs le désirant de s'orienter vers une thèse en mathématiques appliquées

### Débouchés

Recherche et développement dans les secteurs nécessitant des compétences en modélisation déterministe et aléatoire, analyse numérique, statistique.

### Pré-requis

1 MOD parmi "Statistiques appliquées aux sciences de l'ingénieur" et "Méthodes numériques pour les EDP" (les 2 MOD sont conseillés).

2 MOS parmi "Algorithmes pour la décision d'entreprise", "Séries temporelles" et "Problèmes en domaines non bornés : analyse mathématique et simulation numérique"

### Évaluation

Moyenne équipondérée des 4 modules choisis.

### Site web de l'option

<http://option-md.ec-lyon.fr/MIR.php>

### Informations complémentaires

Parcours de master liés :

Mathématiques en Action (MeA) du master Mathématiques appliquées, statistique

Gestion des Risques en Assurance et en Finance (GRAF) du master Econométrie, Statistique

Biostatistique Biomathématique Bioinformatique et Santé (B3S) du master Santé publique





## ADVANCED TOOLS FOR LEARNING: WHEN CONVEXITY MEETS SPARSITY

ADVANCED TOOLS FOR LEARNING: WHEN CONVEXITY MEETS SPARSITY

Responsable(s) : Yohann De Castro

| Cours : 15 h | TD : 15 h | TP : 0 h | Autonomie : 0 h | BE : 0 h | Projet : 0 h | langue du cours :  |

### Objectifs de la formation

Un outil puissant en Machine Learning est d'optimiser une fonction convexe pour résoudre un problème d'apprentissage. Cela permet d'offrir une solution à des problèmes intrinsèquement complexes (clustering sur graphes, détection de communautés sur les réseaux) et/ou structurés (completion de matrices, imagerie médicale). L'objectif de ce cours sera d'étudier ces outils et de savoir les déployer dans des cas pratiques.

Mots-clés : Machine Learning; Convex Optimisation; High-Dimensional Statistics

#### Programme

Lectures, hands-on sessions, projects  
Detailed Program would be announced on the first Lecture

#### Compétences

- ◇ Python (SciKitLearn)
- ◇ Optimisation
- ◇ High-dimensional Probability
- ◇ Advanced Linear Algebra

#### Bibliographie

SIMON FOUCART, HOLGER RAUHUT. *A Mathematical Introduction to Compressive Sensing*. Springer Science & Business Media,, 2013.  
ROMAN VERSHYNIN. *High-Dimensional Probability*. Cambridge University Press, 2018.  
GÖTZ E. PFANDER. *Sampling Theory, A Renaissance*. Birkhäuser, 2015.

#### Contrôle des connaissances

Exam + Projet



## INTRODUCTION AUX MATHÉMATIQUES FINANCIÈRES

### INTRODUCTION TO FINANCIAL MATHEMATICS

Responsable(s) : Elisabeth Mironescu, Christophette Blanchet

| Cours : 14 h | TD : 4 h | TP : 0 h | Autonomie : 0 h | BE : 12 h | Projet : 0 h | langue du cours :  |

### Objectifs de la formation

~~~~~  
Ce cours a pour but de présenter quelques problèmes de mathématiques financières, en particulier l'évaluation et la couverture de produits dérivés de différents types en marché viable et complet.

La première partie sera consacrée aux modèles discrets et la seconde au modèle de Black-Scholes et à certaines extensions. La résolution numérique des problèmes abordés sera faite lors de deux TP de 4h sur machine.

Ce module fait appel aux notions de martingales, de temps d'arrêt, de mouvement brownien, d'intégrale stochastique de Itô et d'équations différentielles stochastiques.

Ce cours nécessite d'avoir suivi le MOD de processus Stochastiques.

**Mots-clés** : Mathématiques financières, modèle de Cox-Ross-Rubinstein, modèle de Black-Scholes, options, calcul stochastique, évaluation et couverture d'options.  
~~~~~

#### Programme

Modèles en temps discret, modèle de Cox-Ross-Rubinstein  
Modèle de Black-Scholes et extensions

#### Compétences

- ◇ Connaître la notion de marché non arbitré et complet
- ◇ Connaître les modèles classiques de mathématiques financières
- ◇ Savoir utiliser les outils de calcul stochastique pour construire un modèle d'actif
- ◇ Savoir implémenter dans ce contexte les méthodes type Monte-Carlo ou de discrétisations.

#### Bibliographie

LAMBERTON, D. ET LAPEYRE B.. *Introduction au calcul stochastique appliqué à la finance*. Ellipses, 1997.  
P. TANKOV, ET N. TOUZI. *Calcul Stochastique et finance (en anglais)*. <http://www.cmap.polytechnique.fr/~touzi/Poly-MAP55>, 2018.  
LAMBERTON, D. ET LAPEYRE B.. *Introduction to stochastic calculus applied to finance*. Chapman and Hall 2nd Edition, 2008.

#### Contrôle des connaissances


2 BE sur machine notés  
1 examen final



## PROBLÈMES INVERSES ET IMAGERIE

### AN INTRODUCTION TO INVERSE PROBLEMS

Responsable(s) : Laurent Seppecher, Abdelmalek Zine

| Cours : 20 h | TD : 2 h | TP : 0 h | Autonomie : 0 h | BE : 8 h | Projet : 0 h | langue du cours :  |

### Objectifs de la formation

Est-il possible de reconstruire la géométrie d'une membrane vibrante à partir de ses fréquences propres ? Détecter des fissures dans une pièce en mesurant sur son bord simultanément la température et/ou le flux. Ou encore déterminer les paramètres d'un système, connaissant son évolution.

Ces questions donnent lieu à ce qu'on appelle les « Problèmes Inverses ». Contrairement aux problèmes directs, généralement bien posés, les problèmes inverses sont souvent "mal posés" (non existence, non unicité ou non stabilité par rapport aux données).

On aborde, dans ce cours, les outils mathématiques et numériques de base concernant l'inversion de problèmes mal conditionnés (ou mal posés) et leur utilisation au travers d'applications dans quelques domaines d'ingénierie.

**Mots-clés** : Problèmes mal posés, solutions généralisées, moindres carrées, décomposition en valeurs singulières, régularisation, estimation de paramètres

#### Programme

- 1- Introduction
  - 2- Exemples de problèmes inverses
  - 3- Equations intégrales et leur résolution numérique
  - 4- Problèmes inverses linéaires : moindres carrés, quasi-solutions et SVD
  - 5- Régularisation des problèmes inverses mal posés
- Problèmes inverses non linéaires : identification de paramètres, méthode de l'état adjoint

#### Compétences

- ◇ Identifier les problèmes inverses, maîtriser les outils mathématiques pour les problèmes inverses linéaires
- ◇ Maîtriser les techniques de moindres carrés pour la génération de solutions de problèmes mal posés
- ◇ Utiliser la SVD pour les problèmes mal conditionnés
- ◇ Savoir utiliser quelques techniques de régularisation.

#### Bibliographie

- A. KIRSH. *An introduction to the mathematical theory of inverse problems*. Springer-Verlag, 1996.  
H. BRÉZIS. *Analyse fonctionnelle - Theorie et applications*. Masson, 1983.  
C.R. VOGEL. *Computational methods for inverse problems*. SIAM, 2002.

#### Contrôle des connaissances

- Examen écrits de 2 heures  
Comptes rendus de Bureaux d'étude



## PROJET MIR

*PROJECT MIR*

Responsable(s) : Elisabeth MIRONESCU, Christopette Blanchet

| Cours : 0 h | TD : 0 h | TP : 0 h | Autonomie : 0 h | BE : 8 h | Projet : 50 h | langue du cours :  |

### Objectifs de la formation

L'objectif du projet est d'allier sur un sujet de mathématiques appliquées : modélisation, analyse mathématique et mise en place d'algorithmes de résolution.

**Mots-clés** : Introduire, analyser et simuler un modèle mathématique.

#### Compétences

- ◇ Mettre au point et critiquer un modèle mathématique décrivant un phénomène complexe
- ◇ Analyser un modèle mathématique, déterministe ou aléatoire
- ◇ Mettre en oeuvre une simulation sur machine à l'aide d'un logiciel adapté

#### Travail en autonomie

**Objectifs** : Rédiger un rapport technique. Exposer en termes simples les résultats.  
**Méthodes** : Travail en groupe. Lecture d'articles scientifiques.

#### Contrôle des connaissances

Rapport et soutenance de projet



## AIDE À LA DÉCISION POUR L'ENTREPRISE

### Firm's decision making

Responsable(s) : Sylvie Mira Bonnardel

### Présentation

Comprendre les modèles et méthodes de décision d'entreprise  
Montrer à travers des simulations la pratique de la prise de décision d'entreprise.  
Comprendre le fonctionnement de l'entreprise  
Concevoir un système de pilotage et de suivi des facteurs clés de performance.

### Départements/laboratoires

CLES

### Programme

Simulation stratégique  
Optimiser la décision opérationnelle  
Les systèmes d'aides à la décision  
Projet

### Compétences visées

- ◇ Etablir et formuler un diagnostic d'entreprise
- ◇ Concevoir et optimiser un schéma décisionnel
- ◇ Intégrer les différentes composantes du management d'une entreprise
- ◇ Être capable d'estimer les effets financiers et stratégiques des décisions

### Débouchés

Conseil opérationnel et stratégique, Manager de projet, Analyste marché

### Évaluation

ADE 3.1 : 20%, ADE 3.2 : 20%, ADE 3.3 : 20%, ADE 3.4 : 40%,



## SIMULATION DE DÉCISIONS OPÉRATIONNELLES

### PROCESS SIMULATION

Responsable(s) : Emmanuel Boutleux

| Cours : 23 h | TD : 0 h | TP : 0 h | Autonomie : 0 h | BE : 31 h | Projet : 0 h | langue du cours :  |

### Objectifs de la formation

L'objectif principal est de modéliser des flux d'information au sein d'une organisation (système de production, plateforme logistique, administration, réseau de communication, ...). Qu'il s'agisse de concevoir ou bien d'analyser une organisation, la phase d'évaluation est une étape incontournable. En effet, avant d'effectuer des investissements souvent lourds, il est impératif de s'assurer que les solutions envisagées répondent aux objectifs.

Ce cours forme à la fois sur les principes et sur les outils d'analyse mathématique et les outils de simulation pour la spécification, la modélisation et l'évaluation des flux d'informations.

Ce cours fera l'objet d'applications pratiques de la modélisation par réseaux de Petri, et logiciels de simulation événementielle notamment Witness

Mots-clés : Analyse de flux, simulation opérationnelle

#### Programme

Présentation des concepts et méthodes  
Mise en application numérique sur réseaux de Petri et logiciel Witness

#### Compétences

- ◇ Savoir utiliser des outils de modélisation comportementale
- ◇ Savoir analyser un modèle de flux pour le valider
- ◇ Etre capable d'exploiter les résultats de simulation

#### Travail en autonomie


Objectifs : Apprendre à mettre en oeuvre une simulation  
Méthodes : Simulation sur PC



## SIMULATION DE DÉCISIONS STRATÉGIQUES ET FINANCIÈRES

### BUSINESS GAME

Responsable(s) : Sylvie Mira Bonnardel

| Cours : 21 h | TD : 0 h | TP : 0 h | Autonomie : 0 h | BE : 0 h | Projet : 0 h | langue du cours :  |

### Objectifs de la formation

Placer les élèves en situation d'acteur décisionnel en entreprise virtuelle mettant en oeuvre une logique entrepreneuriale et managériale multi variables en environnement concurrentiel.

Mots-clés : Stratégie d'entreprise, finance, KPI, tableau de bord

#### Programme

Diagnostic stratégique et financier  
Analyse concurrentielle  
Analyse des KPI opérationnels  
Tableau de bord et pilotage

#### Compétences

- ◇ Etablir et formuler un diagnostic d'entreprise
- ◇ Etablir et formuler une stratégie d'entreprise
- ◇ Concevoir un tableau de bord de pilotage
- ◇ Identifier les KPI pertinents et les suivre

#### Travail en autonomie

Objectifs : Comprendre le fondement théorique de la stratégie d'entreprise  
Méthodes : Recherche bibliographique

#### Bibliographie

SELMER C. *Concevoir le tableau de bord*. DUNOD, 2015.  
IRIBARNE P. *Les Tableaux de bord de la performance - Les concevoir et les aligner sur les facteurs clés de succès, les déployer en actions prioritaires*. DUNOD, 2009.  
JOHNSON, WHITTINGTON, SCHOLES, ANGWIN, REGNÉR, FRÉ. *Strategique*. PEARSON, 2014.

#### Contrôle des connaissances

Test



## SYSTÈMES ET OUTILS D'AIDE À LA DÉCISION

DECISION SUPPORT SYSTEMS

Responsable(s) : Sylvie Mira Bonnardel

| Cours : 0 h | TD : 0 h | TP : 0 h | Autonomie : 0 h | BE : 0 h | Projet : 0 h | langue du cours :  |

### Objectifs de la formation

Découvrir les systèmes d'information d'aide à la décision  
Comprendre leur positionnement dans le système d'information de l'entreprise  
Analyser leur contribution à la performance de l'entreprise  
Distinguer les différentes offres disponibles sur le marché

Mots-clés : outils d'aide à la décision, système d'information, reporting, tableaux de bord

#### Programme

Les systèmes d'information (SI)  
Business intelligence et SI décisionnels  
Tableaux de bord  
Data warehouse et data mining

#### Compétences

- ◇ Connaître l'écosystème décisionnel et les facteurs clés de succès dans la réalisation d'un projet de BI (Business Intelligence)
- ◇ Identifier des KPI (Key Performance Indicators) pour chacune des grandes fonctions de l'entreprise et déterminer des axes d'analyse pour l'aide à la décision
- ◇ Prendre en main des solutions de BI (open source)
- ◇ Savoir créer un état pour générer un rapport

#### Travail en autonomie

Objectifs : Mettre en forme des tableaux de bord  
Méthodes : Extraction et gestion de données

#### Bibliographie

FOUCARD JL. *La Boîte à outils du Pilote des Systèmes d'Information*. Dunod, 2010.  
LAUDON K. *Management des systèmes d'information*. Pearson, 2010.  
SELMER C. *Concevoir le tableau de bord*. Dunod, 2011.

#### Contrôle des connaissances

Etude de cas






## PROJET ADE

PROJECT

Responsable(s) : Sylvie Mira Boonnardel

| Cours : 0 h | TD : 50 h | TP : 0 h | Autonomie : 0 h | BE : 0 h | Projet : 0 h | langue du cours :  |

### Objectifs de la formation

Prend en charge un projet d'analyse d'activité

Mots-clés : analyse de marchés, modèle économique

#### Programme

Le projet se déroulera par groupe de 4 de Décembre à Mars, donnera lieu à quelques interventions d'industriels et à un pitch final

#### Compétences

- ◇ Identifier les données de marché pertinentes
- ◇ Interpréter les données de marché pour la prise de décision stratégique
- ◇ Savoir communiquer sur des données de marché et d'environnement
- ◇ Mettre en oeuvre une approche prospective

#### Contrôle des connaissances

Évaluation du projet sur résultat et processus



## TRANSPORT ET TRAFIC

### Traffic and Transportation

Responsable(s) : Olivier BAREILLE

130h

### Présentation

L'option Transport et Trafic est une formation généraliste ouverte sur les problématiques des transports. C'est une formation pluridisciplinaire orientée vers le véhicule et la mobilité. Par les moyens mis en oeuvre, elle vise à faire de ses élèves les architectes et les responsables de projets transversaux. Ceux-ci ont alors accès à une culture globale du secteur leur permettant de s'intégrer rapidement aux seins des structures industrielles de ce dernier. Cette formation est moins une spécialisation qu'une ouverture à toutes les spécificités du transport. La coordination des modules ouverts sectoriels avec les activités des modules spécifiques permet d'offrir un parcours de formation adapté aux premiers objectifs professionnels de chacun tout en gardant une cohérence dans la progression.

### Départements/laboratoires

### Programme

Deux actions de formation communes

- « Transport et société »
- « Infrastructures et mobilité »

Deux filières au choix : "Trafic et environnement" ou "Technologie véhicule"

Un projet d'option : étude de cas industriel sur toute la durée de l'option

### Compétences visées

- ◇ comprendre les enjeux du secteur des transports en termes développement et de production industrielle
- ◇ apporter une démarche structurée et collaborative à la recherche d'une solution technique
- ◇ interagir entre les différentes disciplines impliquées dans le développement de solutions innovantes, durables et économiquement viables
- ◇ manipuler les notions scientifiques pertinentes dans le cadre d'une méthode d'analyse adaptée, préalablement au choix de solutions en tous points compatibles.

### Débouchés

Infrastructure des transports, Logistique des transports, Services R&D, Conception en bureaux d'études, Industrialisation de produit

### Informations complémentaires

Les thèmes abordés au cours de cette formation permettent de mettre en place des parcours coordonnés avec certains masters afin de permettre l'accès à deux diplômes simultanément : les masters de l'école doctorale MEGA, le master Matériaux, le master Génie Electrique, Génie des Procédés.



## TRAFIC ET ENVIRONNEMENT

### Traffic and environment

Responsable(s) : Olivier BAREILLE

### Présentation

Cette filière aborde plus spécifiquement les thèmes suivants: trafic, logistique, sécurité routière et environnementale. Elle s'articule autour de différents points (liste non-exhaustive qui peut évoluer en fonction des intervenants):

- Système et infrastructures de transports
- Nuisance et environnement
- Sécurité et trafic
- Logistique des transports

### Départements/laboratoires

### Programme

- TE3.1 Transport et société
- TE3.2 Ingénierie des transports
- TE3.3 Sécurité des transports
- TE3.4 Logistique des transports
- TE3.5 Projet
- TE3.6 Visites de sites

### Compétences visées

- ◇ connaître la structure d'organisation d'un projet d'infrastructure de transport
- ◇ identifier les acteurs majeurs et leurs interactions dans la réalisation d'un réseau de transport
- ◇ hiérarchiser les nuisances et les risques dans un environnement de transport

### Débouchés

Infrastructure des transports, Logistique des transports, Services R&D, Conception en bureaux d'études, Industrialisation de produit



## TRANSPORTS ET SOCIÉTÉ

*SOCIETY AND TRANSPORTS*

Responsable(s) : Olivier BAREILLE, Benjamin CHOUVION

| Cours : 0 h | TD : 0 h | TP : 0 h | Autonomie : 0 h | BE : 0 h | Projet : 0 h | langue du cours :  |

### Objectifs de la formation

~~~~~  
Ce module de formation a pour objectif de donner une vision large et précise des systèmes des transport et de leurs interactions. L'évolution des solutions de transport et leurs impacts sur la société sont ici présentés par des acteurs majeurs des transports urbains, aériens, ferroviaires et automobiles.

Mots-clés : Modes de transport, Société, Stratégies de concurrence, Transports alternatifs  
~~~~~

#### Programme

Transport aérien  
Transport public  
Transport ferroviaire  
Automobile et société  
Tarification

#### Compétences

◇ Capacité à analyser le contexte (organisationnel, institutionnel, sociétal, marchand)  
◇ Capacité à prendre en compte les enjeux sociétaux, juridique, financier, économique, réglementaire

#### Contrôle des connaissances

note de méthodologie : 100%  
validation par présence en cours



## INGÉNIERIE DES TRANSPORTS

*TRANSPORTS ENGINEERING*

Responsable(s) : Olivier BAREILLE, Benjamin CHOUVION

| Cours : 0 h | TD : 0 h | TP : 0 h | Autonomie : 0 h | BE : 0 h | Projet : 0 h | langue du cours :  |

### Objectifs de la formation

L'ingénierie des transports est ici abordée sous deux angles.

Solutions techniques véhicule : liaison au sol, prestations, véhicule : acoustique et confort, approche organique / architecture véhicule.

Solutions de mobilité : architecture de transport collectifs, intégration urbaine de solutions de transport multi-modal, méthode de conception de ligne de transports.

Mots-clés : Mobilité, Véhicule, Organes véhicule, Réseaux de transports

#### Compétences

◇ Capacité à appréhender toutes les dimensions scientifiques et techniques d'un projet

#### Contrôle des connaissances

note de savoir : 100%  
examen écrit individuel terminal



## SÉCURITÉ DES TRANSPORTS

*TRANSPORTS SECURITY*

Responsable(s) : Olivier BAREILLE, Benjamin CHOUVION

| Cours : 0 h | TD : 0 h | TP : 0 h | Autonomie : 0 h | BE : 0 h | Projet : 0 h | langue du cours :  |

### Objectifs de la formation

~~~~~  
Ce module, destiné aux élèves de la filière Trafic et Environnement mais pas exclusivement, permet d'obtenir une connaissance des technologies de sécurité automobile et des méthodes d'intégration de nouvelles solutions, en tenant compte de l'ergonomie du véhicule.

Mots-clés : Sécurité passive, Choc, Accidentologie  
~~~~~

#### Programme

Organes de sécurité passive automobile.  
Technologies mises en oeuvre pour l'étude de la sécurité passive automobile.  
Biomécanique des Chocs : application à la Sécurité Passive.  
Biomécanique et ergonomie.

#### Compétences

◇ Capacité à intégrer les règles et normes qualité / sécurité / environnementales

#### Contrôle des connaissances

Méthodologie 100%



## LOGISTIQUE DES TRANSPORTS

*TRANSPORTS LOGISTICS*

Responsable(s) : Olivier BAREILLE, Benjamin CHOUVION

| Cours : 0 h | TD : 0 h | TP : 0 h | Autonomie : 0 h | BE : 0 h | Projet : 0 h | langue du cours :  |

### Objectifs de la formation

Apprentissage par la mise en oeuvre des méthodes de conception de solutions logistiques. Travaux pratiques de d'initiation à la logistique des transports pour les élèves n'ayant pas suivi d'enseignement dédié au MOD ou MOS.

Mots-clés : Logistique, Transport de marchandises

#### Programme

Développer une solution de distribution de courrier innovante pour une entreprise  
Séance de travaux pratiques en mode projet.

#### Compétences

- ◇ Capacité à proposer un ou plusieurs scénarios de résolution
- ◇ Capacité à prendre en compte l'incertitude générée par la complexité

#### Contrôle des connaissances

Savoir-faire 100%



## PROJET TT

TT PROJECT

Responsable(s) : Olivier BAREILLE, Benjamin CHOUVION

| Cours : 0 h | TD : 0 h | TP : 0 h | Autonomie : 0 h | BE : 0 h | Projet : 0 h | langue du cours :  |

### Objectifs de la formation

Mise en application sur un cas pratique des méthodes et des savoirs vus à travers les MOS et les interventions "TE 3.2 Ingénierie des transports". C'est en outre l'occasion de poursuivre les apprentissages du travail en mode projet mis en oeuvre au cours de la formation initiale.

Mots-clés : projet, équipe de travail, étude de cas, définition des objectifs, organigramme des tâches, planification

#### Programme

Par groupes de cinq à six, les élèves de l'option Transport et Trafic développent une solution technique dans le cadre d'une problématique véhicule ou mobilité.  
Sur la base d'une analyse préalable de l'existant, la recherche de solutions est conduite en tenant compte du cadre normatif, des conditions environnemental et de l'impact sociétal.

#### Compétences

- ◇ Capacité à intégrer les règles et normes qualité / sécurité / environnementales
- ◇ Capacité à associer les logiques économiques / responsabilité sociétale et écoresponsabilité
- ◇ Capacité à appréhender toutes les dimensions scientifiques et techniques d'un projet

#### Contrôle des connaissances

savoir-faire 100 %  
remise d'un rapport,  
présentation d'un poster,  
soutenance orale





## VISITES DE SITES

### SITES VISITS

Responsable(s) : Olivier BAREILLE, Benjamin CHOUVION

| Cours : 0 h | TD : 0 h | TP : 0 h | Autonomie : 0 h | BE : 0 h | Projet : 0 h | langue du cours :  |

## Objectifs de la formation

Découverte des métiers et des acteurs du secteur des transports : constructeurs et équipementiers.

Mots-clés : automobile, véhicule industriel, motorisation

### Programme

Deux à trois jours, en temps cumulé, de visites sur site industriel : présentations techniques, visite d'outils des production et de bancs de test. Echanges avec les ingénieurs en poste.

### Compétences

◇ Capacité à collecter et analyser de l'information avec logique et méthode

### Contrôle des connaissances

Méthodologie 100%  
Validation par présence en séance.



## TECHNOLOGIES DES VÉHICULES

### Vehicle technology

Responsable(s) : Olivier BAREILLE

### Présentation

Cette filière aborde plus spécifiquement le thème du véhicule.

Organisation thématique du cursus (liste non-exhaustive):

- Véhicules alternatif, hybrides et électrique
- Technologie des organes
- Innovations technologiques

### Départements/laboratoires

### Programme

- TV3.1 Transport et société
- TV3.2 Ingénierie des transports
- TV3.3 Dynamique véhicule
- TV3.4 Organes et architecture véhicule
- TV3.5 Projet
- TV3.6 Visites de sites

### Compétences visées

- ◇ identifier les systèmes adaptés à un environnement véhicule
- ◇ concevoir une solution d'architecture véhicule
- ◇ concevoir une solution mobile de développements technologiques

### Débouchés

Infrastructure des transports, Logistique des transports, Services R&D, Conception en bureaux d'études Industrialisation de produit



## TRANSPORTS ET SOCIÉTÉ

*SOCIETY AND TRANSPORTS*

Responsable(s) : Olivier BAREILLE, Benjamin CHOUVION

| Cours : 0 h | TD : 0 h | TP : 0 h | Autonomie : 0 h | BE : 0 h | Projet : 0 h | langue du cours :  |

### Objectifs de la formation

~~~~~  
Ce module de formation a pour objectif de donner une vision large et précise des systèmes des transport et de leurs interactions.

L'évolution des solutions de transport et leurs impacts sur la société sont ici présentés par des acteurs majeurs des transports urbains, aériens, ferroviaires et automobiles.

**Mots-clés :** Modes de transport, Société, Stratégies de concurrence, Transports alternatifs  
~~~~~

#### Programme

Transport aérien  
Transport public  
Transport ferroviaire  
Automobile et société  
Tarification

#### Compétences

◇ Capacité à analyser le contexte (organisationnel, institutionnel, sociétal, marchand)  
◇ Capacité à prendre en compte les enjeux sociétaux, juridique, financier, économique, réglementaire

#### Contrôle des connaissances

note de méthodologie : 100%  
validation par présence en cours



## INGÉNIERIE DES TRANSPORTS

*TRANSPORTS ENGINEERING*

Responsable(s) : Olivier BAREILLE, Benjamin CHOUVION

| Cours : 0 h | TD : 0 h | TP : 0 h | Autonomie : 0 h | BE : 0 h | Projet : 0 h | langue du cours :  |

### Objectifs de la formation

L'ingénierie des transports est ici abordée sous deux angles.

Solutions techniques véhicule

- liaison au sol
- prestations véhicule : acoustique et confort
- approche organique / architecture véhicule

Solutions de mobilité

- architecture de transport collectifs
- intégration urbaine de solutions de transport multi-modal
- méthode de conception de ligne de transports

Mots-clés : Mobilité, Véhicule, Organes véhicule, Réseaux de transports

#### Compétences

◇ Capacité à appréhender toutes les dimensions scientifiques et techniques d'un projet

#### Contrôle des connaissances

note de savoir : 100%  
examen écrit individuel terminal



## DYNAMIQUE DES VÉHICULES

VEHICULE DYNAMICS

Responsable(s) : Olivier BAREILLE, Benjamin CHOUVION

| Cours : 0 h | TD : 0 h | TP : 0 h | Autonomie : 0 h | BE : 0 h | Projet : 0 h | langue du cours :  |

### Objectifs de la formation

La dynamique véhicule est une des composantes de la formation aux technologies des véhicules.

La composante ferroviaire est abordée au même titre que celle des véhicules routiers.

La liaison au sol est présentée sous différents modèles de comportement qui intègrent les éléments de contact et ceux d'architecture de châssis afin d'optimiser la stabilité sous différents profils de mission.

Mots-clés : Dynamique, Véhicule, Stabilité, Comportement

#### Programme

Cours de dynamique ferroviaire + TD sur modèle numérique intégrant le contact roue-rail.  
Cours de dynamique véhicule automobile + BE de mise en application sur modèle réduit et modèle complet de véhicule.

#### Compétences

◇ Capacité à converger vers une solution acceptable (suivi hypothèses, ordres de grandeur ...)

#### Contrôle des connaissances

savoir-faire 100 %



## ORGANES ET ARCHITECTURE VÉHICULE

*VEHICLE'S BODY AND ARCHITECTURE*

Responsable(s) : Olivier BAREILLE, Benjamin CHOUVION

| Cours : 0 h | TD : 0 h | TP : 0 h | Autonomie : 0 h | BE : 0 h | Projet : 0 h | langue du cours :  |

### Objectifs de la formation

Certains organes et équipement du véhicule routier sont abordés du point de vue équipementier et intégrateur de solution d'architecture.

Les intervenants prennent ainsi le parti de présenter chacun un élément particulier à travers ses performances et ses interfaces au sein de l'architecture du véhicule.

**Mots-clés** : Motorisation, pneumatique, transmission

#### Programme

Mécanique du pneumatique. Liaison au sol.  
Motorisations traditionnelles et hybrides.  
Transmissions mécaniques.

#### Compétences

◇ Capacité à identifier les interactions entre éléments

#### Contrôle des connaissances

Méthodologie 100 %  
Validation par présence en cours.



## PROJET TT

*TT PROJECT*

Responsable(s) : Olivier BAREILLE, Benjamin CHOUVION

| Cours : 0 h | TD : 0 h | TP : 0 h | Autonomie : 0 h | BE : 0 h | Projet : 0 h | langue du cours :  |

### Objectifs de la formation

Mise en application sur un cas pratique des méthodes et des savoirs vus à travers les MOS et les interventions "TV 3.2 Ingénierie des transports".

C'est en outre l'occasion de poursuivre les apprentissages du travail en mode projet mis en oeuvre au cours de la formation initiale.

**Mots-clés** : projet, équipe de travail, étude de cas, définition des objectifs, organigramme des tâches, planification

#### Programme

Par groupes de cinq à six, les élèves de l'option Transport et Trafic développent une solution technique dans le cadre d'une problématique véhicule ou mobilité.  
Sur la base d'une analyse préalable de l'existant, la recherche de solutions est conduite en tenant compte du cadre normatif, des conditions environnemental et de l'impact sociétal.

#### Compétences

- ◇ Capacité à intégrer les règles et normes qualité / sécurité / environnementales
- ◇ Capacité à associer les logiques économiques / responsabilité sociétale et écoresponsabilité
- ◇ Capacité à appréhender toutes les dimensions scientifiques et techniques d'un projet

#### Contrôle des connaissances

savoir-faire 100 %  
remise d'un rapport,  
présentation d'un poster,  
soutenance orale



## VISITES DE SITES

### SITES VISITS

Responsable(s) : Olivier BAREILLE, Benjamin CHOUVION

| Cours : 0 h | TD : 0 h | TP : 0 h | Autonomie : 0 h | BE : 0 h | Projet : 0 h | langue du cours :  |

## Objectifs de la formation

Découverte des métiers et des acteurs du secteur des transports : constructeurs et équipementiers.

Mots-clés : automobile, véhicule industriel, motorisation

### Programme

Deux à trois jours, en temps cumulé, de visites sur site industriel : présentations techniques, visite d'outils des production et de bancs de test. Echanges avec les ingénieurs en poste.

### Compétences

◇ Capacité à collecter et analyser de l'information avec logique et méthode

### Contrôle des connaissances

Méthodologie 100%  
Validation par présence en séance.



# **LES MODULES OUVERTS SECTORIELS - MOS (2020-2021)**

## **RESPONSABLES**

**Grégory VIAL, directeur des études**

**Ségolène CALLARD, directrice adjointe au tronc commun**



## AÉRODYNAMIQUE TRANSSONIQUE

TRANSONIC AERODYNAMICS

Responsable(s) : Stéphane AUBERT

| Cours : 20 h | TD : 0 h | TP : 0 h | Autonomie : 0 h | BE : 8 h | Projet : 0 h | langue du cours :  |

### Objectifs de la formation

La maîtrise des phénomènes physiques inhérents au caractère compressible d'un écoulement gazeux à fort nombre de Mach est indispensable dans les phases de conception des aéronefs en vol transsonique ou supersonique et des turbines à gaz de nouvelle génération. L'objectif de ce cours est de donner les bases théoriques de l'aérodynamique supersonique, puis de les appliquer à des configurations externes (aile, nez de fuselage,...) et internes (compresseurs, turbines) grâce à des méthodes analytiques simplifiées et éprouvées.

**Mots-clés :** écoulements compressibles, supersonique, onde de choc, onde de détente, interactions, méthodes analytiques

#### Programme

Mécanique des fluides compressibles et supersonique  
Rappel des éléments essentiels de la théorie des fluides compressibles (1D et 2D)  
Méthode des caractéristiques – Onde de détente  
Ondes de choc droit et oblique.

Aérodynamique externe transsonique  
Écoulements transsoniques/supersoniques autour d'un profil d'aile.  
Théorie linéarisée  
Phénomènes physiques : nombre de Mach critique, développement d'une poche supersonique, comportement de l'écoulement dans une interaction choc – couche limite

Aérodynamique interne transsonique  
Intérêt des écoulements transsoniques en turbomachine et problèmes associés  
Notions d'incidence unique et de blocage sonique  
Conséquences sur les règles de conception.

#### Compétences

- ◇ Formuler et appliquer des modèles d'écoulement utilisables en aérodynamique compressible et transsonique
- ◇ Comprendre les phénomènes transsoniques en aérodynamique externe et interne
- ◇ Estimer la précision de la prédiction issue des modèles en vue de la détermination des grandeurs intéressantes du point de vue d'un concepteur.

#### Options / Masters

Aéronautique

#### Bibliographie

N.A. CUMPSTY. *Compressor Aerodynamics*. Krieger Publishing Company, 2004.  
J.D. ANDERSON. *Modern Compressible Flow*. Mc Graw Hill, 2003.

#### Contrôle des connaissances


examen écrit de 2h



## BRUIT DES TRANSPORTS

### TRANSPORTATION NOISE

Responsable(s) : Mohamed Ichchou, Marc Jacob

| Cours : 16 h | TD : 0 h | TP : 12 h | Autonomie : 0 h | BE : 4 h | Projet : 0 h | langue du cours :  |

### Objectifs de la formation

Le niveau sonore tant à l'intérieur qu'à l'extérieur des systèmes de transport est un élément important à prendre en compte dès la phase de conception : contraintes législatives fortes en terme de nuisances ; confort acoustique et vibratoire souvent déterminant dans le choix des clients. Ces bruits ont une origine multiple : systèmes de propulsion et de motorisation, ventilation et climatisation, écoulement instationnaire se développant autour des véhicules. Ce module traite des sources sonores liées aux différents moyens de transports, avec une attention particulière sur le transport aérien, et de leurs conséquences pour les niveaux de bruit perçus à l'intérieur et à l'extérieur des véhicules. Les cours liés au transport aérien sont assurés par des intervenants de SAFRAN Aircraft Engines.

Mots-clés : Acoustique, bruit, vibrations, confort, nuisances, systèmes de transport, automobile, ferroviaire, aéronautique

#### Programme

- I - Sources de bruit pour les transports terrestres. Législation et certification.
- II - Sources de bruit pour les transports aériens. Législation et certification. (SAFRAN AE)
- III - Technologies de réduction de bruit en aéronautique. (SAFRAN AE)
- IV - Localisation et Identification des sources. Mesures avancées (SAFRAN AE).
- V - Analyse du bruit solidien. Vibroacoustique. Approche SEA. Eléments de vibroacoustique numérique.

#### Compétences

- ◇ comprendre les enjeux bruit et vibration dans les transports
- ◇ connaître et être capable d'analyser les sources de bruit dans les transports
- ◇ résoudre des problèmes types en acoustique des transports

#### Options / Masters

Options Centrale Lyon : Aéronautique, Transports et trafic (MOS conseillé).  
Master : Acoustique (MOS conseillé) et Aéronautique et espace.

#### Bibliographie

- M. P. NORTON. *Fundamentals of noise and vibration analysis for engineers*. Cambridge University Press, 1989.
- F. FAHY. *Engineering Acoustics*. Academic Press, 2001.
- T.D. ROSSING. *Springer Handbook of Acoustics*. Springer Verlag, 2007.

#### Contrôle des connaissances


Examen écrit  
Rapports sur TP/BE



## CALCULS AVANCÉS EN DYNAMIQUE DES VÉHICULES

VEHICLE DESIGN

Responsable(s) : Olivier Bareille et Mohamed Ichchou

| Cours : 0 h | TD : 28 h | TP : 0 h | Autonomie : 0 h | BE : 0 h | Projet : 0 h | langue du cours :  |

### Objectifs de la formation

Ce module propose les concepts de base liés à la conception dynamique des véhicules. Les véhicules roulants seront principalement traités. Le module se base sur une analyse systémique permettant d'aborder les principales fonctions dynamiques des véhicules et leur conception. Ainsi, les notions de confort et de comportement dynamique seront exposées. Les différents niveaux de modélisation requis pour la conception sont également offerts. Les principaux organes des véhicules intervenants dans les fonctions précitées sont considérés. La modélisation des pneumatiques et du contact roue-rail, seront, étayés pour exemple. Le cours fournit également des notions sur les systèmes pilotés de suspension, de châssis permettant d'améliorer certaines fonctions dynamiques des véhicules roulants.

**Mots-clés** : Dynamique des véhicules; approches systèmes; confort dynamique; comportement des véhicules; systèmes pilotés; outils de conceptions.

#### Programme

1 - Introduction Présentation générale des problèmes liés à la conception des véhicules - Les différentes synthèses. 2- Le véhicule roulant Principaux organes, Principales sources de nuisances, description fonctionnelle 3- Le contact Pneu chaussée Modélisation des pneumatiques, stabilité des véhicules, bruit 4- Le contact roue-rail Eléments de description, outils d'analyse 5- Confort Dynamique Effets des vibrations sur le corps humain, filtres de confort, domaine fréquentiel, indice de confort dynamique 6- Compromis confort-comportement dynamique Présentation et quantification, éléments de systèmes pilotés 7 - Approche systémique classique Présentation des méthodes de calcul très basses fréquences, approches multi-physiques. 8 - Eléments de Mécanique des Multi-Corps Mécanique multi-corps,

#### Compétences

- ◇ Confort Dynamique
- ◇ Comportement dynamique
- ◇ Suspensions pilotés

#### Options / Masters

Transports et Trafic; Aéronautique et Espace

#### Bibliographie

GIANCARLO GENTA. *Motor Vehicle Dynamics, Modeling and Simulation*,. Series on Advances in Mathematics for applied Scie, 1997.  
T. D. GILLESPIE. *Fundamentals of vehicule dynamics*. society of automotive engineers, Warrendale, 1992.

#### Contrôle des connaissances


Contrôle continu pendant les 3 séances de BE  
Analyse individuel d'un article scientifique récent.



## CONTRÔLE ACTIF DU BRUIT ET DES VIBRATIONS

ACTIVE CONTROL OF NOISE AND VIBRATIONS

Responsable(s) : Marie-Annick Galland, Mohamed Ichchou

| Cours : 10 h | TD : 0 h | TP : 8 h | Autonomie : 0 h | BE : 10 h | Projet : 0 h | langue du cours :  |

### Objectifs de la formation

Le développement des systèmes de contrôle actif a connu un réel essor depuis une quinzaine d'années, malgré la simplicité du principe de base. D'une manière schématique, il s'agit pour réduire une perturbation indésirable, de générer une onde en opposition de phase afin de réaliser par superposition des interférences destructives. Cette méthode, principalement appliquée pour la réduction du bruit et des vibrations, est particulièrement intéressante aux basses fréquences. Le but de ce cours est de fournir les bases des principes et techniques utilisés. De nombreuses illustrations sont présentées, en acoustique, vibrations et écoulement (mécanique des fluides active). D'autres champs d'applications sont ensuite abordés : absorption active, amortissement actif, matériaux intelligents, ...

**Mots-clés :** contrôle actif, acoustique, vibrations, mécanique des fluides active, anti-bruit, filtrage numérique adaptatif temps réel, filtrage, analogique

#### Programme

- 1- Contrôle Actif en Acoustique
- 2- Algorithme de contrôle adaptatif.
- 3- Aspects énergétiques : contrôle local/contrôle global
- 4- Contrôle passif/semi-actif et actif des vibrations
- 5- Contrôle LQG appliqué aux vibrations - contrôle MIMSC
- 6- Éléments de structures intelligentes
- 7- Contrôle actif en vibroacoustique
- 8- Contrôle des instabilités en écoulement

Les séances de TP/ BE (12h) reflètent la variété des applications : - Casque Antibruit actif - Algorithmes de contrôle temps réel - Contrôle actif des vibrations d'une structure

#### Compétences

- ◇ identifier les cas d'application possible des méthodes de contrôle actif
- ◇ sélectionner les techniques de contrôle actif adaptées
- ◇ dimensionner les éléments d'un système de contrôle actif
- ◇ argumenter sur les limites des systèmes actifs mis en oeuvre

#### Options / Masters

Option : aéronautique, transport et trafic, génie civil et environnement  
Master : aéronautique & espace, acoustique, mécanique

#### Bibliographie

STEPHEN ELLIOTT. *Signal Processing for Active Control*,. Academic Press, 2001.  
LEONARD MEIROVICH. *Dynamic and control of structures*. John Wiley and Sons, 1990.  
P.A. NELSON, S.J. ELLIOTT. *Active Control of Sound*. Academic Press, 1992.

#### Contrôle des connaissances


- Comptes-rendus des TP/BE
- QCM final
- Présentation orale par 2 ou 3 : analyse critique d'un article scientifique récent



## COUCHES ULTRAMINCES ET SURFACES FONCTIONNALISÉES

FUNCTIONALIZED THIN LAYERS AND SURFACES

Responsable(s) : Stéphane Benayoun, Bertrand Vilquin

| Cours : 20 h | TD : 8 h | TP : 0 h | Autonomie : 0 h | BE : 0 h | Projet : 0 h | langue du cours :  |

### Objectifs de la formation

L'objectif de cet enseignement est, dans une première partie, d'étudier les relations entre conditions d'élaboration des couches minces, structure et microstructure associées, et les propriétés spécifiques souhaitées dans différents champs d'applications : mécaniques, optiques, électriques. La recherche de nouvelles performances, le développement des nanotechnologies et le souci d'innover imposent dès la conception une approche multifonctionnelle des objets envisagés. La surface, pour être l'interface avec le milieu extérieur, est le siège privilégié de sollicitations, d'endommagements, ou de propriétés qu'il convient d'optimiser et/ou de considérer à part de celle du volume du matériau.

**Mots-clés :** Couche mince, méthodes de dépôt, défauts, propriétés électriques, supraconductivité, propriétés optiques, propriétés mécaniques.

#### Programme

Dans le cadre de ce module on s'intéressera notamment aux propriétés :

- Mécaniques : Elasticité, plasticité, endommagement et d'adhésion des couches au substrat.
  - Électriques spécifiques des couches minces abordées en deux parties. Dans un premier temps, l'influence de la bidimensionnalité sur le transport des porteurs sera analysée. Le cas des couches d'épaisseurs nanométriques sera ensuite étudié en prenant en compte le caractère quantique de leurs propriétés électroniques.
  - Optiques des couches minces abordées dans le cadre de leurs applications à l'optique intégrée et de l'obtention de propriétés fonctionnelles spécifiques.
- Une dernière partie de ce cours sera consacrée à l'étude de couches monomoléculaires autoassemblées, et de leurs applications.

#### Compétences

- ◇ Connaître les mécanismes et les systèmes de fabrication d'une couche mince.
- ◇ Connaître les différentes propriétés et les applications d'une couche mince.

#### Options / Masters

Bio-ingénierie et nanotechnologies (BIN)  
Énergie  
Transport terrestre (TT)  
Equivalence avec les Masters Matériau et NSE.

#### Contrôle des connaissances

Test final écrit de 2h.



### ALGORITHMES POUR LA DÉCISION EN ENTREPRISE

DECISION SUPPORT ALGORITHMS

Responsable(s) : Joël Perret-Liaudet, Philippe Michel

| Cours : 14 h | TD : 4 h | TP : 0 h | Autonomie : 0 h | BE : 10 h | Projet : 0 h | langue du cours :  |

#### Objectifs de la formation

La confrontation à des problèmes complexes amène à un questionnement approfondi sur les méthodologies de modélisation et de résolution.

Modélisation, via la théorie des jeux, et applications au marchandage, à la biologie, à la politique et autres activités où les acteurs ont des choix rationnels à faire avec une connaissance partielle ou complète des données du jeu.

Résolution, via des méthodes heuristiques (recuit simulé, méthode Tabou, colonies de fourmis), en se focalisant sur une démarche permettant de choisir une ligne de conduite efficace pour atteindre un but dans un environnement complexe. L'objectif étant d'apporter une bonne compréhension des principales méthodes heuristiques et de leur portée.

Mots-clés : méthodes heuristiques, théories de jeux

#### Programme

Problèmes complexes  
Introduction générale aux heuristiques  
Quelques heuristiques : Recuit simulé, Algorithmes évolutionnaires, Essais particuliers  
Applications à l'optimisation difficile  
Introduction générale à la théorie des jeux  
Notion d'équilibre et applications  
Applications

#### Compétences

- ◇ modélisation
- ◇ résolution
- ◇ optimisation non standard

#### Bibliographie

COLIN F. CAMERER. *Behavioral Game Theory: Experiments in Strategic Interaction*. The Roundtable Series in Behavioral Economics, 2003.  
J. DRÉO, A. PÉROWSKI, P. STARRY, E. TAILLARD. *Métaheuristiques pour l'optimisation difficile*. Eyrolles, 2003.

#### Contrôle des connaissances


Examen 2h / BEs



## INFORMATIQUE GRAPHIQUE

COMPUTER GRAPHICS

Responsable(s) : Nicola Bonneel

| Cours : 0 h | TD : 28 h | TP : 0 h | Autonomie : 0 h | BE : 0 h | Projet : 0 h | langue du cours :  |

### Objectifs de la formation

L'informatique graphique est un domaine scientifique et technique en plein essor ayant de multiples applications et débouchés dans les industries ayant recours à la visualisation scientifique, la simulation, la planification, l'archivage numérique, la réalité virtuelle et aux loisirs numériques. Malgré les performances sans cesse croissantes des matériels, les problèmes algorithmiques, scientifiques et techniques persistent. On citera en particulier la gestion des masses de données pour la modélisation, l'édition et la visualisation de très grands modèles. L'objectif de ce cours est de présenter les algorithmes et structures de données fondamentales en informatique graphique sous plusieurs angles complémentaires : modélisation 3D, visualisation et synthèse d'image, édition interactive.

**Mots-clés :** Informatique Graphique. Modélisation 3D. Synthèse d'image. Algorithmes. Structures de données.

#### Programme

Géométrie algorithmique : algorithmes fondamentaux, calculs d'intersection et de séparation, structures de données spatiales.

Modélisation : état de l'art des représentations d'objets, modélisation à l'aide de surfaces implicites, maillages et traitements sur les maillages, compression, énumération spatiale.

Rendu réaliste : état de l'art des techniques de synthèse d'image, lancer de rayon stochastique, lancer de photon, radiosité.

#### Compétences

  A l'issu de cette UE l'élève doit être capable de maîtriser les modèles, algorithmes et outils abordés ainsi que leurs applications.

#### Options / Masters

Option 3A : Informatique. Secteurs : Jeux, Simulation, Serious Games, Animation.

#### Bibliographie

PETER SHIRLEY. *Fundamentals of Computer Graphics*. AK Peters (Second Edition), 2009.

TOMAS AKENINE-MOLLER, ERIC HAINES, NATY HOFFMAN. *Real-Time Rendering*. AK Peters (Third Edition), 2008.

HENRIK WANN JENSEN. *Realistic Image Synthesis Using Photon Mapping*. AK Peters, 2005.

#### Contrôle des connaissances

Examen, contrôle continu






## CHOIX DES MATÉRIAUX ET DES ASSEMBLAGES

CHOICE OF MATERIALS AND ASSEMBLIES

Responsable(s) : Stéphane Benayoun, Michelle Salvia

| Cours : 14 h | TD : 4 h | TP : 8 h | Autonomie : 0 h | BE : 0 h | Projet : 0 h | langue du cours :  |

### Objectifs de la formation

L'objectif de ce cours est l'apprentissage du choix des matériaux en tenant compte des procédés de fabrication, des méthodes d'assemblages et du recyclage pour la réalisation de structures dans les grands domaines industriels : transport (automobiles, aéronautiques et ferroviaires), sport, médical. Il existe un assez grand nombre de méthodes de choix de matériaux, de procédés d'élaboration et de traitements, comme celles développées par Ashby et Brechet qui s'appuient sur la notion d'indices de performance. Ces méthodes seront présentées, utilisées et critiquées. Une attention particulière sera portée aux traitements de surface, assemblages et aux composites dont les caractéristiques peuvent être optimisées suivant l'utilisation finale (constituants, architecture, mise en œuvre...).

**Mots-clés :** Conception matériau, analyse multi-critères, éco-conception, matériaux architecturés, mise en œuvre, traitement de surface, énergie surface, collage, comportement mécanique

#### Programme

La première partie de ce cours sera consacrée au choix des matériaux et des procédés de mise en forme. La recherche de nouvelles performances pour la réalisation d'une pièce et le souci d'innover imposent, dès la conception, une approche multi-critères pour le choix d'un matériau ou d'une structure. La seconde partie traitera des traitements de surface et des assemblages. Des applications réelles seront étudiées.

Introduction à la sélection des matériaux: méthodologie de la conception, cartes de propriétés, indices de performance, prise en compte de la forme, sélection multiastreintes

Composites: mise en œuvre, comportement aux échelles micro et macroscopique, optimisation de l'architecture du renfort, recyclage

Traitements de surface: interface solide-solide, adhésion, collage structural

#### Compétences

- ◇ L'élève doit connaître et maîtriser des méthodes étudiées
- ◇ L'élève doit être capable d'adapter ces méthodes à une application industrielle et d'analyser le problème posé pour la construction d'un cahier des charges
- ◇ L'élève doit être capable de mettre en œuvre l'objectif en optimisant au besoin les étapes de résolution pour un enjeu industriel spécifique
- ◇ L'élève doit savoir apprécier l'importance et les limites de ces approches par l'observation et la mesure

#### Options / Masters

Secteurs : de l'automobile, aéronautique mais aussi le sport, le médical et l'énergie.

Options : TT, AE, Master MISTE

#### Bibliographie

M.F. ASHBY, Y BRÉCHET, L. SALVIO. *Sélection des Matériaux et des procédés de mise en oeuvre*. Presse Polytechniques et Universitaires Romandes, 2001.

J.M. BERTHELOT. *Matériaux composites : Comportement mécanique et analyse des structures*. Lavoisier, 2005.

#### Contrôle des connaissances

Test écrit de 2 heures avec documents


Compte rendu BE - énergie de surface et collage



## MACRO ENERGIE

MACRO ENERGY

Responsable(s) : Jean-Pierre CLOAREC

| Cours : 28 h | TD : 0 h | TP : 0 h | Autonomie : 0 h | BE : 0 h | Projet : 0 h | langue du cours :  |

### Objectifs de la formation

Le modèle de développement des sociétés actuelles est basé sur une consommation d'énergie qui n'est pas soutenable à long terme.

Ce cours vise donc à permettre à un ingénieur généraliste d'acquérir une vision globale du système énergétique qui est indispensable aussi bien à la compréhension du contexte actuel que des défis auxquels les générations futures devront faire face.

Il apporte les connaissances fondamentales sur les aspects techniques, économiques et géopolitiques des filières énergétiques et des postes de consommation.

**Mots-clés :** Energies primaires, secondaire et finale, bilan énergétique, filières énergétiques; énergie-climat; énergie-développement; géopolitique de l'énergie; échelles internationale, nationale, locale.

#### Programme

Introduction: Energies primaires, secondaires et finales; les vecteurs d'énergie ; Les grands chiffres de l'énergie: production , consommation et réserves

Filière charbon.

Filière pétrole/gaz.

Les villes intelligentes: Illustration des problématiques économiques, technologiques, sociales d'un concept visant à réduire la demande énergétique et intégrant plusieurs technologies.

Gestion des systèmes énergétiques: illustration des différents niveaux de décision.

Le programme peut évoluer en fonction de la disponibilité des intervenants du monde de l'entreprise.

#### Compétences

◇ connaître les principaux ordre de grandeur de l'énergie au niveau mondial et savoir les manipuler

◇ comprendre et analyser un bilan au niveau d'un pays

◇ connaître les caractéristiques techniques et géopolitiques des principales filières énergétiques

◇ comprendre les aspects systémiques de la consommation énergétique

#### Options / Masters

Obligatoire pour l'option Energie

#### Bibliographie

JEAN FAVENNEC. *Géopolitique de l'énergie*. Technip, 2007.

CÉDRIC LESTRANGE ET AL. *Géopolitique du pétrole*. Technip, 2005.

SAMUELE FURFARI. *Enjeux géopolitiques - vol. 1et 2*. Technip, 2007.

#### Contrôle des connaissances

savoir: test de 2 heures (70%)


Savoir faire: études bibliographiques (30%)



## DYNAMIQUE DES MÉCANISMES

*DYNAMICS OF MECHANISMS*

**Responsable(s) : Joël Perret-Liaudet, Alain Le Bot**

| Cours : 12 h | TD : 6 h | TP : 0 h | Autonomie : 0 h | BE : 10 h | Projet : 0 h | langue du cours :  |

### Objectifs de la formation

Les mécanismes présentent des architectures très variées et souvent complexes qui exigent chacune des approches spécifiques. La conception de ces mécanismes impose de prendre en compte de plus en plus précisément leur comportement dynamique en vue d'optimiser le rapport performances / coût de fabrication. La performance peut être relative au gain de puissance massique comme à des prestations aussi variées que le confort sonore. Dans ce cadre, l'objectif de ce cours est de présenter des méthodes d'analyse, de modélisation, et de résolution qui permettent d'intégrer la plupart des phénomènes dynamiques mis en jeu. Il s'appuiera sur un ensemble d'exemples typiques de mécanismes pour illustrer la diversité des approches possibles, fonction des objectifs recherchés.

**Mots-clés :** Mécanismes, Erreurs de Transmission, Dynamique, Vibrations, Contacts, non linéaires, paramétriques.

#### Programme

Lois idéales de transmission : Géométrie – Cinématique – Dynamique.  
Erreurs de transmission. Définition, origines, caractéristiques, conséquences.  
Variabilité des performances : Origines des dispersions, tolérance, description statistique des lois entrée – sortie.  
Comportement dynamique type corps rigides : Approches vectorielle et analytique. Avantages et inconvénients. Notion d'équilibrage, principe.  
Vibrations de contact : non linéarité de Hertz et de jeux, impacts, cliquetis, affolements.  
Instabilités de frottement : lois de frottement, vibrations auto-entretenues crissement.  
Phénomènes paramétriques : origines dans les mécanismes, instabilités et résonances.  
Modélisation aux échelles locale et globale des mécanismes. Exemple de modèles réelles de l'ingénierie.

#### Compétences

- ◇ Mise en équation de la dynamique multicorps de mécanismes
- ◇ Connaître et être capable d'identifier des comportements vibratoires courants dans les mécanismes
- ◇ Description de ces comportements (résonances non linéaires, paramétriques, vibrations autoentretenues, ...)
- ◇ Approche globale du comportement elastodynamique (méthodes spécifiques / éléments finis)

#### Options / Masters

Génie mécanique / dynamique / vibroacoustique  
UE Master MEGA - Génie mécanique  
Secteurs des transports et de l'énergie

#### Contrôle des connaissances

Examen écrit (100% savoir).  
Projet / Bureau d'études (100% savoir faire)



## COMPATIBILITÉ ÉLECTROMAGNÉTIQUE DES SYSTÈMES DE PUISSANCE ET INTERACTION AVEC LEUR ENVIRONNEMENT

ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY

Responsable(s) : Christian Voltaire

| Cours : 12 h | TD : 4 h | TP : 4 h | Autonomie : 0 h | BE : 8 h | Projet : 0 h | langue du cours :  |

### Objectifs de la formation

L'utilisation massive des télécommunications et des systèmes de conversion d'énergie électrique conduit à devoir prendre en considération la "pollution électromagnétique" liée à l'activité humaine, l'objectif étant la sûreté de fonctionnement (cohabitation électromagnétique). Avec le développement de dispositifs de plus en plus autonomes (EnR, voiture, drone), les voies d'accès électromagnétiques (ondes, câbles ...) sont devenues des entrées potentielles pour des signaux visant à perturber le fonctionnement voire prendre le contrôle de la cible. On peut aussi évoquer les problèmes d'exposition des personnes aux champs électromagnétiques issus des activités humaines qu'il faut savoir contrôler. Objectifs : présentation des sources de perturbations, couplages, défaillances et contre-mesures.

**Mots-clés** : Compatibilité électromagnétique, sources de perturbations naturelles et liées à l'activité humaine (intentionnelles ou non), couplages, victimes, exposition aux ondes électromagnétiques, contre-mesures, modélisation, techniques de mesures, normes.

#### Programme

Chapitre I : La problématique de la CEM  
Chapitre II : Champs et ondes électromagnétiques  
Chapitre III : Les sources de perturbations  
Chapitre IV : Etude des modes de couplage conduits et rayonnés  
Chapitre V : Les moyens actuels d'étude et d'essai  
Chapitre VI : Méthodes de prévention et de protection  
Chapitre VII : Champs électromagnétiques et milieux biologiques

#### Compétences

- ◇ Appréhender les problèmes de CEM
- ◇ Savoir analyser un système complexe et en déduire les paramètres majeurs influents sur la CEM
- ◇ Savoir proposer des solutions d'amélioration et de contre mesure CEM

#### Options / Masters

Transports (aéronautique, terrestre), industrie

#### Bibliographie

P. DEGAUQUE, J. HAMELIN. *Compatibilité Electromagnétique*. Dunod, 1990.  
YVON MORI. *Compatibilité électromagnétique*. Lavoisier, 2007.  
M. MARDIGUIAN. *Manuel pratique de CEM ; prédiction et solutions aux perturbations*. Editions Prana R & D, 1992.

#### Contrôle des connaissances

Un test final à l'issue du cours et des travaux dirigés (questions de cours et exercices d'applications).



## OUVRAGES DE PRODUCTION D'ÉNERGIE

STRUCTURES FOR POWER GENERATION

Responsable(s) : Eric VINCENS

| Cours : 20 h | TD : 0 h | TP : 0 h | Autonomie : 0 h | BE : 8 h | Projet : 0 h | langue du cours :  |

### Objectifs de la formation

1. Connaître les ouvrages associés à la production d'énergie nucléaire, hydro-électrique et éolienne.
2. Savoir appliquer les notions de base de conception et de sécurité

Mots-clés : Systèmes électriques, centrale nucléaire, barrages, sécurité, conception, énergie éolienne

#### Programme

Ouvrages nucléaires

1. Présentation des plans généraux des sites (emplacements relatifs et rôle des ouvrages)
2. Les textes régissant la conception et l'exploitation des ouvrages nuc, ayant un impact sur la conception
3. Les exigences de sûreté et installation générale du génie civil
4. La conception du GC : des textes de base aux critères de dimensionnement
5. Introduction aux études de fiabilité simplifiées appliquées au génie civil
6. Les enceintes de confinement
7. Les grands aéro-réfrigérants

Ouvrages hydro-electriques

1. Les ouvrages
2. Les projets
3. Les modes de ruptures
4. Les fonctions de conception
5. Les mesures compensatoires

Développement d'un projet éolien (on shore et offshore)

#### Compétences

- ◇ Conception des aménagements
- ◇ Evaluation de la Sécurité

#### Options / Masters

Option Energie  
Option Génie Civil & Environnement  
Master Génie Civil

#### Contrôle des connaissances

Examen de 2h (50%)  
Etude de BE par groupe de 2 (30%)  
Compte rendu de visites (20%)



## VÉHICULES HYBRIDES : MODÉLISATION ET GESTION DE L'ÉNERGIE

HYBRID ELECTRIC VEHICLES : MODELLING AND ENERGY MANAGEMENT

Responsable(s) : Arnaud BREARD

| Cours : 16 h | TD : 0 h | TP : 0 h | Autonomie : 0 h | BE : 12 h | Projet : 0 h | langue du cours :  |

### Objectifs de la formation

L'objectif de ce module est de présenter les véhicules électriques et hybrides ainsi que leurs composants. La modélisation, le dimensionnement et la gestion de l'énergie pour les véhicules hybrides et leurs composants sont étudiés.

Douze heures sont consacrées à des BE pour développer des modèles et simuler des véhicules. Les sujets abordés couvrent le développement de modèle des véhicules électriques, la modélisation et la gestion de la Toyota Prius, l'optimisation de la gestion de l'énergie des véhicules hybrides série.

**Mots-clés** : Véhicule hybride, véhicule électrique, modélisation systémique, batterie, moteur thermique, moteur électrique, normes anti-pollution, gestion d'énergie, bilan environnemental

#### Programme

La totalité des séances est assurée par des spécialistes du sujet, chercheurs de l'IFSTTAR.

- 1) Les véhicules à motorisation hybride : généralités, définitions, classification et modélisation systémiques.
- 2) Les batteries pour les véhicules électriques et hybrides : introduction, modélisation, utilisation, dimensionnement, sécurité et vieillissement.
- 3) Les moteurs thermiques et électriques : présentation générale, les différents moteurs électriques et leurs commandes, les différents moteurs thermiques, les normes anti-pollution, application sur véhicules électriques et thermiques.
- 4) La gestion d'énergie dans les véhicules hybrides : définition, optimisation, application au cas de la Toyota Prius, dimensionnement des systèmes, notion de bilan environnemental.
- 5) Application : 12h de BE.

#### Compétences

- ◇ Comprendre le principe de fonctionnement des constituants des véhicules électriques et hybrides (moteurs, batteries, convertisseurs électroniques de puissance...)
- ◇ Modéliser un véhicule hybride
- ◇ Dimensionner les constituants d'un véhicule électrique/hybride
- ◇ Simuler un système de gestion de l'énergie dans un véhicule hybride

#### Options / Masters

MOS conseillé pour les Options "Énergie" et "Transport et trafic" et pour les élèves en double inscription avec le parcours GE du master EEEA.

#### Bibliographie

- LINO GUZZELLA, ANTONIO SCIARRETTA. *Vehicle Propulsion Systems -- Introduction to Modeling and Optimization*. Springer, 2013.
- CHRIS MI, M. ABUL MASRUR, DAVID WENZHONG GAO. *Hybrid Electric Vehicles: Principles and Applications with Practical Perspectives*. Wiley, 2011.

#### Contrôle des connaissances


Test final sous forme de QCM et de questions ouvertes.  
Compte rendu et contrôle continu pendant les BE.



## MODÉLISATION ET GESTION DU TRAFIC

### TRAFFIC FLOW THEORY AND MANAGEMENT

Responsable(s) : Ludovic Leclercq

| Cours : 0 h | TD : 28 h | TP : 0 h | Autonomie : 0 h | BE : 0 h | Projet : 0 h | langue du cours :  |

### Objectifs de la formation

Ce cours présente tout d'abord les enjeux liés à la gestion du trafic et des déplacements en milieu urbain (multi-modalité, transport intelligent, nouvelles technologies de communication, véhicules autonomes...). Puis, les concepts élémentaires de la théorie du trafic routier et familiarise les étudiants avec quelques méthodes simples de calcul. Un aperçu est également donné des modèles continus d'écoulement et des outils numériques de simulation du trafic existants et des méthodes de régulation. Les concepts de l'affectation du trafic sur les réseaux sont également abordés.

**Mots-clés** : Systèmes de trafic, congestion, réseaux multimodaux, dynamique du trafic, chute de capacité

#### Programme

- 1a/ Présentation générale de l'exploitation des réseaux routiers et des principes de gestion du trafic.
- 1b/ La mesure et les outils d'analyse des données de trafic
- 2/ BE1: données de trafic - Analyse détaillée d'une période de congestion
- 3a/ Principes généraux de la modélisation du trafic
- 3b/ Les courbes de véhicules cumulés comme outil simple de modélisation de l'écoulement sur un axe autoroutier
- 4/ Théorie hydrodynamique de l'écoulement : approches Eulérienne et Lagrangienne
- 5/ Affectation statique du trafic et notions d'équilibre
- 6/ BE2: cas opérationnel - La régulation de la vallée de la Tarentaise
- 7/ Affectation dynamique du trafic et modèles de files d'attente

#### Compétences

- ◇ énoncer les principes de bases de la gestion du trafic
- ◇ utiliser les courbes de véhicules cumulés pour identifier différents phénomènes de trafic (congestion...), prévoir l'évolution de ceux-ci (temps de parcours...)
- ◇ identifier les principaux états de trafic à partir de données expérimentales et savoir quels modèles sont les plus adaptés pour les représenter
- ◇ Caractériser les impacts du caractère stochastique du trafic sur les retards et la capacité

#### Bibliographie

- TREIBER, KEISTING. *Traffic Flow Dynamics: Data, Models and Simulation*. Springer, 2013.
- DAGANZO. *Fundamentals of Transportation and Traffic Operations*. Pergamon Press, 1997.
- ELEFTERIADOU. *An Introduction to Traffic Flow Theory*. Springer, 2014.

#### Contrôle des connaissances

L'évaluation des étudiants est réalisée dans le cadre des rendus des BE et par l'intermédiaire d'un examen final.



## ÉCOULEMENTS INSTATIONNAIRES EN TURBOMACHINE

*UNSTEADY FLOWS IN TURBOMACHINERY*

Responsable(s) : Stéphane AUBERT, Alexis GIAUQUE

| Cours : 24 h | TD : 0 h | TP : 0 h | Autonomie : 0 h | BE : 4 h | Projet : 0 h | langue du cours :  |

### Objectifs de la formation

Les turbomachines impliquent des échanges entre le fluide et la structure qui permettent soit de récupérer de l'énergie (turbines), soit d'en apporter (compresseurs). Alors que les niveaux énergétiques peuvent être considérables, une partie du processus d'échange peut être déviée de l'objectif et produire des mécanismes instationnaires, pouvant aller jusqu'à la destruction de la turbomachine. L'objectif du cours est d'étudier ces mécanismes instationnaires et de répondre aux questions : pourquoi et comment sont-ils générés, comment se développent-ils, est-il possible de les contrôler ou de repousser leur apparition, est-il possible de les simuler ou de les mesurer expérimentalement ?

**Mots-clés** : turbomachine, écoulements instationnaires, aéroélasticité, instabilités, couplages

#### Programme

1. Dégradation des performances hors nominal : restriction du domaine de fonctionnement en multi-étages par effet cumulatif; quasi-stationnarité ou instationnarité majeure
2. Interactions roues mobiles - roues fixes : effets potentiels en subsonique et en supersonique; sillages à travers les turbines et les compresseurs; impacts sur la structure, vibrations forcées
3. Instabilités aérodynamiques : description, analyse et modélisation du pompage; le décrochage tournant; exemple de recherches actuelles en compresseur axial multi-étage
4. Couplage fluide-structure et instabilités aéroélastiques : historique de catastrophes liées au flottement; spécificité du flottement en turbomachine

#### Compétences

- ◇ Désigner les principaux phénomènes instationnaires en turbomachine
- ◇ Formuler des scénarios d'interaction entre ces phénomènes
- ◇ Evaluer les fréquences caractéristiques de ces phénomènes
- ◇ Décomposer en phénomènes physiques élémentaires un comportement simulé ou mesuré de l'écoulement en turbomachine

#### Options / Masters

Conseillé pour l'option Aéronautique; conseillé pour le master Aéronautique et Espace

#### Contrôle des connaissances

Examen écrit de 2h






## GÉNIE DE L'OcéAN ET DU LITTORAL

COASTAL AND OCEAN ENGINEERING

Responsable(s) : Richard Perkins, Julian Scott

| Cours : 18 h | TD : 0 h | TP : 4 h | Autonomie : 0 h | BE : 6 h | Projet : 0 h | langue du cours :  |

### Objectifs de la formation

L'objectif de ce cours est de fournir une compréhension physique des différents aspects de l'océan. La première partie du cours est consacrée à la dynamique de la houle, et la deuxième partie traite de son interaction avec une structure ou le littoral.

Mots-clés : Onde de surface, Houle, Océan, Littoral, Interaction fluid-structure, Transport solide, vibrations

#### Programme

1. Introduction

Les propriétés physico-chimiques de l'océan - les marées

2. Les ondes de surface de faible amplitude

Formulation générale, l'équation de dispersion, la cinématique des particules fluides - Énergie, réflexion, 'shoaling', réfraction et diffraction - Interaction houle-courant - Transport de masse, flux de quantité de mouvement...

3. Interaction vent-houle

Génération de la houle par le vent - The short-crested sea - La représentation spectrale de la houle

4. Impact de la houle

Interaction houle-structure (e.g. cylindre) – application aux plateformes pétrolières - Interaction houle-lit (frottement, transport solide) - Protection du littoral (murs de protection, brise lames, môles...)

#### Compétences

- ◇ Être capable d'identifier les différents régimes des ondes de surface.
- ◇ Savoir calculer les propriétés d'une onde de gravité en eau peu profonde.
- ◇ Estimer l'évolution des propriétés d'une onde lors de son passage d'une eau profonde à une eau peu profonde.
- ◇ Formuler la réponse d'une structure à une excitation oscillatoire créée par une onde de surface.

#### Options / Masters

Génie Civil et Environnement, Énergie  
Master : Mécanique (conseillé), SOAC (conseillé)

#### Bibliographie

DEAN, R.G. & DALRYMPLE, R.A. *Water wave mechanics for engineers and scientists..* Prentice Hall, 1991.  
POND, S. & PICKARD, G.L. *Introductory dynamical oceanography.* Pergamon Press, 1983.  
NIELSEN, P. *Coastal bottom boundary layers and sediment transport.* World Scientific Publishing, 1992.

#### Contrôle des connaissances


Examen final + Compte rendu de TP + Compte rendu des BE



## POLLUTION ATMOSPHÉRIQUE

### ATMOSPHERIC POLLUTION

Responsable(s) : Lionel Soulhac, Pietro Salizzoni, Didier Dragna

| Cours : 16 h | TD : 4 h | TP : 0 h | Autonomie : 0 h | BE : 8 h | Projet : 0 h | langue du cours :  |

### Objectifs de la formation

L'objectif du cours est de fournir aux étudiants les bases scientifiques et méthodologiques pour:

- Comprendre les enjeux et les problématiques liés à la pollution atmosphérique, dans les contextes industriels (rejets chroniques, risques accidentels) et d'aménagement du territoire, en particulier en milieu urbain
- Appréhender les phénomènes physiques et les modèles théoriques qui régissent la météorologie locale ainsi que le transport, la diffusion et la transformation de polluants dans l'atmosphère
- Connaître les approches de modélisation (principes, limitations) de la pollution atmosphérique

Mots-clés : Atmosphère, Pollution, Environnement, Risques, Modélisation

#### Programme

1. Introduction générale
2. Dynamique de la couche limite atmosphérique
3. Interface sol-atmosphère
4. Écoulements en terrain complexe
5. Dispersion atmosphérique
6. Dispersion atmosphérique
7. Fluctuations de concentration
8. Explosions

Le cours sera accompagné de deux séances de TD de 2h consacrées à des exercices et à deux séances de BE de 4h consacrées à la mise au point et à l'utilisation d'un modèle de dispersion atmosphérique adapté à l'étude d'un rejet de polluants.

#### Compétences

- ◇ Appréhender les enjeux de la pollution atmosphérique
- ◇ Connaître les principaux phénomènes physiques de la pollution atmosphérique
- ◇ Connaître les approches de simulation de la pollution atmosphérique
- ◇ Mettre en oeuvre un modèle de dispersion atmosphérique

#### Options / Masters

Options Génie Civil et Environnement, Energie, Transports  
Masters: Mécanique (conseillé), SOAC (obligatoire)

#### Bibliographie

BLACKADAR, A.K. *Turbulence and diffusion in the atmosphere*. Springer Verlag, 1997.

#### Contrôle des connaissances

50% Examen final + 50% Rapport de BE



## INFORMATIQUE D'ENTREPRISE

MANAGING BUSINESS INFORMATION SYSTEMS

Responsable(s) : Daniel Muller, Mohsen Ardabilian

| Cours : 0 h | TD : 28 h | TP : 0 h | Autonomie : 0 h | BE : 0 h | Projet : 0 h | langue du cours :  |

### Objectifs de la formation

À travers une série de conférences animées par des professionnels, ce cours vise à apporter une meilleure connaissance des systèmes, applications, méthodes, et métiers de l'informatique en entreprise, dont les réalités sont souvent très différentes et beaucoup plus riches que la vision que peuvent en avoir les étudiants.

Mots-clés : Informatique d'entreprise, systèmes d'information, métiers de l'informatique

#### Programme

Voici quelques conférences ayant eu lieu les années précédentes :

- "e-payment services", Cédric Lamarzelle, Atos Worldline
- "Architecture orientée services", Matthieu Girardin, CGI
- "Informatique et libertés", Correspondant informatiques et libertés, Centrale Lyon
- "Virtualisation HPC et Big Data", Jean-Daniel Bonnetot, OVH,
- "Les métiers de l'Open-Source", Valentin Clavreul, Smile
- "Outsourcing Applicatif", Philippe Ihuel, Sopra Group
- "Le SI des opérations", Xavier Leblanc, L'Oréal

En fonction de la disponibilité des entreprises et des intervenants, d'autres sujets pourront être abordés, comme : Intelligence économique et sécurité des SI, Cloud Computing, Applications mobiles, ERP, CRM, CMS, etc.

#### Compétences

- ◇ Appréhender la complexité et la diversité de l'informatique en entreprise
- ◇ Avoir une idée des divers métiers de l'informatique en entreprise

#### Options / Masters

Informatique

#### Contrôle des connaissances

QCM portant sur l'ensemble des conférences, basé sur des questions remises par chacun des intervenants



## NOUVELLES TECHNOLOGIES DE L'INFORMATION ET DE LA COMMUNICATION

INFORMATION TECHNOLOGY

Responsable(s) : Daniel Muller, Mohsen Ardabilian

| Cours : 0 h | TD : 28 h | TP : 0 h | Autonomie : 0 h | BE : 0 h | Projet : 0 h | langue du cours :  |

### Objectifs de la formation

À la convergence de l'informatique, des télécommunications, des réseaux d'entreprise, et du multimédia, le monde des Technologies de l'Information et de la Communication est en mutation permanente et nécessite de ce fait une veille active de la part des acteurs impliqués.

Cette action de formation vise à initier les étudiants à la veille technologique, aussi bien sur le plan théorique que pratique. En coordination avec l'équipe pédagogique les étudiants mettront en pratique la veille technologique en menant leur propre étude sur un sujet librement choisi. Chaque étudiant sera amené à exposer ses résultats à l'ensemble de ses pairs lors des ateliers organisés à cette fin.

**Mots-clés :** Veille technologique, technologies de l'information et de la communication, innovation

#### Programme

Introduction à la veille technologique et stratégique  
Les enjeux - Les outils  
Les grands domaines de la veille technologique - choix d'une problématique  
Exposés individuels par les élèves des sujets retenus

#### Compétences

- ◇ Etre capable de mener une veille technologique
- ◇ Savoir identifier les innovations dans son secteur d'activité
- ◇ Etre capable de rendre compte devant ses pairs

#### Options / Masters

Informatique

#### Bibliographie

F. JAKOBIAK. *L'intelligence économique, techniques et outils*. Dunod, 2009.

#### Contrôle des connaissances


QCM, exposé oral, processus et compte-rendu de veille



## GESTION DES RESSOURCES NATURELLES

*NATURAL RESOURCES AND THEIR MANAGEMENT*

Responsable(s) : Pietro Salizzoni, Mathieu Creyssels, Richard Perkins

| Cours : 14 h | TD : 0 h | TP : 0 h | Autonomie : 0 h | BE : 14 h | Projet : 0 h | langue du cours :  |

### Objectifs de la formation

L'objectif de ce cours est de fournir les connaissances de base pour permettre aux élèves de comprendre la distribution, disponibilité et exploitation des ressources naturelles, et l'impact de l'utilisation des ressources naturelles sur la biosphère et sur la qualité de vie.

Mots-clés : Ressources Naturelles, environnement, énergie , croissance économique

#### Programme

1. Introduction – la terre, sa composition, ses ressources
2. Ressources en Eau
3. Minéraux
4. Ressources énergétiques
5. Impact du changement climatique
7. Homme et environnement - Perspective historique
8. Scénario pour le futur: croissance ou effondrement?

#### Compétences

- ◇ se familiariser avec les grandes classes de ressources naturelles et leur répartition sur terre
- ◇ être conscient des différents besoins des ressources naturelles de la terre, et les raisons sous-jacentes de ces besoins
- ◇ être conscient de l'impact de l'exploitation des ressources sur l'environnement et la société
- ◇ acquérir une compréhension de base des liens entre l'exploitation des ressources et la croissance ou l'effondrement de la société.

#### Options / Masters

Options : Génie Civil et Environnement, Energie  
Master : Ce cours fait partie du Master RisE (obligatoire)

#### Bibliographie

DIAMOND, J.W. *Collapse: How Societies Choose to Fail or Succeed*. Penguin Book, New York., 2011.  
MACKEY D. *Sustainable Energy – without the hot air*. UIT Cambridge, 2008.  
AGNEW, C. AND WOODHOUSE, P.. *Water resources and development..* Routledge., 2011.

#### Contrôle des connaissances


Examen final (100%)



## GÉOTECHNIQUE

*ADVANCED FOUNDATION ENGINEERING*

**Responsable(s) : Eric Vincens**

| Cours : 0 h | TD : 28 h | TP : 0 h | Autonomie : 0 h | BE : 0 h | Projet : 0 h | langue du cours :  |

### Objectifs de la formation

Ce cours présente le dimensionnement des fondations des ouvrages ainsi que les techniques de confortement des sols en phase travaux ou phase définitive. Il s'appuie sur des connaissances de mécanique des sols qui auront dû être acquises issues du MOD2.6

**Mots-clés :** fondations superficielles, murs de soutènement, renforcement des sols, fondations profondes

#### Programme

Fondations superficielles  
Fondations profondes  
Soutien et confortement des sols

#### Compétences

- ◇ savoir analyser les contraintes-données d'un projet géotechnique
- ◇ dimensionner un système géotechnique (fondation, confortement)
- ◇ savoir choisir une solution technologique

#### Options / Masters

conseillé pour l'option Génie Civil et Environnement et en particulier très fortement pour la filière  
Ouvrages  
Master génie civil

#### Bibliographie

G. FILLIAT. *La pratique des sols et fondations*. EDITIONS DU MONITEUR, 1981.  
P. MESTAT. *De la rhéologie des sols à la modélisation des ouvrages géotechniques*. LCPC, 2000.

#### Contrôle des connaissances


un test avec partie sans documents et partie avec documents (coef 2/3)  
compte-rendus de BE (coef 1/3)



## PROBLÈMES EN DOMAINES NON BORNÉS : ANALYSE MATHÉMATIQUE ET SIMULATION NUMÉRIQUE

*PHYSICAL PROBLEMS IN UNBOUNDED MEDIA : MATHEMATICAL ANALYSIS AND NUMERICS*

Responsable(s) : Laurent Seppecher, Gregory Vial

| Cours : 10 h | TD : 6 h | TP : 0 h | Autonomie : 0 h | BE : 12 h | Projet : 0 h | langue du cours :  |

### Objectifs de la formation

Le but de ce cours est de donner les bases mathématiques pour l'étude d'équations aux dérivées partielles posées dans des domaines non bornés. On se concentre sur des problèmes modèles (équation de Laplace, de Helmholtz, des ondes) pour présenter le cadre mathématique et les principales méthodes numériques adaptées à ces problèmes.

**Mots-clés** : Phénomènes de propagation. Équations aux dérivées partielles. Domaines non bornés.

#### Programme

Chapitre 1. Généralités pour les problèmes stationnaires et harmoniques.

Chapitre 2. Problèmes instationnaires

Chapitre 3. Étude détaillée du problème de Helmholtz harmonique dans l'espace libre.

#### Compétences

- ◇ Être capable d'identifier les conditions à imposer pour qu'un problème en domaine non borné soit bien posé
- ◇ Être capable de mettre en place une méthode numérique pour un problème en domaine non borné
- ◇ Savoir quantifier l'erreur commise par la méthode numérique.

#### Options / Masters

option mathématiques et décision (filiale MIR), masters Mathématiques appliquées, statistique. Aéronautique et espace, Acoustique.

#### Bibliographie

- J.-C. NÉDELEC. *Acoustic and Electromagnetic Equations*. Springer, 2001.  
D. GIVOLI. *Numerical Methods for Problems in Infinite Domains*. Elsevier, 1992.  
L. LEHMANN. *Wave Propagation in Infinite Domains*. Springer, 2007.

#### Contrôle des connaissances

Un test écrit + notes de B.E.



## PHÉNOMÈNES COMPLEXES EN DYNAMIQUE DES STRUCTURES

COMPLEX PHENOMENA IN STRUCTURAL DYNAMICS

Responsable(s) : Olivier Dessombz & Jean-Jacques Sinou

| Cours : 4 h | TD : 0 h | TP : 0 h | Autonomie : 0 h | BE : 24 h | Projet : 0 h | langue du cours :  |

### Objectifs de la formation

Le comportement de structures réelles dépasse souvent le cadre de la mécanique de base pour diverses raisons. La nature non déterministe des structures, la présence de non-linéarités sont à prendre en compte pour mieux comprendre le comportement de ces structures dans des cas réels de fonctionnement en ingénierie

On se propose ici de donner des outils et d'aborder les méthodes classiques de l'ingénieur permettant d'introduire l'aléa et les non-linéarités dans les systèmes, et de décrire ainsi de manière plus réaliste le comportement des structures réelles et leur optimisation. Ces outils seront introduits au travers d'exemples simples mais significatifs. Ils seront empruntés au milieu industriel.

**Mots-clés** : Mécanique des solides, Dynamique des structures, Ingénierie des systèmes complexes, Incertitudes, Optimisation, Stabilité, Systèmes non-linéaires

#### Programme

- 1) Introduction
- 2) Instabilités
- 3) Comportement non-linéaire et méthodologie
- 4) Dispersion
- 5) Optimisation structurale

#### Compétences

- ◇ Formuler un problème complexe en dynamique des structures
- ◇ Expliquer des phénomènes physiques en dynamique des structures
- ◇ Evaluer selon des critères le fonctionnement dynamique d'un objet
- ◇ Connaître les sources d'incertitudes et de non linéarités et savoir comment les modéliser

#### Options / Masters

AERONAUTIQUE - TRANSPORTS TERRESTRES - GENIE CIVIL - ENERGIE

#### Bibliographie

- A.H. NAYFEH AND D.T. MOOK. *Nonlinear Oscillations..* John Wiley & Sons, 1979.  
A. PREUMONT. *Vibrations aléatoires et analyse spectrale.* Presses Polytechniques Romandes, 1990.  
D.-J. EWINS. *Modal Testing: theory and analysis, Research.* Study Press, 1984.

#### Contrôle des connaissances

Notes de BE  
Note de test écrit






## VISUALISATION INTERACTIVE DE DONNÉES

INTERACTIVE DATA VISUALIZATION

Responsable(s) : Romain Vuillemot

| Cours : 14 h | TD : 14 h | TP : 0 h | Autonomie : 0 h | BE : 0 h | Projet : 0 h | langue du cours :  |

### Objectifs de la formation

Ce cours a pour objectif de présenter les outils et méthodes situées au bout de la chaîne de traitement des Big Data: à savoir l'analyse visuelle et communication des données. Cette étape est cruciale aussi bien pour les analystes de données, mais aussi pour les décideurs qui doivent comprendre des résultats complexes sans être experts, au moyen d'interfaces graphiques intuitives et de tableaux de bords. Ce cours vous permettra également d'acquérir des compétences avec les standards de l'industrie dans ce domaine : Tableau, D3 et notebook Observable.

**Mots-clés :** Visualisation de données, méthodes de projection multidimensionnelles, algorithmes de layout de graphes, benchmark et développement logiciel de visualisation, méthodologie de test, JavaScript.

#### Programme

Introduction à la visualisation de données; Principes d'encodages visuels, perception, principes cognitifs et design; Typologie des graphiques, techniques d'interaction et d'animation; Etudes de cas, prototypage papier; Aspects algorithmiques et architectures logicielles de la visualisation; Cas d'études et utilisation d'outils de référence de l'industrie (Tableau, Raw, Google Fusion Table); Initiation et JavaScript avancé; Projet web de visualisation. Le détail du programme est en ligne sur le GitHub du cours : <https://github.com/LyonDataViz/MOS5.5-Dataviz>

#### Compétences

◇ A l'issue du cours, l'élève sera capable de faire un choix informé sur les méthodes et paramétrisation de méthodes visuelles d'analyse de données à utiliser.

#### Options / Masters

Secteur Informatique. Option Informatique et communication

#### Bibliographie

TAMARA MUNZNER. *Visualization Analysis and Design*. CRC Press, 2014.

SCOTT MURRAY. *Interactive Data Visualization for the Web*. O'Reilly, 2017.

ANYEL FISHER & MIRIAH MEYER. *Making Data Visual: A Practical Guide to Using Visualization for Insight*. O'Reilly, 2018.

#### Contrôle des connaissances

Devoirs notés (40%) et projet de visualisation (60%)



## INGÉNIERIE TISSULAIRE ET BIOMATÉRIAUX

TISSUE ENGINEERING AND BIOMATERIALS

Responsable(s) : Emmanuelle Laurenceau, Vincent Fridrici

| Cours : 24 h | TD : 0 h | TP : 0 h | Autonomie : 4 h | BE : 0 h | Projet : 0 h | langue du cours :  |

### Objectifs de la formation

L'objectif de ce cours est d'aborder les problèmes de réparation et de remplacement des tissus biologiques, ainsi que de donner les bases et principes de l'ingénierie tissulaire au travers de différents exemples (orthopédie, vasculaire, dentaire, cutané).

Mots-clés : Interactions matériaux-vivant, biomatériaux, reconstruction tissulaire, prothèses

#### Programme

Cellules et matrice extracellulaire  
Biocompatibilité et biomatériaux  
Biomatériaux en odontologie  
Ingénierie tissulaire de l'os et comportement mécanique  
Prothèses vasculaires, orthopédiques...  
Ingénierie tissulaire de la peau et tribologie  
Dispositifs médicaux

#### Compétences

- ◇ Connaître les bases du fonctionnement cellulaire
- ◇ Expliquer les principes de l'ingénierie tissulaire
- ◇ Sélectionner un biomatériau pour une application donnée
- ◇ Evaluer une publication scientifique

#### Options / Masters

Option Bio-ingénierie et nanotechnologie  
Module conseillé pour le Master IDS et pour le master Matériaux

#### Bibliographie

B.D. RATNER ET AL. *Biomaterials science : an introduction to materials in medicine*. Elsevier Academic Press, 3rd edition, 2013.  
R. LANZA ET AL. *Principles of tissue engineering*. Elsevier Press, 4<sup>th</sup> edition, 2013.

#### Contrôle des connaissances

Examen final écrit



## STRATÉGIE D'ENTREPRISE

### STRATEGIC MANAGEMENT

Responsable(s) : Sylvie Mira Bonnardel

| Cours : 28 h | TD : 0 h | TP : 0 h | Autonomie : 0 h | BE : 0 h | Projet : 0 h | langue du cours :  |

### Objectifs de la formation

Comprendre les principaux thèmes de réflexions en matière de stratégie d'entreprise ainsi que les modalités de conception de la stratégie d'une entreprise.

Identifier les modèles économiques et leur potentialité d'innovation.

Décrypter les modèles de concurrence sur les marchés.

Mots-clés : Stratégie, innovation, management, pilotage d'entreprise

#### Programme

Concevoir la stratégie d'entreprise, entre exploitation et exploration  
Stratégie et modèle économique  
Les stratégies concurrentielles  
L'entreprise dans son écosystème d'affaires  
Stratégie et innovation : organisation, processus, décision, apprentissage

#### Compétences

- ◇ Analyser un secteur d'activité
- ◇ Diagnostic stratégique d'une entreprise
- ◇ Concevoir des modèles économiques innovants

#### Options / Masters

Cours obligatoire pour option Mathématiques et décision, filière Aide à la Décision d'Entreprise

#### Bibliographie

FRERY F. *Stratégique*. Pearson, Paris, 2014.

JAOUEN A., LE ROY F. *L'innovation managériale*. Dunod, Paris, 2013.

MEIER O. *Stratégies et changement - Innovations et transformations des organisations*. Dunod, Paris, 2013.

#### Contrôle des connaissances


Etudes de cas  
Projet



## MICROSYSTÈMES, MICROCAPTEURS, MICROFLUIDIQUE

*MICROSYSTEMS, BIOSENSORS, MICROFLUIDICS*

**Responsable(s) : Emmanuelle Laurenceau, Ian O'Connor**

| Cours : 16 h | TD : 0 h | TP : 0 h | Autonomie : 4 h | BE : 12 h | Projet : 0 h | langue du cours :  |

### Objectifs de la formation

En partant de l'exemple d'un lab-on-chip pour l'analyse biologique, les problématiques liées à l'intégration de différentes composantes et fonctions sur un système miniaturisé seront développées et explicitées. Une introduction à la microfluidique (physique à l'échelle microfluidique, influence des lois d'échelle sur la miniaturisation des systèmes, hydrodynamique des systèmes microfluidiques, diffusion, mélange et séparation dans les microsystèmes) ainsi que des notions nécessaires à la compréhension des problèmes d'acquisition du signal de très faible amplitude seront présentées. Les cas des capteurs chimiques et biologiques seront tout particulièrement développés.

**Mots-clés :** Système miniaturisé, capteur et biocapteur, intégration, microfluidique

#### Programme

Microcapteurs chimiques, biologiques et physiques  
Electrocinétique, diffusion et mélange dans des microsystèmes  
Détection électronique, importance du bruit, contrôle électronique du déplacement de l'échantillon  
BE : Etude de biocapteurs  
BE : Microfluidique  
BE : Traitement du signal électronique

#### Compétences

- ◇ Connaître les bases du fonctionnement d'un microcapteur
- ◇ Savoir élaborer un microsystème pour une application donnée
- ◇ Extraire des données
- ◇ Analyser une publication scientifique

#### Options / Masters

Option Bio-ingénierie et nanotechnologies  
Module conseillé pour le Master IDS  
Module conseillé pour le Master NSE  
Module conseillé pour le Master EEEA parcours ESE

#### Bibliographie

COOPER JONATHAN M. *Biosensors*. Oxford University Press, 2004.  
FOLCH ALBERT. *Introduction to BioMEMS*. CRC Press, 2013.  
TABELING PATRICK. *Introduction à la microfluidique*. Belin, 2003.

#### Contrôle des connaissances


évaluations BE



## ÉCONOMÉTRIE DES SÉRIES TEMPORELLES

TIME SERIES ECONOMETRICS

Responsable(s) : Christian de Peretti

| Cours : 28 h | TD : 0 h | TP : 0 h | Autonomie : 0 h | BE : 0 h | Projet : 0 h | langue du cours :  |

### Objectifs de la formation

Une série temporelle est une suite d'observations indexée par le temps. Les principales applications des séries temporelles sont la modélisation des séries macroéconomiques et financières par des processus stochastiques à temps discret. Elles peuvent être aussi utilisées dans d'autres sciences comme la physique, la biologie, la géologie (crues du Nil), la santé (taux d'hormone dans le sang)...

Exceptionnellement, cette année le cours sera assuré par Denys Pommeret, Professeur de mathématiques à l'ISFA (Université Lyon 1). Des applications sur données réelles seront réalisées avec le logiciel Eviews.

**Mots-clés :** Processus stochastique à temps discret, économétrie, estimations, tests, interprétation économique, logiciel Eviews.

#### Programme

I/ Estimation de la tendance et de la saisonnalité d'un modèle additif (cours 4h)

I.1 Par régression

I.2 Par filtrage avec moyennes mobiles

I.3 Applications : TP sous R ou Eviews (4h)

II/ Les espaces L2 et les processus stationnaires (cours 4h ou 6h)

II.1 Rappels processus stationnaires

II.2 Fonction d'autocovariance (d'un processus stationnaire)

II.3 Rappels espaces L2

II.4 Fonction d'autocovariance partielle

II. 5 Estimation

III/ Les modèles ARIMA (cours 4h ou 6h)

III.1 Modèles MA

III.2 Modèles AR

III.3 Modèles ARMA

III.4 Modèles ARIMA

III.5 Caractérisation des modèles

III.6 Critères de choix de modèles

III.7 Prédictions

IV/ Illustrations modèles ARIMA

IV.1 TP sous R ou Eviews (4h)

IV.2 Projet sous R ou Eviews

#### Compétences

- ◇ Modélisation mathématique
- ◇ prévisions
- ◇ Tests d'hypothèses
- ◇ Applicable en économie, finance, physique, biologie etc...

#### Options / Masters

Master co-habilité avec l'ISFA.

#### Bibliographie

WALTER ENDERS. *Applied Econometric Time Series, 4th Edition*. Wiley, 2015.

#### Contrôle des connaissances

- 1) Projet 50%
- 2) Examen 1 heure 50%



## STABILITÉ DES MACHINES TOURNANTES

STABILITY OF ROTATING MACHINES

Responsable(s) : F. Thouverez et L. Blanc

| Cours : 16 h | TD : 0 h | TP : 8 h | Autonomie : 0 h | BE : 4 h | Projet : 0 h | langue du cours :  |

### Objectifs de la formation

Les machines tournantes comme les systèmes de propulsion (turboréacteurs...), de production d'énergie (éolienne, alternateur...) ou tout système nécessitant la mise en rotation d'un objet (pompe, gyroscope, centrifugeuse...) tiennent une place importante dans la vie quotidienne. Ces machines répondent aux équations de la dynamique et évoluent souvent dans un contexte multi-physique : interaction fluide structure, interaction mécatronique... Ce cours a donc pour objectif de fournir les éléments clés de modélisation de ce type de système en se concentrant sur les aspects stabilité. Ce point est en effet essentiel car beaucoup d'énergie est concentrée dans ces machines et donc leur stabilité est un enjeu majeur de leur bon fonctionnement et plus globalement de la sécurité.

Mots-clés : Machine tournante, Stabilité, Vibration

#### Programme

Première partie :

Rappel de la mise en équation d'une structure élastique en rotation

Descriptions des caractéristiques modales en repère fixe et repère tournant, interprétation

Deuxième partie :

Analyse de stabilité des systèmes linéaires :

-Equations à coefficients constants

-Equations à coefficients périodiques

Introduction à la stabilité des systèmes non-linéaires

Troisième partie :

Problèmes de stabilité des rotors :

Analyse phénoménologique et compréhension des mécanismes

Analyse des éléments structuraux conduisant à des instabilités :

- Symétrie, dissipation, flambement dans les parties tournantes

- Caractéristiques des paliers

- Couplage rotor / stator

Couplage fluide / structure conduisant à des instabilités

Phénomènes non-linéaires responsables d'instabilités (bifurcation, ...)

#### Compétences

◇ Comprendre les spécificités de la dynamique des rotors

◇ Savoir mettre en équation un problème de machines tournantes

◇ Savoir analyser la dynamique et la stabilité d'une machine tournante

◇ Connaître les différents organes d'une machine tournante et leurs spécificités

#### Options / Masters

Option : Aéronautique, Transport et Trafic, Génie Civil et Environnement

#### Bibliographie

ROLAND BIGRET. *Stabilité des machines tournantes et des systèmes*. Publication CETIM, 1997.

FREDRIC F. EHRICH. *Handbook of Rotordynamics*. Krieger Publishing Company, 2004.

MI FISWELL, JET PENNY, SD GARVEY, AW LEES. *Dynamics of rotating machines*. Cambridge Aerospace series, 2010.

#### Contrôle des connaissances

Note de BE

Note commentaire d'article

Note de test écrit



## SURETÉ DE FONCTIONNEMENT DES SYSTÈMES ET DES STRUCTURES

### STRUCTURAL AND SYSTEM HEALTH MONITORING

Responsable(s) : Michelle Salvia, Olivier Bareille

| Cours : 0 h | TD : 28 h | TP : 0 h | Autonomie : 0 h | BE : 0 h | Projet : 0 h | langue du cours :  |

### Objectifs de la formation

Dans le domaine des transports et des grands ensembles technologiques une maintenance rigoureuse périodique ou en continu est indispensable. On décrira dans ce cours des méthodes de contrôle santé in-situ en continu, et les possibilités de déterminer les états de fonctionnement actuels et éventuellement la durée de vie restante ainsi que les méthodes pour adapter et accroître la durée de vie.

Ce cours abordera les différents matériaux et techniques permettant le contrôle santé in situ ou périodiques et les méthodes pour adapter et accroître la durée de vie.

Les méthodologies de sûreté de fonctionnement et de diagnostic seront présentées : essais sur systèmes ou structures, comparaison avec des états de référence, états de fonctionnement actuels et durée de vie résiduelle.

**Mots-clés** : surveillance des structures, vieillissement, endommagement des matériaux et des structures, traitement du signal, indicateur d'endommagement

#### Programme

Les étapes de l'approche "Structural Health Monitoring"  
Mesures et système de capteurs en monitoring de systèmes  
Les composites dans l'aéronautique : application du SHM  
Vers les matériaux intelligents  
Les modèles de défauts et les modèles prévisionnels de défaillance

#### Compétences

- ◇ établir une méthodologie de surveillance
- ◇ identifier phénomènes d'endommagement
- ◇ analyser les résultats de mesures comparatifs

#### Options / Masters

transports, aéronautique et espace, énergie  
maintenance industrielle  
conception de structure intelligentes

#### Bibliographie

J. LEMAÎTRE. *A course on damage mechanics*. Springer Verlag, New York, 1996.  
KARBHARI VISTASP M., ANSARI FARHAD. *Structural health monitoring of civil infrastructure systems*. Woodhead Publishing CRC Press, 2009.  
ADAMS DOUGLAS E. *Health monitoring of structural materials and components*. Wiley, 2007.

#### Contrôle des connaissances


Test final écrit (savoir - coeff. 0,3)  
Analyse documentaire et TP/BE (savoir faire - coeff. 0,6)  
Travaux pratiques (méthodologie - coeff. 0,1)



## PROCÉDÉS GÉNÉRAUX DE CONSTRUCTION

*CIVIL ENGINEERING WORKS*

Responsable(s) : Pierre BRUN

| Cours : 0 h | TD : 28 h | TP : 0 h | Autonomie : 0 h | BE : 0 h | Projet : 0 h | langue du cours :  |

### Objectifs de la formation

Decouverte des procedes de construction.  
Decouverte du travail en entreprise de TP et de batiment.  
Travaux spéciaux.

Mots-clés : Travaux Publics, Génie Civil, Méthodes, Construction, Chantier

#### Programme

Introduction au Génie Civil  
Sécurité sur les chantiers  
Construction durable et rénovation énergétique  
Les études de prix  
Les parois, injections et pieux  
Les terrassements meubles et travaux en milieu rocheux  
Les travaux fluviaux  
Les travaux hydrauliques  
Consolidation de fondation et compactage de remblais

#### Compétences

- ◇ Efficacite sur les chantiers
- ◇ Connaissances des methodes
- ◇ Culture technique

#### Options / Masters

GC.  
Energie du batiment

#### Contrôle des connaissances

Rapports de visites de chantier et Projet de construction





## ENERGIE ET IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT

ENERGY AND ENVIRONMENTAL IMPACT

Responsable(s) : Jean-Pierre Cloarec

| Cours : 12 h | TD : 0 h | TP : 0 h | Autonomie : 0 h | BE : 20 h | Projet : 0 h | langue du cours :  |

### Objectifs de la formation

Le secteur de l'énergie a une influence importante sur l'environnement, tant lors de la production de l'énergie, que pour son stockage, son transport et son utilisation. Le cours « Energie et impact sur l'environnement » a pour vocation de fournir aux futurs ingénieurs une culture de base et des exemples d'outils et de méthodes en matière environnementale, en lien avec les métiers du secteur énergétique et d'autres secteurs industriels majeurs (ex : transport).

En fin de l'action de formation, les élèves devront en mesure de :

- analyser un procédé de production d'énergie, du point de vue thermodynamique
- diagnostiquer les améliorations possibles dans une installation industrielle de production d'énergie ;
- analyser en termes environnementaux des documents scientifiques

**Mots-clés** : dynamique des écosystèmes ; organisation des écosystèmes ; cycle du carbone ; changement climatique & filières énergétiques ; thermodynamique ; analyse exergetique ; polluants persistants ;

#### Programme

1-Dynamique des systèmes écologiques  
Approche systémique.  
Organisation physique des écosystèmes.  
Transfert de matière et d'énergie à l'échelle locale, régionale, globale  
Changement climatique.

2-Impact environnemental de filières énergétiques  
Stratégies de mitigation  
Etude horizontale de l'impact de filières industrielles  
Polluants organiques persistants: de la combustion aux impacts environnementaux

3-Evolution des filières énergétiques  
Méthodes d'amélioration : analyse de cycle de vie, écoconception  
Evolutions technologiques : l'enjeu de la capture et du stockage de CO2. Evolution des architectures de centrales énergétiques.

#### Compétences

- ◇ Comprendre et formuler un problème environnemental (hypothèses, ordres de grandeur, etc...)
- ◇ Prendre en compte l'incertitude générée par la complexité d'une situation associant énergie et environnement
- ◇ Associer les logiques économiques / responsabilité sociétale et écoresponsabilité
- ◇ Approfondir rapidement un domaine reliant environnement et énergie

#### Options / Masters

Conseillé pour l'option Energie

#### Bibliographie

JOSEPH MARTIN, PIERRE WAUTERS. *Eléments de Thermodynamique Technique*. Presses Universitaires de Louvain, 2014.  
FRANÇOIS RAMADE. *Eléments d'Ecologie : Ecologie Appliquée*. Dunod, 2003.  
FRANÇOIS RAMADE. *Eléments d'Ecologie : Ecologie Fondamentale*. Dunod, 2005.


#### Contrôle des connaissances

BE : 50% (savoir-faire)  
Examen individuel 2h: 50% (savoir)



## INTRAPRENEUR

Responsable(s) : GOYON Marie

| Cours : 0 h | TD : 28 h | TP : 0 h | Autonomie : 0 h | BE : 0 h | Projet : 0 h | langue du cours :  |

### Objectifs de la formation

Formez des pilotes de projets innovants en entreprise capables de relever les défis de demain, les mutations systémiques, que ce soit dans l'environnement, l'économie, le social... Les innovations qui peuvent répondre à ces problématiques transversales ne peuvent être centrées sur une approche mono-disciplinaire.

L'approche est centrée sur le projet : apprentissage par le faire, DIY et DIWO : les élèves travaillent en groupes projet sur des sujets proposés par des entreprises. Cette approche transdisciplinaire de gestion de projet est destinée aux futurs professionnels de l'innovation dans le secteur privé ou les institutions publiques.

**Mots-clés :** Innovation, Design thinking, intrapreneur, créativité, chef de projet, manager,

#### Programme

- Méthodologie Design thinking / Approfondissement
- Usagers et enquêtes terrain
- Fablab et prototypage rapide
- Management de projet / Stratégies et ressources
- Réseaux d'acteurs / Approfondissement
- Business Development / marché
- Facilitation graphique
- Pitch

#### Compétences

- ◇ Exercer sa créativité
- ◇ Contextualiser un problème, formuler une problématique, la remettre dans un contexte élargi et réel.
- ◇ Adopter une stratégie de management de projet
- ◇ Prototyper et tester

#### Bibliographie

- AKRICH M., CALLON M. ET LATOUR B. *A quoi tient le succès des innovations?, Gérer et comprendre*,. Annales des Mines, 11988.
- BROWN TIM. *L'Esprit design: Comment le design thinking change l'entreprise et la stratégie*. Pearson Education, 2014.
- GAGLIO G. *Sociologie de l'innovation*. , PUF, 2012.

#### Contrôle des connaissances


Projet de création d'activité / contrôle continu et soutenances + rapports



## ENTREPRENEUR

### STARTUP CREATION

Responsable(s) : MIRA BONNARDEL Sylvie

| Cours : 28 h | TD : 0 h | TP : 0 h | Autonomie : 0 h | BE : 0 h | Projet : 0 h | langue du cours :  |

## Objectifs de la formation

Durant ce cours les élèves travaillent sur leur projet de création d'entreprise accompagnés par des experts de l'entrepreneuriat.

L'objectif est double : gagner des compétences entrepreneuriales et faire aboutir la création de l'entreprise.

Mots-clés : création d'entreprise, modèle économique, levée de fonds

### Programme

La moitié du cours est dédiée au travail sur le projet de création d'entreprise  
L'autre moitié est animée par des experts de la création d'entreprise : entrepreneurs, financiers, juristes

### Compétences

- ◇ Conduire un projet de création d'entreprise
- ◇ Identifier les personnes clés
- ◇ Négocier avec les parties prenantes : clients, fournisseurs, investisseurs

### Bibliographie

ALEXANDER OSTERWALDER, YVES PIGNEUR, ALAN SMITH. *Business Model Generation. A Handbook for Visionaries, Game Changers, and Challengers.* WILEY, 2010.

ERIC RIES. *The Lean Startup. How Today's Entrepreneurs Use Continuous Innovation to Create Radically Successful Businesses.* CURRENCY, 2017.

### Contrôle des connaissances

Pitch et business plan



**Ecole Centrale de Lyon**  
36, avenue Guy de Collongue  
69130 Ecully  
+33 (0)4 72 18 60 00

[www.ec-lyon.fr](http://www.ec-lyon.fr)

L'École Centrale de Lyon est une École du groupe des Écoles Centrale.



@CentraleLyon