

# UE Secteur

# Option Aéronautique

# Spécifiques Option Aéronautique



## AÉRONAUTIQUE

### AERONAUTICS

Responsable(s): Jérôme BOUDET, Olivier DESSOMBZ

| Cours : 0.0 | TD : 0.0 | TP : 0.0 | Autonomie : 0.0 | BE : 0.0 | Projet : 0.0 | Langue du cours : FR

### Objectifs de la formation

---

Mots-clés :

---

#### Programme

#### Compétences

#### Travail en autonomie

Objectifs :

Méthodes :

#### Bibliographie

#### Contrôle des connaissances



## CONFÉRENCES

### LESSON AND CONFERENCES

Responsable(s): Jérôme BOUDET, Olivier DESSOMBZ

| Cours : 20 | TD : 0.0 | TP : 0.0 | Autonomie : 0.0 | BE : 0.0 | Projet : 0.0 | Langue du cours : FR

### Objectifs de la formation

---

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

**Mots-clés :** Aéronautique, énergie, secteur, métiers, défis.

#### Programme

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

#### 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.

#### Travail en autonomie

**Objectifs :** Cette activité n'est pas concernée par des activités d'autonomie cadrées en dehors du travail personnel.

**Méthodes :** Cette activité n'est pas concernée par des activités d'autonomie cadrées en dehors du travail personnel.

#### Bibliographie

#### Contrôle des connaissances

Participation



## PROJET AVION

### AERONAUTICS PROJECT

Responsable(s): Jérôme BOUDET, Damien CONSTANT, Olivier DESSOMBZ, Olivier

| Cours : 2 | TD : 34 | TP : 0.0 | Autonomie : 0.0 | BE : 0.0 | Projet : 0.0 | Langue du cours : MI

### 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.
- Proposer et critiquer 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 : notes de calcul, résultats de dimensionnement, exposé.



## PROJET SPÉCIFIQUE

### *SPECIFIC PROJECT*

Responsable(s): Jérôme BOUDET, Olivier DESSOMBZ

| Cours : 0.0 | TD : 0.0 | TP : 0.0 | Autonomie : 0.0 | BE : 0.0 | Projet : 0.0 | Langue du cours : FR

### Objectifs de la formation

---

Mots-clés :

---

#### Programme

#### Compétences

#### Travail en autonomie

Objectifs :

Méthodes :

#### Bibliographie

#### Contrôle des connaissances

# Filère Acoustique et Vibrations



## ACOUSTIQUE ET VIBRATIONS

### AERONAUTICS

Responsable(s): **Olivier DESSOMBZ, Sebastien BESSET, Vincent CLAIR**

| Cours : 0.0 | TD : 0.0 | TP : 0.0 | Autonomie : 0.0 | BE : 0.0 | Projet : 0.0 | Langue du cours : FR

### 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.

#### Compétences

#### Travail en autonomie

**Objectifs :** Cette activité n'est pas concernée par des activités d'autonomie cadrées en dehors du travail personnel.

**Méthodes :** Cette activité n'est pas concernée par des activités d'autonomie cadrées en dehors du travail personnel.

#### Bibliographie

#### Contrôle des connaissances

Participation, compte-rendu écrit et soutenance

# Filière Guidage et Pilotage



## GUIDAGE ET PILOTAGE

### AERONAUTICS

Responsable(s): Anton KORNIENKO, Laurent BAKO, Olivier DESSOMBZ, Paolo MASSIONI

| Cours : 10 | TD : 0.0 | TP : 0.0 | Autonomie : 0.0 | BE : 10 | Projet : 54 | Langue du cours : MI

### 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

**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.

### 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

### Travail en autonomie

**Objectifs :** Cette activité n'est pas concernée par des activités d'autonomie cadrées en dehors du travail personnel.

**Méthodes :** Cette activité n'est pas concernée par des activités d'autonomie cadrées en dehors du travail personnel.

### Bibliographie

Daniel Alazard, Pierre Apkarian, Christelle Cumer, Gilles Ferreres, Michel Gauvrit, *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

# Filière Matériaux et Structures



## MATÉRIAUX ET STRUCTURES

### AERONAUTICS

Responsable(s): **Olivier DESSOMBZ**

| Cours : 0.0 | TD : 0.0 | TP : 0.0 | Autonomie : 0.0 | BE : 0.0 | Projet : 0.0 | Langue du cours : FR

### 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 :

---

### Programme

### Compétences

### Travail en autonomie

**Objectifs :** Cette activité n'est pas concernée par des activités d'autonomie cadrées en dehors du travail personnel.

**Méthodes :** Cette activité n'est pas concernée par des activités d'autonomie cadrées en dehors du travail personnel.

### Bibliographie

### Contrôle des connaissances

Participation, compte-rendu écrit et soutenance

# Filière Propulsion



## PROPULSION

### AERONAUTICS

Responsable(s): Jérôme BOUDET, Laurent BLANC, Olivier DESSOMBZ

| Cours : 0.0 | TD : 0.0 | TP : 0.0 | Autonomie : 0.0 | BE : 0.0 | Projet : 0.0 | Langue du cours : AN

### 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 de l'équipe en mode projet.

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

---

#### Programme

- Définition de l'architecture et du cycle thermodynamique.
- Conception préliminaire des étages de compression.
- Conception détaillée des aubes de compresseur. Simulations mécaniques et aérodynamiques 3D.
- Analyse de la dynamique d'ensemble.

#### Compétences

- Formuler un problème d'ingénierie.
- Rassembler des savoirs et savoir-faire pour la conception détaillée d'un système.

#### Travail en autonomie

**Objectifs :** Avancement de la conception.

**Méthodes :** Simulations avec différents niveaux de fidélité.

#### Bibliographie

N.A. Cumpsty, *COMPRESSOR AERODYNAMICS*, Krieger Pub, 2004  
B. Lakshminarayana *FLUID DYNAMICS AND HEAT TRANSFER OF TURBOMACHINERY*, John Wiley and Sons, Inc., 1996  
F. F. Ehrich *HANDBOOK OF ROTORDYNAMICS*, 2004

#### Contrôle des connaissances

Participation, compte-rendu écrit et soutenance.

# Option Bio-Ingénierie et Nanotechnologies

# **Spécifiques Option Bio-Ingénierie et Nanotechnologies**



## CONFÉRENCES ET VISITES

### CONFERENCES AND VISITS

Responsable(s): **Emmanuelle LAURENCEAU, Virginie MONNIER-VILLAUME**

| Cours : 20 | TD : 0.0 | TP : 0.0 | Autonomie : 0.0 | BE : 0.0 | Projet : 0.0 | Langue du cours : FR

### 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,

**Mots-clés :** Bio-ingénierie, nanotechnologies, métiers, conférences, visites.

---

#### Programme

- Défis des techniques d'imagerie médicale
- Endommagement de prothèses
- Big-data et génomique
- Traitement de données en grande dimension
- Le tissu industriel AURA en bio-ingénierie et nanotechnologies
- Essais cliniques in silico

#### 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.

#### Travail en autonomie

**Objectifs :** Cette activité n'est pas concernée par des activités d'autonomie cadrées en dehors du travail personnel.

**Méthodes :** Cette activité n'est pas concernée par des activités d'autonomie cadrées en dehors du travail personnel.

#### Bibliographie

#### Contrôle des connaissances

100% savoir (participation).



## PROJET OPTION BIO-INGÉNIERIE ET NANOTECHNOLOGIES

### PROJECT OPTION BIO-ENGINEERING AND NANOTECHNOLOGY

Responsable(s): **Emmanuelle LAURENCEAU, Virginie MONNIER-VILLAUME**

| Cours : 0.0 | TD : 0.0 | TP : 50 | Autonomie : 0.0 | BE : 0 | Projet : 0.0 | Langue du cours : FR

#### 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 : Projets, industriel, recherche.

---

#### Programme

#### Compétences

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

#### Travail en autonomie

Objectifs :

Méthodes :

#### Bibliographie

#### Contrôle des connaissances

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

# Filière Bio-Ingénierie



## **BIO-INGÉNIERIE**

### ***BIO-INGÉNIERIE***

Responsable(s): **Emmanuelle LAURENCEAU**

| Cours : 0.0 | TD : 0.0 | TP : 0.0 | Autonomie : 0.0 | BE : 0.0 | Projet : 0.0 | Langue du cours : FR

### **Objectifs de la formation**

---

Mots-clés :

---

#### **Programme**

#### **Compétences**

#### **Travail en autonomie**

Objectifs :

Méthodes :

#### **Bibliographie**

#### **Contrôle des connaissances**



## IMAGERIES MÉDICALES

### IMAGERIES MÉDICALES

Responsable(s): **Emmanuelle LAURENCEAU, Christelle YEROMONAHOS**

| Cours : 6 | TD : 0.0 | TP : 9 | Autonomie : 6 | BE : 8 | Projet : 0.0 | Langue du cours : FR

### 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 au choix 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

#### Travail en autonomie

Objectifs :

- Méthodes :
- Traitement d'images de cryo-tomographie électronique à partir de logiciels libres (eman2 et Jsubtomo)
  - Etude bibliographique
  - Traitement de données acquises sur un échographe de recherche

#### Bibliographie

#### Contrôle des connaissances

75% savoir (compte-rendu d'atelier), 25% savoir-faire (présentation orale)



## INTERACTIONS MATÉRIAU-VIVANT

### INTERACTIONS MATÉRIAU-VIVANT

Responsable(s): **Emmanuelle LAURENCEAU, Vincent FRIDRICI**

| Cours : 3 | TD : 2 | TP : 6 | Autonomie : 6 | BE : 4 | Projet : 0.0 | Langue du cours : FR

#### Objectifs de la formation

---

A 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

#### Travail en autonomie

Objectifs :

Méthodes : Analyse d'articles scientifiques

#### Bibliographie

#### Contrôle des connaissances

50% savoir (présentation orale d'analyse d'articles), 50% savoir-faire (compte-rendu d'atelier)



## BIOPRODUCTION

### BIOPRODUCTION

Responsable(s): **Emmanuelle LAURENCEAU**

| Cours : 4 | TD : 0.0 | TP : 7 | Autonomie : 2 | BE : 4 | Projet : 0.0 | Langue du cours : FR

### 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

#### Travail en autonomie

Objectifs :

Méthodes : Travail préparatoire de l'atelier

#### Bibliographie

#### Contrôle des connaissances

50% savoir (examen cours et BE), 50% savoir-faire (compte-rendu d'atelier)



## BIO-INFORMATIQUE, BIO-STATISTIQUE ET MODÉLISATION

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

Responsable(s): **Emmanuelle LAURENCEAU, Christelle YEROMONAHOS**

| Cours : 0.0 | TD : 0.0 | TP : 0.0 | Autonomie : 0.0 | BE : 15 | Projet : 0.0 | Langue du cours : FR

#### 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 œuvre sur des jeux de données
- Comprendre le principe des simulations de dynamique moléculaire

#### Travail en autonomie

**Objectifs :** Cette activité n'est pas concernée par des activités d'autonomie cadrées en dehors du travail personnel.

**Méthodes :** Cette activité n'est pas concernée par des activités d'autonomie cadrées en dehors du travail personnel.

#### Bibliographie

#### Contrôle des connaissances

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

# Filière Nanotechnologies



## NANOTECHNOLOGIES

### NANOTECHNOLOGIES

Responsable(s): **Virginie MONNIER-VILLAUME**

| Cours : 0.0 | TD : 0.0 | TP : 0.0 | Autonomie : 0.0 | BE : 0.0 | Projet : 0.0 | Langue du cours : FR

### Objectifs de la formation

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

Mots-clés :

### Programme

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

### Compétences

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

### Travail en autonomie

**Objectifs :** Cette activité n'est pas concernée par des activités d'autonomie cadrées en dehors du travail personnel.

**Méthodes :** Cette activité n'est pas concernée par des activités d'autonomie cadrées en dehors du travail personnel.

### Bibliographie

### Contrôle des connaissances

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%.



## MÉMOIRES POUR L'INTERNET DES OBJETS

### MÉMOIRES POUR L'INTERNET DES OBJETS

Responsable(s): Virginie MONNIER-VILLAUME, Bertrand VILQUIN, Emmanuelle

| Cours : 0.0 | TD : 0.0 | TP : 16 | Autonomie : 0.0 | BE : 4 | Projet : 0.0 | Langue du cours : FR

#### 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

**Mots-clés :** Matériau ferroélectrique, mémoires numériques, internet des objets, élaboration, caractérisation.

#### 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.

#### Travail en autonomie

**Objectifs :** Cette activité n'est pas concernée par des activités d'autonomie cadrées en dehors du travail personnel.

**Méthodes :** Cette activité n'est pas concernée par des activités d'autonomie cadrées en dehors du travail personnel.

#### Bibliographie

#### Contrôle des connaissances

Note = 30% savoir + 70% savoir-faire  
Note de savoir = 100% rapport écrit du travail  
Note de savoir-faire = 40% contrôle continu (implication et participation active) + 60%



## SURFACES INTELLIGENTES

### SURFACES INTELLIGENTES

Responsable(s): **Magali PHANER GOUTORBE, Emmanuelle LAURENCEAU, Stephane**

| Cours : 0.0 | TD : 0.0 | TP : 16 | Autonomie : 0.0 | BE : 4 | Projet : 0.0 | Langue du cours : FR

### 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 adhésif.

**Mots-clés :** Surfaces bio-inspirées, texturation de surface, mouillabilité, adhésion.

### 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.
- Savoir mettre en place d'un protocole expérimental

### Travail en autonomie

**Objectifs :** Cette activité n'est pas concernée par des activités d'autonomie cadrées en dehors du travail personnel.

**Méthodes :** Cette activité n'est pas concernée par des activités d'autonomie cadrées en dehors du travail personnel.

### Bibliographie

### Contrôle des connaissances

Note = 100% savoir-faire  
Note de savoir-faire = 50% travail durant la séance de travaux pratiques + 50% présentation orale



## GUIDAGE PHOTONIQUE

### GUIDAGE PHOTONIQUE

Responsable(s): Emmanuel DROUARD, Pedro ROJO ROMEO, Virginie MONNIER-VILLAUME

| Cours : 0.0 | TD : 0.0 | TP : 18 | Autonomie : 0.0 | BE : 2 | Projet : 0.0 | Langue du cours : FR

### 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 :** Nano-photonique, composants photoniques, optique guidée, lithographie, microscopie.

### 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 (10h) : 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.

### Travail en autonomie

**Objectifs :** Cette activité n'est pas concernée par des activités d'autonomie cadrées en dehors du travail personnel.

**Méthodes :** Cette activité n'est pas concernée par des activités d'autonomie cadrées en dehors du travail personnel.

### Bibliographie

### Contrôle des connaissances

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



## NANO-OPTIQUES

### NANO-OPTIQUES

Responsable(s): **Virginie MONNIER-VILLAUME, Christelle MONAT, Emmanuelle**

| Cours : 0.0 | TD : 0.0 | TP : 16 | Autonomie : 2 | BE : 2 | Projet : 0.0 | Langue du cours : FR

### 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 :** Cristaux photoniques, couches minces, systèmes périodiques nanostructurés, opales, simulation, spectroscopie.

### 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 (2h) : caractérisation optique par réflectivité.  
TP5 (2h) : caractérisation structurale par microscopie électronique à balayage.  
Autonomie (2h).

### 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.

### Travail en autonomie

**Objectifs :** Rédaction du rapport.

**Méthodes :** Rédiger un rapport technique complet, correctement référencé.

### Bibliographie

### Contrôle des connaissances

Note = 30% savoir + 70% savoir-faire  
Note de savoir = 100% réponses aux questions théoriques  
Note de savoir-faire = 40% contrôle continu (implication et participation active) + 60%

# Option Energie

# Modules Spécifiques

## Option Energie



## ENERGIE

### ENERGY

Responsable(s): Eric VAGNON, Eric BLANCO, Jean-Pierre CLOAREC

| Cours : 0.0 | TD : 0.0 | TP : 0.0 | Autonomie : 0.0 | BE : 0.0 | Projet : 0.0 | Langue du cours : FR

### Objectifs de la formation

---

Mots-clés :

---

#### Programme

#### Compétences

#### Travail en autonomie

Objectifs :

Méthodes :

#### Bibliographie

#### Contrôle des connaissances



## PRODUIRE, STOCKER, ORGANISER LES ÉNERGIES

### THERMAL PRODUCTION

Responsable(s): **Eric VAGNON, Jean-Pierre CLOAREC**

| Cours : 18.0 | TD : 0.0 | TP : 0.0 | Autonomie : 0.0 | BE : 0.0 | Projet : 0.0 | Langue du cours : FR

### Objectifs de la formation

Le cours "produire, stocker, organiser les énergies" est un cours suivi par tous les élèves de l'option, quelle que soit leur filière. Il présente des approches variées, utiles aux deux filières, pour produire / gérer des énergies selon différentes filières (co-génération, gaz, méthanisation, bois, éoliennes, photovoltaïque, batteries), mais aussi faire évoluer les filières industrielles actuelles, et financer des projets énergétiques. L'ensemble de ces questions est abordé du point de vue technique, législatif, économique, environnemental. Les personnes intervenant dans ce cours viennent par exemple de l'Institut National des Energies Solaires, de l'ADEME, de SAFT, de la Compagnie Nationale du Rhône, de GRDF, ou de laboratoires de l'Ecole Centrale de Lyon.

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

### Programme

Méthanisation  
Cogénération  
Gaz & combustion dans les chaudières et turbines  
Filière éolienne  
Photovoltaïque  
Batteries  
Bois et biomasse  
Financement de projets énergétiques

### Compétences

### Travail en autonomie

**Objectifs :** Cette activité n'est pas concernée par des activités d'autonomie cadrées en dehors du travail personnel.

**Méthodes :** Cette activité n'est pas concernée par des activités d'autonomie cadrées en dehors du travail personnel.

### Bibliographie

### Contrôle des connaissances



## PROJET EN

### EN PROJECT

Responsable(s): **Eric BLANCO, Eric VAGNON, Jean-Pierre CLOAREC**

| Cours : 0.0 | TD : 0.0 | TP : 50.0 | Autonomie : 0.0 | BE : 0.0 | Projet : 0.0 | Langue du cours : FR

### Objectifs de la formation

---

Entre janvier et mars, les élèves de l'option Energie travaillent par groupe de 6 élèves sur un sujet en lien avec le secteur de l'énergie. 50h au minimum sont prévues dans l'emploi du temps pour ce travail en groupe. Le sujet peut être choisi par les élèves, proposé par des industriels ou des partenaires de l'Ecole.

Les sujets sont variés et peuvent mobiliser aussi bien des élèves des filières EI et EE dans un groupe.

Quelques exemples de sujets proposés par des partenaires extérieurs:

Mots-clés :

---

### Programme

#### Compétences

- Mener un projet dans le domaine de l'énergie en associant des problématiques techniques, économiques, environnementales et humaines.

#### Travail en autonomie

**Objectifs :** Cette activité n'est pas concernée par des activités d'autonomie cadrées en dehors du travail personnel.

**Méthodes :** Cette activité n'est pas concernée par des activités d'autonomie cadrées en dehors du travail personnel.

#### Bibliographie

#### Contrôle des connaissances

Réunions de projet ; rapport écrit final ; soutenance orale

# Filière Energie Embarquée



## ENERGIE EMBARQUÉE

### ON-BOARD ENERGY

Responsable(s): **Eric VAGNON**

| Cours : 0.0 | TD : 0.0 | TP : 0.0 | Autonomie : 0.0 | BE : 0.0 | Projet : 0.0 | Langue du cours : FR

### Objectifs de la formation

---

Mots-clés :

---

#### Programme

#### Compétences

#### Travail en autonomie

Objectifs :

Méthodes :

#### Bibliographie

#### Contrôle des connaissances



## NOUVEAUX CARBURANTS

### MOBILE SYSTEMS ENERGY

Responsable(s): **Eric VAGNON, Jean-Pierre CLOAREC**

| Cours : 26.0 | TD : 0.0 | TP : 0.0 | Autonomie : 0.0 | BE : 0.0 | Projet : 0.0 | Langue du cours : FR

### 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 "nouveaux carburants", nous présentons comment et dans quelles conditions les filières biocarburants et hydrogène pourraient devenir des sources alternatives réalistes aux carburants fossiles et réduire l'impact écologique des carburants classiques issus du pétrole et du gaz. Le cours permet notamment de mieux comprendre les évolutions à mener pour le développement de carburants dont l'impact environnemental est

**Mots-clés :** carburants; substitution; biocarburants; hydrogène vert; pile à combustible; énergies pour les systèmes nomades

---

### Programme

### Compétences

- Comprendre les enjeux des filières de substitutions par rapport aux carburants classiques actuels

### Travail en autonomie

**Objectifs :** Cette activité n'est pas concernée par des activités d'autonomie cadrées en dehors du travail personnel.

**Méthodes :** Cette activité n'est pas concernée par des activités d'autonomie cadrées en dehors du travail personnel.

### Bibliographie

### Contrôle des connaissances



## PÉTROLE ET GAZ

### OIL AND GAS

Responsable(s): **Eric VAGNON, Jean-Pierre CLOAREC**

| Cours : 33.0 | TD : 0.0 | TP : 0.0 | Autonomie : 0.0 | BE : 0.0 | Projet : 0.0 | Langue du cours : FR

### 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 encore fortement 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.

Un des enjeux du cours est de comprendre l'organisation de cette filière, pour en préparer les évolutions à

**Mots-clés :** pétrole; gaz; carburants fossiles

---

### Programme

### Compétences

#### Travail en autonomie

**Objectifs :** Cette activité n'est pas concernée par des activités d'autonomie cadrées en dehors du travail personnel.

**Méthodes :** Cette activité n'est pas concernée par des activités d'autonomie cadrées en dehors du travail personnel.

### Bibliographie

### Contrôle des connaissances

# Filière Energie d'Infrastructure



## ENERGIE D'INFRASTRUCTURE

### ON-BOARD ENERGY

Responsable(s): **Eric VAGNON**

| Cours : 0.0 | TD : 0.0 | TP : 0.0 | Autonomie : 0.0 | BE : 0.0 | Projet : 0.0 | Langue du cours : FR

### Objectifs de la formation

---

Mots-clés :

---

#### Programme

#### Compétences

#### Travail en autonomie

Objectifs :

Méthodes :

#### Bibliographie

#### Contrôle des connaissances

## RÉSEAUX ÉLECTRIQUES

### ELECTRICAL POWER NETWORK

Responsable(s): Eric VAGNON, Jean-Pierre CLOAREC

| Cours : 14.0 | TD : 0.0 | TP : 8.0 | Autonomie : 0.0 | BE : 4.0 | Projet : 0.0 | Langue du cours : FR

### 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 œuvre 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 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

#### Compétences

#### Travail en autonomie

**Objectifs :** Cette activité n'est pas concernée par des activités d'autonomie cadrées en dehors du travail personnel.

**Méthodes :** Cette activité n'est pas concernée par des activités d'autonomie cadrées en dehors du travail personnel.

#### Bibliographie

#### Contrôle des connaissances



## INGÉNIERIE NUCLÉAIRE

### NUCLEAR ENGINEERING

Responsable(s): **Eric VAGNON, Jean-Pierre CLOAREC**

| Cours : 27.0 | TD : 0.0 | TP : 0.0 | Autonomie : 0.0 | BE : 0.0 | Projet : 0.0 | Langue du cours : FR

#### 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

##### 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 nucléai

##### Travail en autonomie

**Objectifs :** Cette activité n'est pas concernée par des activités d'autonomie cadrées en dehors du travail personnel.

**Méthodes :** Cette activité n'est pas concernée par des activités d'autonomie cadrées en dehors du travail personnel.

##### Bibliographie

##### Contrôle des connaissances

# Option Informatique

# **Modules Spécifiques**

## **Option Informatique**



## INFORMATIQUE

### COMPUTER SCIENCE AND COMMUNICATION

Responsable(s): Daniel MULLER, Mohsen ARDABILIAN

| Cours : 0.0 | TD : 0.0 | TP : 0.0 | Autonomie : 0.0 | BE : 0.0 | Projet : 0.0 | Langue du cours : FR

#### Objectifs de la formation

---

Mots-clés :

---

#### Programme

#### Compétences

#### Travail en autonomie

Objectifs :

Méthodes :

#### Bibliographie

#### Contrôle des connaissances



## TECHNOLOGIES INFORMATIQUES DU BIG DATA

### COMPUTER-BASED TECHNOLOGY FOR BIG DATA

Responsable(s): Stéphane DERRODE, Alexandre SAIDI, Daniel MULLER, Mohsen

| Cours : 6 | TD : 0.0 | TP : 0.0 | Autonomie : 0.0 | BE : 14 | Projet : 0.0 | Langue du cours : FR

#### Objectifs de la formation

---

Dans de nombreux domaines scientifiques, tels que la biologie ou les sciences de l'environnement, l'évolution rapide des instruments scientifiques, ainsi que le recours intensif à la simulation informatique, ont conduit à une production importante de données ces dernières années. Les applications scientifiques sont aujourd'hui confrontées à de nouveaux problèmes liés au stockage et à l'exploitation de ces grands volumes de données. La problématique est sensiblement la même dans le cadre de la gestion des données collectées par les réseaux sociaux, avec cette fois-ci des objectifs d'optimisation commerciale.

Mots-clés : Big Data, NoSQL, MongoDB, Hadoop, Spark, python

---

#### Programme

- 3 séances de cours de 2h portant sur MongoDB, Hadoop et Spark.
- 3 séances de TP de 4h sur MongoDB, Hadoop et Spark.
- 1 séance de TP de 2h sur Spark MLlib.

#### Compétences

- - Savoir manipuler des bases de données No-SQL avec MongoDB
- - Savoir écrire un algorithme map-reduce avec Hadoop avec Python, dans un environnement de stockage de type HDFS
- - Savoir écrire un algorithme en langage Spark avec Python, dans un environnement de stockage de type HDFS

#### Travail en autonomie

**Objectifs :** Les TPs sont pour l'essentiel en autonomie. Un travail complémentaire est requis pour rédiger les compte-rendus.

**Méthodes :**

#### Bibliographie

#### Contrôle des connaissances

La moyenne de notes obtenues sur les compte-rendus de 3 TP.



## CYBERSÉCURITÉ

### CYBERSECURITY

Responsable(s): Charles-Edmond BICHOT, Alexandre SAIDI, Mohsen ARDABILIAN

| Cours : 20 | TD : 0.0 | TP : 0.0 | Autonomie : 0.0 | BE : 0.0 | Projet : 0.0 | Langue du cours : FR

### Objectifs de la formation

Sur le marché de l'emploi, les métiers liés à la gestion des 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.

Par ailleurs, on abordera également les principes et solutions techniques de la Haute Disponibilité.

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

### Programme

Cette action de formation vient compléter le MOD de Systèmes d'information en entreprise.

- gestion d'un projet système d'information – 4H
- fondements fonctionnels et applicatifs d'un PGI – 4H
- gestion technique et sécuritaire d'un PGI – 4H

### Compétences

- Comprendre les principes de fonctionnement d'un PGI (progiciel de gestion intégré)
- Suivre un projet de mise en œuvre d'un PGI du début à la fin
- Analyser les principes de base de la sécurité des systèmes d'information
- Connaître les implications et contraintes de la Haute Disponibilité

### Travail en autonomie

**Objectifs :** Cette activité n'est pas concernée par des activités d'autonomie cadrées en dehors du travail personnel.

**Méthodes :** Cette activité n'est pas concernée par des activités d'autonomie cadrées en dehors du travail personnel.

### 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. Gard inier. *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 de l'étude de cas et pour moitié la note du contrôle final sous forme de QCM.



## INTERNET DES OBJETS ET SYSTÈMES CONCURRENTS EMBARQUÉS

### INTERNET OF OBJECTS AND EMBEDDED CONCURRENT SYSTEMS

Responsable(s): René CHALON, Alexandre SAIDI, Mohsen ARDABILIAN

| Cours : 12 | TD : 0.0 | TP : 0.0 | Autonomie : 0.0 | BE : 8 | Projet : 0.0 | Langue du cours : FR

#### 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.

Ce module propose dans un premier temps 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 de sécurité.

Dans un second temps, il s'agira de sensibiliser les élèves aux notions de la programmation concurrente ainsi

**Mots-clés :** Internet des Objets, Web des Objets, objets connectés, ville intelligente, intelligence ambiante, domotique, Bluetooth, Zigbee, 6LoWPAN, CPL, PoE, Programmation concurrente, Informatique temps réel, Informatique embarqué, Informatique mobile

#### Programme

- Contexte, usages et domaines d'application de l'IoT : smart cities, intelligence ambiante, Big Data (2h)
- Technologies des objets connectés (2h)
- Sécurité et sûreté physique des objets connectés (2h)
- Aspects réseaux et identification des objets (2h)
- Notions sur la programmation concurrente, mécanismes d'exclusion mutuelle, schémas concurrents (2h)
- Exigences des systèmes et noyaux temps réels, informatique embarquée et mobile, robotique (2h)

#### Compétences

- Appréhender le domaine des objets connectés, leurs technologies et leurs applications ainsi que les notions de la concurrence / parallélisme.
- Concevoir une application basée sur l'exploitation de données issues de capteurs répartis.
- Simulations de systèmes concurrents pour la prise en charge et traitement des données issues des capteurs multiples

#### Travail en autonomie

**Objectifs :** Cette activité n'est pas concernée par des activités d'autonomie cadrées en dehors du travail personnel.

**Méthodes :** Cette activité n'est pas concernée par des activités d'autonomie cadrées en dehors du travail personnel.

#### Bibliographie

- N. Bouhaï et I. Saleh , *INTERNET DES OBJETS, ÉVOLUTIONS ET INNOVATIONS*, ISTE editions, 2017
- 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

#### Contrôle des connaissances

Note = 50% savoir + 50% savoir-faire  
Note de savoir = 100% examen terminal  
Note de savoir-faire = 100% contrôle continu (notes des BE)



## APPRENTISSAGE AUTOMATIQUE

### MACHINE LEARNING

Responsable(s): Emmanuel DELLANDREA, Alexandre SAIDI, Liming CHEN, Mohsen

| Cours : 12 | TD : 0.0 | TP : 0.0 | Autonomie : 0.0 | BE : 8 | Projet : 0.0 | Langue du cours : FR

### 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

### 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

### Travail en autonomie

**Objectifs :** Cette activité n'est pas concernée par des activités d'autonomie cadrées en dehors du travail personnel.

**Méthodes :** Cette activité n'est pas concernée par des activités d'autonomie cadrées en dehors du travail personnel.

### Bibliographie

C. M. Bishop., *PATTERN RECOGNITION AND MACHINE LEARNING.*, Springer., 2006  
Goodfellow, Y. Bengio, and A. Courville. *DEEP LEARNING.*, MIT Press., 2016

### Contrôle des connaissances

Test final et note de BE



## VISION PAR ORDINATEUR

### PROJECT

Responsable(s): **Mohsen ARDABILIAN, Alexandre SAIDI, Liming CHEN**

| Cours : 16 | TD : 0.0 | TP : 0.0 | Autonomie : 0.0 | BE : 4 | Projet : 0.0 | Langue du cours : FR

### 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

#### Compétences

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

#### Travail en autonomie

**Objectifs :** Cette activité n'est pas concernée par des activités d'autonomie cadrées en dehors du travail personnel.

**Méthodes :** Cette activité n'est pas concernée par des activités d'autonomie cadrées en dehors du travail personnel.

#### 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

### CALCULATION AND GEOMETRIC MODELING FOR COMPUTER GRAPHICS

Responsable(s): **Mohsen ARDABILIAN, Alexandre SAIDI**

| Cours : 10 | TD : 0.0 | TP : 0.0 | Autonomie : 0.0 | BE : 10 | Projet : 0.0 | Langue du cours : FR

#### 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,

**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)

#### Compétences

#### Travail en autonomie

**Objectifs :** Cette activité n'est pas concernée par des activités d'autonomie cadrées en dehors du travail personnel.

**Méthodes :** Cette activité n'est pas concernée par des activités d'autonomie cadrées en dehors du travail personnel.

#### Bibliographie

Pascal Frey, Paul-Louis George, *MESH GENERATION*, 2nd Edition. Wiley-ISTE, 2008  
Mario Botsch, Leif Kobbelt, Mark Pauly, Pierre Alliez, Bruno Levy *POLYGON MESH PROCESSING*, K Peters/CRC Press, 2011  
M. de Berg, M. van Kreveld, M. Overmars, O. Schwarzkopf *COMPUTATIONAL GEOMETRY ALGORITHMS AND APPLICATIONS*, Springer-Verlag, 1997

#### Contrôle des connaissances

Test final et note de BE



## APPRENTISSAGE BAYÉSIEN ET EXPLORATION DE TEXTES

### BAYESIAN MACHINE LEARNING AND TEXT MINING

Responsable(s): Alexandre SAIDI, Mohsen ARDABILIAN, Stéphane DERRODE

| Cours : 12 | TD : 0.0 | TP : 0.0 | Autonomie : 0.0 | BE : 8 | Projet : 0.0 | Langue du cours : FR

#### Objectifs de la formation

On se focalisera sur la famille des méthodes bayésiennes, qui se distingue par son optimalité au sens de certains critères, par son coût réduit d'un point de vue algorithmique et par l'interprétabilité de ses résultats. Nous étudierons aussi les solutions qui s'offrent au Data Scientist lorsque l'échantillon d'apprentissage est peu important au regard du nombre de paramètres à apprendre, ou lorsque l'apprentissage doit se faire de manière non supervisée. En termes d'application, nous mettrons l'accent sur l'exploration d'un corpus textuel pour découvrir par exemple de nouveaux clients éligibles à la vente d'un service/produit, de prévoir les sentiments (avis) des clients ou comprendre les comportements qui prédisent une fraude.

**Mots-clés :** Théorie de la décision bayésienne, Apprentissage non supervisé, Modèles de Markov cachés, Fouille de textes, Analyse de sentiments, Chatbot, Traitement de Langues Naturelle.

#### Programme

- Décision bayésienne (2h)
- Modèle de mélange gaussien (2h)
- Chaîne de Markov cachée (2h)
- BE sur l'apprentissage bayésien (2h)
- Technologies et méthodes de traitement de langues naturelles et fouille de texte (8h)
- Restitution d'une lecture scientifique par groupe (4h)

#### Compétences

- Sélectionner la ou les méthodes de ML adaptées à son problème de classification, en tenant compte de différents critères.
- développer des programmes mettant en œuvre ces méthodes pour analyser ses propres données.
- De mettre en œuvre une chaîne de traitements pour interpréter des textes (p. ex. tweet).
- De se familiariser avec les techniques et outils modernes de fouille de texte et de lire des papiers de recherche récents sur les sujets évoqués

#### Travail en autonomie

**Objectifs :** Les étudiants, répartis en groupes, devront lire et comprendre un article scientifique sur l'un des sujets abordés en cours. Les articles seront proposés par les encadrants ou par les étudiants (après accord des encadrants).

**Méthodes :** Le travail se fera en autonomie et la restitution orale se fera lors d'une séance collective de restitution.

#### Bibliographie

M. R. Gupta and Y. Chen, • *THEORY AND USE OF THE EM ALGORITHM*, Foundations and Trends in Signal Processing, Vol. 4(3), pp. 223–296, 2011  
M. Watanabe and K. Yamaguchi *THE EM ALGORITHM AND RELATED STATISTICAL MODELS*, Statistics: Dekker series of textbooks and monographs, 2004  
Michael W. Berry, Jacob Kogan *TEXT MINING: APPLICATIONS AND THEORY*, Willey, 2010

#### Contrôle des connaissances

Note = 50% savoir + 50% savoir-faire  
Note de savoir = 100% examen terminal  
Note de savoir-faire = BE text Mining (50%) + restitution d'un article scientifique (50%)



## PROJET INFORMATIQUE

### PROJECT

Responsable(s): **Mohsen ARDABILIAN, Alexandre SAIDI, Daniel MULLER**

| Cours : 0.0 | TD : 0.0 | TP : 0.0 | Autonomie : 0.0 | BE : 0.0 | Projet : 0.0 | Langue du cours : FR

### 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.

#### Travail en autonomie

**Objectifs :** Cette activité n'est pas concernée par des activités d'autonomie cadrées en dehors du travail personnel.

**Méthodes :** Cette activité n'est pas concernée par des activités d'autonomie cadrées en dehors du travail personnel.

#### Bibliographie

#### Contrôle des connaissances

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

# Filière Informatique



## INFORMATIQUE

### MANAGEMENT INFORMATION SYSTEMS (MIS)

Responsable(s): Daniel MULLER, Mohsen ARDABILIAN

| Cours : 0.0 | TD : 0.0 | TP : 0.0 | Autonomie : 0.0 | BE : 0.0 | Projet : 0.0 | Langue du cours : FR

### Objectifs de la formation

---

Mots-clés :

---

#### Programme

#### Compétences

#### Travail en autonomie

Objectifs :

Méthodes :

#### Bibliographie

#### Contrôle des connaissances

# Option Mathématiques et Décision

# **Modules Spécifiques**

## **Option Mathématiques**

### **et Décision**



## MATHÉMATIQUES ET DÉCISION

### *MATHEMATICS AND DECISION*

#### Responsable(s):

| Cours : 0.0 | TD : 0.0 | TP : 0.0 | Autonomie : 0.0 | BE : 0.0 | Projet : 0.0 | Langue du cours : FR

#### Objectifs de la formation

---

Mots-clés :

---

#### Programme

#### Compétences

#### Travail en autonomie

Objectifs :

Méthodes :

#### Bibliographie

#### Contrôle des connaissances

# **Filière Aide à la Décision pour l'Entreprise**



## AIDE À LA DÉCISION POUR L'ENTREPRISE

### *DECISION SUPPORT FOR BUSINESS*

Responsable(s): Sylvie MIRA, Delphine BILLOUARD, Grégory VIAL

| Cours : 0.0 | TD : 0.0 | TP : 0.0 | Autonomie : 0.0 | BE : 0.0 | Projet : 0.0 | Langue du cours : FR

### Objectifs de la formation

---

Mots-clés :

---

#### Programme

#### Compétences

#### Travail en autonomie

Objectifs :

Méthodes :

#### Bibliographie

#### Contrôle des connaissances



## SIMULATION DE DÉCISIONS OPÉRATIONNELLES

### PROCESS SIMULATION

Responsable(s): Sylvie MIRA, Emmanuel BOUTLEUX

| Cours : 12.0 | TD : 0.0 | TP : 0.0 | Autonomie : 0.0 | BE : 32.0 | Projet : 0.0 | Langue du cours : FR

### Objectifs de la formation

---

L'objectif principal est de modéliser des flux d'information au sein d'une organisation (système de production, plate-forme 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.

**Mots-clés :** Analyse de flux, simulation et optimisation 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
- Être capable d'exploiter les résultats de simulation

### Travail en autonomie

**Objectifs :** Maîtrise des modèles et des logiciels

**Méthodes :** Travail en groupe sur simulation informatique

### Bibliographie

### Contrôle des connaissances

Travail sur projet



## FINANCE ET MARKETING

### MARKETING AND FINANCES

Responsable(s): Sylvie MIRA

| Cours : 12.0 | TD : 0.0 | TP : 0.0 | Autonomie : 0.0 | BE : 24.0 | Projet : 0.0 | Langue du cours : FR

### Objectifs de la formation

---

Ce cours présente deux objectifs principaux : apporter une bonne compréhension des indicateurs financiers et marchés d'une entreprise et développer les capacités à concevoir des systèmes d'aide à la décision de stratégie financière et commerciale

**Mots-clés :** indicateurs de performance, gestion de la relation client, stratégie d'entreprise

---

#### Programme

- Diagnostic financier et stratégie financière
- Diagnostic commercial et stratégie commerciale

#### Compétences

- Etre capable d'élaborer des indicateurs de performance
- Etre en mesure d'interpréter les indicateurs pour décider d'un plan d'action

#### Travail en autonomie

**Objectifs :** Travail en groupe sur la conception et l'analyse des indicateurs pour la décision d'entreprise

**Méthodes :** Etudes de cas

#### Bibliographie

#### Contrôle des connaissances

Etudes de cas



## PILOTAGE ET MANAGEMENT

### DECISION SUPPORT SYSTEMS

Responsable(s): Sylvie MIRA

| Cours : 16.0 | TD : 0.0 | TP : 0.0 | Autonomie : 0.0 | BE : 0.0 | Projet : 0.0 | Langue du cours : FR

### Objectifs de la formation

---

Placer les élèves en situation d'acteur décisionnel en entreprise en travaillant sur leurs processus cognitifs.  
Donner les clés de conception et de mise en œuvre de systèmes de pilotage

Mots-clés : Processus cognitifs, risques, pilotage

---

#### Programme

- Processus cognitif
- Analyse décision / risque
- Tableau de bord et pilotage

#### Compétences

- Comprendre les processus cognitifs mis en oeuvre dans la decision
- Concevoir un tableau de bord financier
- Evaluer les impacts financiers des décisions strategique

#### Travail en autonomie

Objectifs : Travail de groupe pour comprendre les mécanismes étudiés

Méthodes : Etudes de cas

#### Bibliographie

SELMER, C., *CONCEVOIR LE TABLEAU DE BORD*, DUNOD, 2015

#### Contrôle des connaissances

Etudes de cas



## PROJET ADE

### PROJECT

Responsable(s): Sylvie MIRA

| Cours : 0.0 | TD : 50.0 | TP : 0.0 | Autonomie : 0.0 | BE : 0.0 | Projet : 0.0 | Langue du cours : FR

### Objectifs de la formation

---

Comprendre un problème d'entreprise, identifier les données pertinentes pour la résolution du problème, interpréter les données pour la prise de décision de résolution du problème

Mots-clés :

---

#### Programme

Programme personnalisé pour chaque projet

#### Compétences

- Savoir analyser un problème d'entreprise
- Savoir rechercher les données pertinentes sur les dimensions techniques, de marché et d'environnement
- Mettre en oeuvre une approche prospective
- Etre capable de communiquer des réponses claires et argumentées à l'entreprise

#### Travail en autonomie

**Objectifs :** Etre capable d'apporter en 3 mois une réponse à un problème d'entreprise

**Méthodes :** Travail en groupe

#### Bibliographie

#### Contrôle des connaissances

# **Filière Mathématiques et Ingénierie du Risque**



## MATHÉMATIQUES ET INGÉNIERIE DU RISQUE

### MATHEMATICS AND RISK ANALYSIS

Responsable(s): Marie-Christophette BLANCHET

| Cours : 0.0 | TD : 0.0 | TP : 0.0 | Autonomie : 0.0 | BE : 0.0 | Projet : 0.0 | Langue du cours : FR

#### Objectifs de la formation

---

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.

Mots-clés :

---

#### Programme

#### Compétences

- 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

#### Travail en autonomie

**Objectifs :** Cette activité n'est pas concernée par des activités d'autonomie cadrées en dehors du travail personnel.

**Méthodes :** Cette activité n'est pas concernée par des activités d'autonomie cadrées en dehors du travail personnel.

#### Bibliographie

#### Contrôle des connaissances



## PARCIMONIE ET GRANDE DIMENSION

### SPARE AND LARGE

Responsable(s): Marie-Christophette BLANCHET, Alexandre SAIDI, Céline HARTWEG-

| Cours : 22 | TD : 4 | TP : 0.0 | Autonomie : 0.0 | BE : 4 | Projet : 0.0 | Langue du cours : FR

### Objectifs de la formation

---

Mots-clés :

---

#### Programme

#### Compétences

#### Travail en autonomie

**Objectifs :** Cette activité n'est pas concernée par des activités d'autonomie cadrées en dehors du travail personnel.

**Méthodes :** Cette activité n'est pas concernée par des activités d'autonomie cadrées en dehors du travail personnel.

#### Bibliographie

Christophe Giraud, *INTRODUCTION TO HIGH-DIMENSIONAL STATISTICS*, Chapman and Hall/CRC  
Martin J. Wainwright *HIGH-DIMENSIONAL STATISTICS: A NON-ASYMPTOTIC VIEWPOINT*, Cambridge University Press  
Simon Foucart and Holger Rauhut *A MATHEMATICAL INTRODUCTION TO COMPRESSIVE SENSING*

#### Contrôle des connaissances



## PROCESSUS DE MARKOV ET PROCESSUS GAUSSIENS POUR LA MODÉLISATION DE MARKOV AND GAUSSIAN PROCESSES FOR MODELING TEMPORAL AND SPATIAL

Responsable(s): Marie-Christophette BLANCHET, Alexandre SAIDI, Céline HARTWEG-

| Cours : 18 | TD : 2 | TP : 0.0 | Autonomie : 0.0 | BE : 10 | Projet : 0.0 | Langue du cours : FR

### Objectifs de la formation

Ce cours est orienté vers la modélisation des phénomènes aléatoires dépendant du temps ou de l'espace. La première partie sera consacrée aux processus Markoviens, processus intervenant dans la modélisation des phénomènes temporels. On présentera à la fois les outils théoriques de la modélisation et les aspects numériques. Leur utilisation sera vue au travers des modèles issus de l'écologie, de l'environnement ou de la finance. La deuxième partie sera principalement consacrée à la régression par processus gaussiens. Cet outil aussi appelé krigeage et historiquement introduit pour la modélisation et la prévision de grandeurs spatialisées, est aujourd'hui largement utilisé pour modéliser des

**Mots-clés :** Processus de Markov, équation de Kolmogorov, formule de Feymann-Kac, krigeage, régression par processus gaussiens, optimisation bayésienne, analyse de sensibilité, plans d'expériences numériques.

### Programme

- 1/ Chaîne de Markov à temps continu
- 2/ Processus de Markov en temps continu
- 3/ Model du krigeage sur données spatialisées
- 4/ Exploitation du krigeage dans le contexte d'approximation de codes couteux : optimisation bayésienne et quantification d'incertitude.

### Compétences

- Modélisation et simulation de processus markoviens. Savoir faire le lien entre processus stochastiques et équations aux dérivées partielles.
- Implémentation d'une prévision par krigeage à partir de données spatiales
- Savoir mettre en oeuvre une démarche d'optimisation globale à partir d'un modèle de régression par processus gaussiens.

### Travail en autonomie

**Objectifs :** Cette activité n'est pas concernée par des activités d'autonomie cadrées en dehors du travail personnel.

**Méthodes :** Cette activité n'est pas concernée par des activités d'autonomie cadrées en dehors du travail personnel.

### Bibliographie

TJ Santner, BJ Williams, WI Notz, BJ Williams, *THE DESIGN AND ANALYSIS OF COMPUTER EXPERIMENTS*, Springer, 2003  
Noel A. C. Cressie *STATISTICS FOR SPATIAL DATA, REVISED EDITION*, John Wiley & Sons, Inc., 1993  
Thomas M. Liggett *CONTINUOUS TIME MARKOV PROCESSES : AN INTRODUCTION*, Providence R.I. : American Mathematical Society, 2010

### Contrôle des connaissances

Note =60% savoir + 40% savoir-faire  
Note de savoir = 100% examen terminal  
Note de savoir-faire = 100% contrôle continu



## MÉTHODES VARIATIONNELLES POUR LES PROBLÈMES INVERSES EN IMAGERIE MÉDICALE INTRODUCTION TO INVERSE PROBLEMS

Responsable(s): Marie-Christophette BLANCHET, Alexandre SAIDI, Laurent SEPPECHER

| Cours : 20.0 | TD : 2.0 | TP : 0.0 | Autonomie : 0.0 | BE : 8.0 | Projet : 0.0 | Langue du cours : FR

### Objectifs de la formation

---

Mots-clés :

---

#### Programme

#### Compétences

#### Travail en autonomie

**Objectifs :** Cette activité n'est pas concernée par des activités d'autonomie cadrées en dehors du travail personnel.

**Méthodes :** Cette activité n'est pas concernée par des activités d'autonomie cadrées en dehors du travail personnel.

#### Bibliographie

#### Contrôle des connaissances



## PROJET IM

### PROJET IM

Responsable(s): **Marie-Christophette BLANCHET**

| Cours : 0.0 | TD : 0.0 | TP : 0.0 | Autonomie : 0.0 | BE : 8 | Projet : 50 | Langue du cours : FR

### 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.

---

### Programme

#### 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

#### Bibliographie

#### Contrôle des connaissances

Rapport et soutenance de projet

# Option Transition écologique et Territoires

# **Modules Spécifiques Option Transition Ecologique et Territoires**



## TRANSITION ECOLOGIQUE ET TERRITOIRES

### CIVIL ENGINEERING AND ENVIRONMENT

#### Responsable(s):

| Cours : 0.0 | TD : 0.0 | TP : 0.0 | Autonomie : 0.0 | BE : 0.0 | Projet : 0.0 | Langue du cours : FR

#### Objectifs de la formation

---

Mots-clés :

---

#### Programme

#### Compétences

#### Travail en autonomie

Objectifs :

Méthodes :

#### Bibliographie

#### Contrôle des connaissances

# Filière Bâtiments et Infrastructures



## BÂTIMENTS ET INFRASTRUCTURES

### CONSTRUCTIONS

#### Responsable(s):

| Cours : 0.0 | TD : 0.0 | TP : 0.0 | Autonomie : 0.0 | BE : 0.0 | Projet : 0.0 | Langue du cours : FR

#### Objectifs de la formation

---

Mots-clés :

---

#### Programme

#### Compétences

#### Travail en autonomie

Objectifs :

Méthodes :

#### Bibliographie

#### Contrôle des connaissances



## CONSTRUCTIONS

### CONSTRUCTIONS

Responsable(s): **Eric VINCENS, Francesco FROILIO**

| Cours : 14.0 | TD : 0.0 | TP : 0.0 | Autonomie : 0.0 | BE : 16.0 | Projet : 0.0 | Langue du cours : FR

### 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 qui doit guider l'ingénieur dans la conception est posé. Tous les BE associés à ces cours sont encadrés par des ingénieurs de la profession.

**Mots-clés :** béton armé, béton précontraint, construction métallique

### Programme

Construction métallique : 2 BE 4h

Béton armé : CM 10h + 2BE 4h

Béton précontraint : CM 4h

### Compétences

### Travail en autonomie

**Objectifs :** Cette activité n'est pas concernée par des activités d'autonomie cadrées en dehors du travail personnel.

**Méthodes :** Cette activité n'est pas concernée par des activités d'autonomie cadrées en dehors du travail personnel.

### Bibliographie

Jean Perchat , *TRAITÉ DE BÉTON ARMÉ - SELON L'EUROCODE 2*, Le Moniteur, 2010

Henry Thonier *CONCEPTION ET CALCUL DES STRUCTURES DE BÂTIMENT : L'EUROCODE 2 PRATIQUE*, Presses de l'École nationale des ponts et chaussées, 2006

Jean-Pierre Muzeau, *APKMANUEL DE CONSTRUCTION MÉTALLIQUE*, Eyrolles Afnor éd., 2012

### Contrôle des connaissances

1 examen écrit \*0,75 + 1 note issue de BEs \*0,25



## OUVRAGES POUR LA MOBILITÉ

### TRANSPORTATION WORKS AND STRUCTURES

Responsable(s): **Eric VINCENS**

| Cours : 12 | TD : 0.0 | TP : 0.0 | Autonomie : 0.0 | BE : 8 | Projet : 0.0 | Langue du cours : FR

#### Objectifs de la formation

---

Les infrastructures de transport recoupent un ensemble ayant comme caractéristique un linéaire important au sein d'un environnement souvent plus agressif que pour les bâtiments ou des géométries hors normes nécessitant des solutions technologiques qui leur sont spécifiques.

Il s'agit ouvrages d'art, des infrastructures ferroviaires ainsi que les tunnels. Ici, les grands principes de conception et de suivi de ces ouvrages seront donnés pour bien comprendre les enjeux propres à leur comportement mécanique et leur pérennité. Les intervenants sont tous ingénieurs, spécialistes du domaine.

**Mots-clés :** pont, ferroviaire, tunnel

---

#### Programme

Ponts : CM 4h + 1BE 4h  
Tunnels : CM 4h + 1BE 4h  
Ferroviaire : CM 4h

#### Compétences

#### Travail en autonomie

**Objectifs :** Cette activité n'est pas concernée par des activités d'autonomie cadrées en dehors du travail personnel.

**Méthodes :** Cette activité n'est pas concernée par des activités d'autonomie cadrées en dehors du travail personnel.

#### Bibliographie

Bernard-Gely, Jean-Armand Calgaro, *CONCEPTION DES PONTS*, Presses de l'École nationale des ponts et chaussées, 1994  
Michel Leboeuf *GRANDE VITESSE FERROVIAIRE.*, Cherche midi, 2014  
Jean Sulem , Marc Panet *LE CALCUL DES TUNNELS PAR LA MÉTHODE CONVERGENCE-CONFINEMENT*, Presses de l'École nationale des ponts et chaussées, 2021

#### Contrôle des connaissances

Contrôle continu notamment à travers les activités de BEs



## PROJET TET

### TET PROJECT

Responsable(s): **Eric VINCENS, Pietro SALIZZONI**

| Cours : 0.0 | TD : 0.0 | TP : 70.0 | Autonomie : 0.0 | BE : 0.0 | Projet : 0.0 | Langue du cours : FR

### Objectifs de la formation

---

Le projet d'option est commun aux trois filières de l'option. Il s'appuie sur le projet de fin de diplôme d'étudiants de l'Ecole Nationale Supérieure d'Architecture de Lyon du département "Expérimentation collaborative en architecture". A travers ce travail interdisciplinaire entre élèves-architectes et élèves-ingénieurs, le but est d'amener les étudiants ingénieurs à investir une réflexion sur les solutions économiquement viables, adaptées à une Société Post-Carbone prenant en compte, la raréfaction des ressources, la nécessaire frugalité énergétique dans une Ville régénérée.

**Mots-clés :** confort de l'habitat, structures, géotechnique, acoustique, ACV, économie circulaire

---

#### Programme

- Réflexion sur différentes thématiques à l'échelle de l'Habitat et de la Ville incluant la lithosphère, l'hydrosphère et l'atmosphère
- 3 réunions de suivi de projets par thématique

#### Compétences

#### Travail en autonomie

**Objectifs :** Cette activité n'est pas concernée par des activités d'autonomie cadrées en dehors du travail personnel.

**Méthodes :** Cette activité n'est pas concernée par des activités d'autonomie cadrées en dehors du travail personnel.

#### Bibliographie

Marie-Hélène Contal, Jana Revedin, *ARCHITECTURES DURABLES : UNE NOUVELLE ÉTHIQUE POUR L'ARCHITECTURE ET LA VILLE*, Le Moniteur Editions, 2009  
Laurence Lestel, Catherine Carré *LES RIVIÈRES URBAINES ET LEUR POLLUTION*, Quae, 2017  
Jean-Jacques Terrin *VILLES ET CHANGEMENT CLIMATIQUE : ÎLOTS DE CHALEUR URBAINS*, Parenthèses, 2015

#### Contrôle des connaissances

0.33\* soutenance orale+ 0.33\*rapport écrit final + 0.33 \* 2 rapports intermédiaires

# **Filière Ville et Aménagement Durable**



**VILLE ET AMÉNAGEMENT DURABLE**  
**CITY AND ITS SUSTAINABLE DEVELOPMENT**

**Responsable(s):**

| Cours : 0.0 | TD : 0.0 | TP : 0.0 | Autonomie : 0.0 | BE : 0.0 | Projet : 0.0 | Langue du cours : FR

**Objectifs de la formation**

---

Mots-clés :

---

**Programme**

**Compétences**

**Travail en  
autonomie**

Objectifs :

Méthodes :

**Bibliographie**

**Contrôle des  
connaissances**



## CLIMATOLOGIE URBAINE

### URBAN CLIMATE

Responsable(s): **Pietro SALIZZONI**

| Cours : 15 | TD : 0.0 | TP : 0.0 | Autonomie : 0.0 | BE : 10 | Projet : 0.0 | Langue du cours : MI

### Objectifs de la formation

---

\* Sous réserve de validation par le CE\*

La densité des bâtiments et les matériaux de construction utilisés modifient profondément les échanges de chaleur, d'humidité et de quantité de mouvement dans la canopée urbaine par rapport à un environnement rural. Ces modifications induisent des conditions thermiques et microclimatiques très particulières, qui peuvent à leur tour influencer profondément le confort de vie. Ce module présente les enjeux associés à l'architecture du bâtiment et de la planification urbaine pour minimiser l'impact climatique des agglomérations, minimiser la consommation énergétique de logements et maximiser le confort des espaces urbains.

Mots-clés :

---

### Programme

Thermique et confort des espaces urbains CM 11h + BE 6h  
Ventilations naturelles des bâtiments : CM 4h + BE 4h  
(les CM 4h sont mutualisés avec la Filière HD - Renouvellement de l'air)

### Compétences

### Travail en autonomie

**Objectifs :** Cette activité n'est pas concernée par des activités d'autonomie cadrées en dehors du travail personnel.

**Méthodes :** Cette activité n'est pas concernée par des activités d'autonomie cadrées en dehors du travail personnel.

### Bibliographie

### Contrôle des connaissances

0.5 examen écrit + 0.5 rapports BE



## RÉGÉNÉRATION ET RÉSILIENCE URBAINE

### REGENERATION AND URBAN RESILIENCE

Responsable(s): **Pietro SALIZZONI**

| Cours : 17 | TD : 0.0 | TP : 0.0 | Autonomie : 0.0 | BE : 8.0 | Projet : 0.0 | Langue du cours : MI

#### Objectifs de la formation

---

\*Sous réserve de validation par le CE\*

Présenter les enjeux associés à la transformation, la reconversion et la régénération des espaces urbains pour faire face aux enjeux du changement climatique et du développement durable.

Mots-clés :

---

#### Programme

Hydrologie urbaine : CM 8h + BE 4h

Reconversion des sols : CM 4h + BE 4h

Les aspects politiques, sociologiques et économique de la régénération urbaine : CM 5h

#### Compétences

#### Travail en autonomie

**Objectifs :** Cette activité n'est pas concernée par des activités d'autonomie cadrées en dehors du travail personnel.

**Méthodes :** Cette activité n'est pas concernée par des activités d'autonomie cadrées en dehors du travail personnel.

#### Bibliographie

#### Contrôle des connaissances

Examen écrit: 50%  
Rapports de BE: 50%



## PROJET TET

### SOIL POLLUTION

Responsable(s): **Eric VINCENS, Pietro SALIZZONI**

| Cours : 16.0 | TD : 0.0 | TP : 4.0 | Autonomie : 0.0 | BE : 4.0 | Projet : 0.0 | Langue du cours : FR

### Objectifs de la formation

---

Le projet d'option est commun aux trois filières. Il s'appuie sur le projet de fin de diplôme d'étudiants de l'Ecole Nationale Supérieure d'Architecture de Lyon du département "Expérimentation collaborative en architecture". A travers ce travail interdisciplinaire entre élèves-architectes et élèves-ingénieurs, le but est d'amener les étudiants ingénieurs à investir une réflexion sur les solutions économiquement viables, adaptées à une Société Post-Carbone prenant en compte, la raréfaction des ressources, la nécessaire frugalité énergétique dans une Ville régénérée.

**Mots-clés :** confort de l'habitat, structures, géotechnique, acoustique, ACV, économie circulaire

---

### Programme

### Compétences

#### Travail en autonomie

**Objectifs :** Cette activité n'est pas concernée par des activités d'autonomie cadrées en dehors du travail personnel.

**Méthodes :** Cette activité n'est pas concernée par des activités d'autonomie cadrées en dehors du travail personnel.

### Bibliographie

### Contrôle des connaissances

# Option Transport et Trafic

# Spécifiques Option Transport et Trafic



## TRANSPORT ET TRAFIC

### *TRAFFIC AND ENVIRONMENT*

Responsable(s): **ELISABETH COUZINEAU-ZEGWAARD, Olivier BAREILLE**

| Cours : 0.0 | TD : 0.0 | TP : 0.0 | Autonomie : 0.0 | BE : 0.0 | Projet : 0.0 | Langue du cours : FR

### Objectifs de la formation

---

Mots-clés :

---

#### Programme

#### Compétences

#### Travail en autonomie

Objectifs :

Méthodes :

#### Bibliographie

#### Contrôle des connaissances

# Filière Trafic et Environnement



## TRAFIC ET ENVIRONNEMENT

### TRAFFIC AND ENVIRONMENT

Responsable(s): ELISABETH COUZINEAU-ZEGWAARD, Olivier BAREILLE

| Cours : 18.0 | TD : 2.0 | TP : 50.0 | Autonomie : 0.0 | BE : 18.0 | Projet : 0.0 | Langue du cours : FR

### Objectifs de la formation

---

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

Programme

Mots-clés :

---

### Programme

### Compétences

- 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

### Travail en autonomie

**Objectifs :** Cette activité n'est pas concernée par des activités d'autonomie cadrées en dehors du travail personnel.

**Méthodes :** Cette activité n'est pas concernée par des activités d'autonomie cadrées en dehors du travail personnel.

### Bibliographie

### Contrôle des connaissances



## TRANSPORTS ET SOCIÉTÉ

### LAND TRANSPORT AND SOCIAL PRIORITIES

Responsable(s): ELISABETH COUZINEAU-ZEGWAARD, Olivier BAREILLE

| Cours : 22 | TD : 0.0 | TP : 0.0 | Autonomie : 0.0 | BE : 0.0 | Projet : 0.0 | Langue du cours : FR

### Objectifs de la formation

---

Mots-clés :

---

#### Programme

#### Compétences

#### Travail en autonomie

**Objectifs :** Cette activité n'est pas concernée par des activités d'autonomie cadrées en dehors du travail personnel.

**Méthodes :** Cette activité n'est pas concernée par des activités d'autonomie cadrées en dehors du travail personnel.

#### Bibliographie

#### Contrôle des connaissances



## INGÉNIERIE DES TRANSPORTS

### TRANSPORTATION ENGINEERING

Responsable(s): ELISABETH COUZINEAU-ZEGWAARD, Olivier BAREILLE

| Cours : 30 | TD : 0.0 | TP : 0.0 | Autonomie : 0.0 | BE : 0.0 | Projet : 0.0 | Langue du cours : FR

### Objectifs de la formation

---

Mots-clés :

---

#### Programme

#### Compétences

#### Travail en autonomie

**Objectifs :** Cette activité n'est pas concernée par des activités d'autonomie cadrées en dehors du travail personnel.

**Méthodes :** Cette activité n'est pas concernée par des activités d'autonomie cadrées en dehors du travail personnel.

#### Bibliographie

#### Contrôle des connaissances



## SÉCURITÉ DES TRANSPORTS

### TRANSPORTATION SAFETY

Responsable(s): ELISABETH COUZINEAU-ZEGWAARD, Olivier BAREILLE

| Cours : 12 | TD : 0.0 | TP : 0.0 | Autonomie : 0.0 | BE : 0.0 | Projet : 0.0 | Langue du cours : FR

#### 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.

Programme

Organes de sécurité passive automobile.

Technologies mises en œuvre pour l'étude de la sécurité passive automobile.

Mots-clés :

---

#### Programme

#### Compétences

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

#### Travail en autonomie

**Objectifs :** Cette activité n'est pas concernée par des activités d'autonomie cadrées en dehors du travail personnel.

**Méthodes :** Cette activité n'est pas concernée par des activités d'autonomie cadrées en dehors du travail personnel.

#### Bibliographie

#### Contrôle des connaissances



## LOGISTIQUE DESTRANSPORTS

### TRANSPORT LOGISTICS

Responsable(s): **Olivier BAREILLE, ELISABETH COUZINEAU-ZEGWAARD**

| Cours : 15 | TD : 0.0 | TP : 0.0 | Autonomie : 0.0 | BE : 0.0 | Projet : 0.0 | Langue du cours : FR

#### Objectifs de la formation

---

Apprentissage par la mise en œuvre 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.

Programme

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

Mots-clés :

---

#### Programme

#### Compétences

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

#### Travail en autonomie

**Objectifs :** Cette activité n'est pas concernée par des activités d'autonomie cadrées en dehors du travail personnel.

**Méthodes :** Cette activité n'est pas concernée par des activités d'autonomie cadrées en dehors du travail personnel.

#### Bibliographie

#### Contrôle des connaissances



## PROJET TT

### TT PROJECT

Responsable(s): ELISABETH COUZINEAU-ZEGWAARD, Olivier BAREILLE

| Cours : 0.0 | TD : 0.0 | TP : 0.0 | Autonomie : 0.0 | BE : 0.0 | Projet : 50 | Langue du cours : FR

### 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 œuvre au cours de la formation initiale.

Programme

Par groupes de cinq à six, les élèves de l'option Transport et Trafic développent une solution technique dans le

Mots-clés :

---

### Programme

### 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

### Travail en autonomie

**Objectifs :** Cette activité n'est pas concernée par des activités d'autonomie cadrées en dehors du travail personnel.

**Méthodes :** Cette activité n'est pas concernée par des activités d'autonomie cadrées en dehors du travail personnel.

### Bibliographie

### Contrôle des connaissances



## VISITES DE SITES

### TRANSPORTATION NOISE

Responsable(s): ELISABETH COUZINEAU-ZEGWAARD, Olivier BAREILLE

| Cours : 0.0 | TD : 0.0 | TP : 0.0 | Autonomie : 0.0 | BE : 0.0 | Projet : 0.0 | Langue du cours : FR

### Objectifs de la formation

---

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

Échanges avec les ingénieurs en poste.

Mots-clés :

---

### Programme

### Compétences

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

### Travail en autonomie

**Objectifs :** Cette activité n'est pas concernée par des activités d'autonomie cadrées en dehors du travail personnel.

**Méthodes :** Cette activité n'est pas concernée par des activités d'autonomie cadrées en dehors du travail personnel.

### Bibliographie

### Contrôle des connaissances

# Filière Technologies des Véhicules



## TECHNOLOGIES DES VÉHICULES

### VEHICLE TECHNOLOGIES

Responsable(s): ELISABETH COUZINEAU-ZEGWAARD, Olivier BAREILLE

| Cours : 0.0 | TD : 0.0 | TP : 0.0 | Autonomie : 0.0 | BE : 0.0 | Projet : 0.0 | Langue du cours : FR

### Objectifs de la formation

---

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

Programme

TV3.1 - TE 3.1 Transport et société

TV3.2 - TE 3.2 Ingénierie des transports

TV3.3 Dynamique véhicule (ci-dessous)

Mots-clés :

---

### Programme

### Compétences

- Identifier les systèmes adaptés à un environnement véhicule Concevoir une solution d'architecture véhicule Concevoir une solution mobile de développements technologiques

### Travail en autonomie

**Objectifs :** Cette activité n'est pas concernée par des activités d'autonomie cadrées en dehors du travail personnel.

**Méthodes :** Cette activité n'est pas concernée par des activités d'autonomie cadrées en dehors du travail personnel.

### Bibliographie

### Contrôle des connaissances



## TRANSPORTS ET SOCIÉTÉ

### LAND TRANSPORT AND SOCIAL PRIORITIES

Responsable(s): **Olivier BAREILLE, ELISABETH COUZINEAU-ZEGWAARD**

| Cours : 22 | TD : 0.0 | TP : 0.0 | Autonomie : 0.0 | BE : 0.0 | Projet : 0.0 | Langue du cours : FR

### Objectifs de la formation

---

Mots-clés :

---

#### Programme

#### Compétences

#### Travail en autonomie

**Objectifs :** Cette activité n'est pas concernée par des activités d'autonomie cadrées en dehors du travail personnel.

**Méthodes :** Cette activité n'est pas concernée par des activités d'autonomie cadrées en dehors du travail personnel.

#### Bibliographie

#### Contrôle des connaissances



## INGÉNIERIE DES TRANSPORTS

### TRANSPORTATION ENGINEERING

Responsable(s): **Olivier BAREILLE, ELISABETH COUZINEAU-ZEGWAARD**

| Cours : 30 | TD : 0.0 | TP : 0.0 | Autonomie : 0.0 | BE : 0.0 | Projet : 0.0 | Langue du cours : FR

### Objectifs de la formation

---

Mots-clés :

---

#### Programme

#### Compétences

#### Travail en autonomie

**Objectifs :** Cette activité n'est pas concernée par des activités d'autonomie cadrées en dehors du travail personnel.

**Méthodes :** Cette activité n'est pas concernée par des activités d'autonomie cadrées en dehors du travail personnel.

#### Bibliographie

#### Contrôle des connaissances



## DYNAMIQUE DES VÉHICULES

### COMBUSTION ENGINE AND HYBRID

Responsable(s): **Olivier BAREILLE, ELISABETH COUZINEAU-ZEGWAARD**

| Cours : 22 | TD : 0.0 | TP : 0.0 | Autonomie : 0.0 | BE : 0.0 | Projet : 0.0 | Langue du cours : FR

#### 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 ...)

#### Travail en autonomie

**Objectifs :** Cette activité n'est pas concernée par des activités d'autonomie cadrées en dehors du travail personnel.

**Méthodes :** Cette activité n'est pas concernée par des activités d'autonomie cadrées en dehors du travail personnel.

#### Bibliographie

#### Contrôle des connaissances



## ORGANES ET ARCHITECTURE VÉHICULE

### VEHICLE TECHNOLOGIES

Responsable(s): **Olivier BAREILLE, ELISABETH COUZINEAU-ZEGWAARD**

| Cours : 8 | TD : 0.0 | TP : 0.0 | Autonomie : 0.0 | BE : 0.0 | Projet : 0.0 | Langue du cours : FR

### 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.

Programme  
Mécanique du pneumatique.  
Liaison au sol.

Mots-clés : Motorisation  
Liaison au sol

---

### Programme

### Compétences

- Capacité à identifier les interactions entre éléments

### Travail en autonomie

**Objectifs :** Cette activité n'est pas concernée par des activités d'autonomie cadrées en dehors du travail personnel.

**Méthodes :** Cette activité n'est pas concernée par des activités d'autonomie cadrées en dehors du travail personnel.

### Bibliographie

### Contrôle des connaissances



## PROJET TT

### TT PROJECT

Responsable(s): ELISABETH COUZINEAU-ZEGWAARD, Olivier BAREILLE

| Cours : 0.0 | TD : 0.0 | TP : 0.0 | Autonomie : 0.0 | BE : 0.0 | Projet : 50 | Langue du cours : FR

### 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 œuvre au cours de la formation initiale.

Programme

Par groupes de cinq à six, les élèves de l'option Transport et Trafic développent une solution technique dans le

Mots-clés :

---

### Programme

### Compétences

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

### Travail en autonomie

**Objectifs :** Cette activité n'est pas concernée par des activités d'autonomie cadrées en dehors du travail personnel.

**Méthodes :** Cette activité n'est pas concernée par des activités d'autonomie cadrées en dehors du travail personnel.

### Bibliographie

### Contrôle des connaissances



## VISITES DE SITES

### TECHNOLOGICAL INNOVATIONS

Responsable(s): ELISABETH COUZINEAU-ZEGWAARD, Mohammed ICHCHOU, Olivier

| Cours : 0.0 | TD : 0.0 | TP : 0.0 | Autonomie : 0.0 | BE : 0.0 | Projet : 0.0 | Langue du cours : FR

### Objectifs de la formation

---

Mots-clés :

---

#### Programme

#### Compétences

#### Travail en autonomie

**Objectifs :** Cette activité n'est pas concernée par des activités d'autonomie cadrées en dehors du travail personnel.

**Méthodes :** Cette activité n'est pas concernée par des activités d'autonomie cadrées en dehors du travail personnel.

#### Bibliographie

#### Contrôle des connaissances

# Modules Ouverts Sectoriels



## AÉRODYNAMIQUE TRANSSONIQUE

### TRANSONIC AERODYNAMICS

Responsable(s): Stéphane AUBERT

| Cours : 20.0 | TD : 0.0 | TP : 0.0 | Autonomie : 0.0 | BE : 8.0 | Projet : 0.0 | Langue du cours : AN

#### 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 avions 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

1. Boîte à outils : Rappels de mécanique des fluides et de thermodynamique
2. Écoulements monodimensionnels : Onde de choc droite
3. Ondes de choc obliques et ondes de détente : Relation de Prandtl-Meyer ; réflexion d'ondes
4. Écoulements externes : Nombre de Mach critique ; mur du son ; choc courbe
5. Modèle quasi-monodimensionnel : tuyères
6. Écoulements dans les compresseurs axiaux transsoniques

#### 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

#### Travail en autonomie

**Objectifs :** Cette activité n'est pas concernée par des activités d'autonomie cadrées en dehors du travail personnel.

**Méthodes :** Cette activité n'est pas concernée par des activités d'autonomie cadrées en dehors du travail personnel.

#### Bibliographie

N.A. Cumpsty, *COMPRESSOR AERODYNAMICS*, Krieger Publishing Company, 2004  
J.D. Anderson *MODERN COMPRESSIBLE FLOW*, Mc Graw Hill, 2021

#### Contrôle des connaissances

Note = 100% savoir  
Note de savoir = 100% examen terminal



## ALGORITHMES POUR LA DÉCISION EN ENTREPRISE

### GAME THEORY AND ALGORITHMS

Responsable(s): **Philippe MICHEL, Alexandre SAIDI, Joël PERRET LIAUDET**

| Cours : 14.0 | TD : 4.0 | TP : 0.0 | Autonomie : 0.0 | BE : 10.0 | Projet : 0.0 | Langue du cours : FR

#### Objectifs de la formation

---

Dans ce cours, nous montrons comment modéliser certains problèmes complexes rencontrés dans des domaines divers (biologie, politique, économie, conception, ... ) en traitant d'algorithmes d'optimisation non standards ((heuristiques, méta-heuristiques), et de théorie des jeux.

Sur des cas simples, nous illustrerons ces processus de résolution.

**Mots-clés :** optimisation, heuristiques, théorie des jeux

---

#### Programme

Complexité / Introduction aux heuristiques / Recuit simulé / Algorithmes génétiques / Système Fourmis / Essaims particuliers  
Théorie des Jeux

#### Compétences

• - résoudre des problèmes d'optimisations appliqués - modélisation et mise en application via des heuristiques - modélisation et mise en application via la théorie des jeux

#### Travail en autonomie

**Objectifs :** Cette activité n'est pas concernée par des activités d'autonomie cadrées en dehors du travail personnel.

**Méthodes :** Cette activité n'est pas concernée par des activités d'autonomie cadrées en dehors du travail personnel.

#### Bibliographie

J. Dréo, A. Pérowski, P. Arry, E. Aillard , *MÉTAHEURISTIQUES POUR L'OPTIMISATION DIFFICILE.* , Eyrolles, 2003  
Colin et Camerer. *BEHAVIORAL GAME THEORY: EXPERIMENTS IN STRATEGIC INTERACTION.* , The Roundtable Series in Behavioral Economics, 2003

#### Contrôle des connaissances

> Final mark = 50% Knowledge + 50% Know-how  
> Knowledge = final exam  
> Know-how = continuous assessment



## BRUIT DES TRANSPORTS AÉRIENS ET TERRESTRES

### AIR AND GROUND TRANSPORTATION NOISE

Responsable(s): **Marc JACOB, Mohammed ICHCHOU**

| Cours : 16.0 | TD : 0.0 | TP : 8 | Autonomie : 0.0 | BE : 4.0 | Projet : 0.0 | Langue du cours : AN

#### Objectifs de la formation

Le bruit est perçu comme la principale nuisance par la population de l'UE et le stress induit par l'exposition au bruit, avec une large part due aux transports, est la 2<sup>nd</sup>e cause de maladies liées à la pollution en Europe après celle de l'air, selon l'OMS. Le niveau sonore tant à l'intérieur qu'à l'extérieur des systèmes de transport doit donc être pris en compte dès leur conception : contraintes législatives en termes de nuisances ; confort acoustique et vibratoire déterminant le choix des clients. Les origines sont multiples : systèmes de propulsion et de motorisation, ventilation et climatisation, fluctuations d'écoulement autour des véhicules... Ce MOS traite des sources sonores des différents moyens de transports et de leurs conséquences sur les niveaux de bruit à

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

#### Programme

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

#### Compétences

- S'approprier les enjeux bruit et vibration dans les transports
- Identifier et être capable d'analyser les sources de bruit dans les transports
- Résoudre des problèmes types en acoustique des transports

#### Travail en autonomie

- Objectifs :**
- Appliquer plusieurs méthodes employées dans les problématiques de bruit de transport à des cas pratiques.
  - Procéder à une interprétation critique des résultats

- Méthodes :**
- 1 BE (étude de cas)
  - 2 TP
  - 1 Visite

#### 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

- Note = N1 (50%) savoir + N2 (50%) savoir-faire
- N1: Examen écrit
  - N2 : Rapports de BE et de TP



## CONFORT ET ÉNERGIE DE L'HABITAT

### HOME COMFORT AND ENERGY

Responsable(s): **Eric VINCENS**

| Cours : 20 | TD : 0 | TP : 0 | Autonomie : 0.0 | BE : 8 | Projet : 0.0 | Langue du cours : FR

#### Objectifs de la formation

---

Alors que l'Habitat 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, la maîtrise des performances énergétiques des bâtiments devient un enjeu majeur pour construire un avenir durable.

Ce cours propose de donner des outils de conception d'une enveloppe performante et de production d'énergie pour une habitat plus frugal mais aussi des outils de diagnostic de l'existant.

**Mots-clés :** frugalité, confort, renouvellement d'air, énergie pour le bâtiment

---

#### Programme

- La réglementation environnementale 2020 (RE2020) et les labels
- Confort de l'habitat
- Solutions frugales pour la production d'énergie du bâtiment
- Le photovoltaïque pour le bâtiment

#### Compétences

- - construire un modèle statique et dynamique pour quantifier les déperditions thermiques - construire la démarche pour évaluer les besoins en chauffage - choisir des solutions techniques pour le chauffage la production d'eau chaude sanitaire

#### Travail en autonomie

**Objectifs :** Cette activité n'est pas concernée par des activités d'autonomie cadrées en dehors du travail personnel.

**Méthodes :** Cette activité n'est pas concernée par des activités d'autonomie cadrées en dehors du travail personnel.

#### Bibliographie

#### Contrôle des connaissances

- note de savoir : examen final sans documents
- note de savoir-faire : notes issues des BE



## CONTRÔLE ACTIF DU BRUIT ET DES VIBRATIONS

### ACTIVE NOISE CONTROL AND VIBRATION

Responsable(s): Marie Annick GALLAND, Marc JACOB, Mohammed ICHCHOU

| Cours : 10.0 | TD : 0.0 | TP : 8.0 | Autonomie : 0.0 | BE : 10.0 | Projet : 0.0 | Langue du cours : MI

#### Objectifs de la formation

Le développement des systèmes de contrôle actif n'a connu un réel essor que ces 20 dernières 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,

**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 vibro-acoustique
- 8- Contrôle des instabilités en écoulement

#### 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

#### Travail en autonomie

**Objectifs :** Les séances d'activités pratiques (12h) reflètent la variété des applications :  
- Casque Antibruit actif  
- Algorithmes de contrôle temps réel  
- Contrôle actif des vibrations d'une structure

**Méthodes :** 2 séances de Travaux Pratiques en laboratoire  
1 séance de Bureau d'Études

#### 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

Note = 45% Note Savoir + 40% Note Savoir-Faire +15% Note Méthodologie  
S= 10% examen final + 35% Contrôle Continu  
SF=40% Contrôle Continu



## CHOIX DES MATÉRIAUX ET DES ASSEMBLAGES

### CHOICE OF MATERIALS AND ASSEMBLAGE

Responsable(s): **Stephane BENAYOUN, Michelle SALVIA**

| Cours : 14.0 | TD : 4.0 | TP : 8.0 | Autonomie : 0.0 | BE : 0.0 | Projet : 0.0 | Langue du cours : FR

#### 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

**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 assemblages de matériaux et des interfaces. 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 multi-astreintes

Composites: mise en œuvre, comportement aux échelles micro et macroscopique,

#### 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

#### Travail en autonomie

**Objectifs :** Cette activité n'est pas concernée par des activités d'autonomie cadrées en dehors du travail personnel.

**Méthodes :** Cette activité n'est pas concernée par des activités d'autonomie cadrées en dehors du travail personnel.

#### 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

Note = 70% savoir + 30% savoir-faire  
Note de savoir = 100% examen terminal  
Note de savoir-faire = 100% contrôle continu



## COMPATIBILITÉ ÉLECTROMAGNÉTIQUE DES SYSTÈMES DE PUISSANCE ET INTERACTION ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY OF POWER SYSTEMS, INTERACTION WITH

Responsable(s): Christian VOLLAIRE

| Cours : 12.0 | TD : 4.0 | TP : 4.0 | Autonomie : 0.0 | BE : 8.0 | Projet : 0.0 | Langue du cours : FR

### 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 des systèmes complexes (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.

**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

- 1 La problématique de la CEM
- 2 Champs et ondes électromagnétiques
- 3 Les sources de perturbations (origine naturelles, origine humaines intentionnelles ou non)
- 4 Étude des modes de couplage conduits et rayonnés
- 5 Les moyens actuels d'étude et d'essai
- 6 Méthodes de prévention et de protection
- 7 Champs électromagnétiques et milieux biologiques

### Compétences

- A l'issue de cet enseignement les étudiants seront en capacité d'analyser les phénomènes CEM dans des systèmes complexes, de proposer des méthodes d'analyse et des solutions. Ils pourront échanger avec des experts du domaine au travers de la connaissance du vocabulaire en CEM, des phénomènes à l'oeuvre, des contraintes normatives et des solutions usuelles.

### Travail en autonomie

**Objectifs :** Cette activité n'est pas concernée par des activités d'autonomie cadrées en dehors du travail personnel.

**Méthodes :** Cette activité n'est pas concernée par des activités d'autonomie cadrées en dehors du travail personnel.

### Bibliographie

P. Degauque, J. Hamelin, *COMPATIBILITÉ ELECTROMAGNÉTIQUE*, Dunod, 1990  
R. Perez *HANDBOOK OF ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY*, Lavoisier  
Yvon Mori *COMPATIBILITÉ ELECTROMAGNÉTIQUE*, Hermes Lavoisier, Paris, 2007

### Contrôle des connaissances

Note = 70% savoir + 30% savoir-faire  
Note de savoir = 100% examen terminal + 0% contrôle continu  
Note de savoir-faire = 100% examen terminal + 0% contrôle continu



## COUCHES ULTRAMINCES ET SURFACES FONCTIONNALISÉES

### FUNCTIONALIZED THIN LAYERS AND SURFACES

Responsable(s): Virginie MONNIER-VILLAUME, Stephane BENAYOUN

| Cours : 14 | TD : 4.0 | TP : 4 | Autonomie : 6 | BE : 0.0 | Projet : 0.0 | Langue du cours : FR

#### 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 micro/nanostructure associées, et les propriétés spécifiques souhaitées dans différents champs d'applications : mécanique, optique, électronique, chimie et biologie. 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 spécifiques qu'il convient d'optimiser et/ou de considérer à part de celles du volume du matériau.

**Mots-clés :** Couche mince, méthodes de dépôt, défauts, propriétés électriques, supraconductivité, propriétés optiques, propriétés mécaniques, monocouches moléculaires auto-assemblées, sol-gel

#### Programme

Dans le cadre de ce module on s'intéressera notamment aux propriétés mécaniques (élasticité, plasticité, endommagement et d'adhésion des couches au substrat), électriques (influence de la bidimensionnalité sur le transport des porteurs, couches d'épaisseurs nanométriques en prenant en compte le caractère quantique de leurs propriétés électroniques) et optiques (application à l'optique intégrée et obtention de propriétés fonctionnelles spécifiques) des couches minces. La dernière partie du cours sera consacrée à l'étude de couches monomoléculaires autoassemblées, et de leurs applications. Une séance de travaux pratiques en salle blanche permettra la mise en oeuvre d'une expérience d'épitaxie par jet moléculaire.

#### Compétences

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

#### Travail en autonomie

**Objectifs :** Cette activité n'est pas concernée par des activités d'autonomie cadrées en dehors du travail personnel.

**Méthodes :** Cette activité n'est pas concernée par des activités d'autonomie cadrées en dehors du travail personnel.

#### Bibliographie

Bethany R. Hughes, Yaser Dahman *FABRICATION AND SELF-ASSEMBLY OF NANOBOMATERIALS APPLICATIONS OF NANOBOMATERIALS, CHAPTER 14*

#### Contrôle des connaissances

Note finale = 100% Savoir  
Savoir = 100% examen final



## DYNAMIQUE DES MÉCANISMES

### DYNAMIC MECHANISMS

Responsable(s): Joël PERRET LIAUDET, Alain LE BOT

| Cours : 12.0 | TD : 6.0 | TP : 0.0 | Autonomie : 0.0 | BE : 10.0 | Projet : 0.0 | Langue du cours : FR

### Objectifs de la formation

Les mécanismes peuvent être définis comme des systèmes mécaniques transformateurs de mouvement et d'effort. Ils sont donc des éléments déterminants dans toute chaîne de transmission mécanique. L'architecture structurelle des mécanismes est très diversifiée et souvent complexe. Aussi, l'étude de leurs performances nécessite le plus souvent des approches spécifiques. La conception fait de plus en plus appel à l'analyse dynamique afin d'optimiser le rapport performance/coût. La performance peut concerner aussi bien le gain de puissance massique que la gêne sonore (approche NVH). L'objectif de ce cours est d'introduire des méthodes pour modéliser, simuler et analyser les principaux phénomènes dynamiques. Plusieurs exemples de mécanisme

**Mots-clés :** Mécanismes, erreur de transmission dynamique, vibrations, contacts, phénomènes paramétriques et non linéaires, NVH

### Programme

Loi de transmission idéale : géométrique, cinématique, dynamique.  
Erreurs de transmission, définition, origines, caractéristiques et conséquences.  
Variabilité des performances : origines, tolérances, description statistique.  
Dynamique multi-corps : approches vectorielle et analytique. Avantages et inconvénients.  
L'équilibrage.  
Dynamique du contact : non-linéarité de hertz et de jeu, lois d'impact, cliquetis.  
Instabilités de frottement : lois de frottement, vibrations auto-excitées, bruit de crissement.  
Comportements paramétriques : sources, instabilité et résonances paramétriques.

### Compétences

- Source excitatrice interne, connaissance et identification des comportements vibratoires propres aux mécanismes.
- Mise en équation de la dynamique multi-corps de mécanisme
- Description des réponses vibratoires auto-entretenues, paramétriques et non linéaires.
- Approche globale en vue de prédire le comportement élastodynamique (FEM, méthodes spécifiques)

### Travail en autonomie

**Objectifs :** Illustration des concepts vu en cours

**Méthodes :** séances de Bureau d'études.

### Bibliographie

Georges Spinnler, *CONCEPTION DES MACHINES, PRINCIPES ET APPLICATIONS VOL. 2 DYNAMIQUE*, Presses polytechniques et universitaires romandes, 1998

### Contrôle des connaissances

Savoir (test final) 50%  
Savoir faire (activités pratiques) 50%



## ECONOMÉTRIE DES SÉRIES TEMPORELLES

### TIME SERIES ANALYSIS

Responsable(s): Christian DE PERETTI, Alexandre SAIDI, Marie-Christophette BLANCHET

| Cours : 28 | TD : 0.0 | TP : 0.0 | Autonomie : 0.0 | BE : 0.0 | Projet : 0.0 | Langue du cours : FR

### Objectifs de la formation

Une série temporelle – ou séries chronologique – est une suite d'observations indexée par le temps. On modélise la dynamique temporelle et jointe des séries temporelles par des processus stochastiques à temps discret. Les principales applications des séries temporelles sont la modélisation des séries macroéconomiques et financières. Elles peuvent être aussi utilisées dans d'autres sciences comme la physique, la biologie, la géologie (crues du Nil, Hurst 1951), la santé (taux d'hormone dans le sang), etc.

L'objectif de ce cours de séries temporelles est de balayer un grand nombre de modèles économétriques sans

**Mots-clés :** Processus stochastique à temps discret, économétrie, estimations, tests, interprétation économique, logiciel Eviews.

### Programme

Chap 1. Introduction à la notion de séries temporelles.  
Chap 2. Modèles autorégressifs à moyenne mobile (ARMA)  
Modèle de base.  
+ réseaux de neurones récurrents. LSTM.  
Chap 3. Modèles d'hétéroscédasticité conditionnelle autorégressive (ARCH)  
Modèles spécifiques aux rendements des titres financiers.  
Ils prennent en compte les périodes de volatilité observées sur les marchés financiers.  
+ Modèles à volatilité neuronale  
Chap 4. Notion de racine unitaire et modèles ARIMA

### Compétences

• **Savoir :** modélisation de séries temporelles par processus stochastique. **Savoir-faire :** Applications sur des problématiques macroéconomiques et financières.

### Travail en autonomie

**Objectifs :** Non.

**Méthodes :**

### Bibliographie

Walter Enders, *APPLIED ECONOMETRIC TIME SERIES*, Wiley, 2014

### Contrôle des connaissances

50% examen d'un heure.  
50% projet en binôme.



## ÉCOULEMENTS INSTATIONNAIRES EN TURBOMACHINE

### UNSTEADY FLOW IN TURBOMACHINE

Responsable(s): Stéphane AUBERT, Alexis GIAUQUE

| Cours : 24.0 | TD : 0.0 | TP : 0.0 | Autonomie : 0.0 | BE : 4.0 | Projet : 0.0 | Langue du cours : AN

#### Objectifs de la formation

\*\*\*\*\* Cours fermé en 22-23 \*\*\*\*\*

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

**Mots-clés :** turbomachine, écoulements instationnaires, aeroélasticité, 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 aeroélastiques : historique de catastrophes

#### Compétences

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

#### Travail en autonomie

**Objectifs :** Cette activité n'est pas concernée par des activités d'autonomie cadrées en dehors du travail personnel.

**Méthodes :** Cette activité n'est pas concernée par des activités d'autonomie cadrées en dehors du travail personnel.

#### Bibliographie

#### Contrôle des connaissances

Note = 100% savoir  
Note de savoir = 100% examen terminal



## FIABILITÉ DES SYSTÈMES COMPLEXES

### COMPLEX SYSTEMS FIABILITY

Responsable(s): **Mohammed ICHCHOU, Lyes NECHAK, Olivier BAREILLE**

| Cours : 0.0 | TD : 28.0 | TP : 0.0 | Autonomie : 0.0 | BE : 0.0 | Projet : 0.0 | Langue du cours : FR

#### Objectifs de la formation

L'objectif du module est d'introduire l'analyse et la synthèse fiabiliste aux apprenants. La quantification de la fiabilité des systèmes étant devenue un objectif majeur dans la conception des systèmes complexes. La fiabilité étant en effet un aspect primordial dans la qualité des produits et des systèmes. La complexité de ces systèmes élargie la gamme des modes de défaillance auxquels ses systèmes font face. Dans un contexte où les incertitudes sont importantes, il convient de se donner des outils nécessaires afin de prédire et d'optimiser la fiabilité des systèmes complexes. La présentation suivie dans ce module est originale et correspond à la mise en commun des outils issus de la mécanique stochastique et de l'intelligence artificielle. La conjonction des

**Mots-clés :** Modes de défaillances des systèmes – performances – fiabilité – synthèse fiabiliste – analyse fiabiliste – Incertitudes – Optimisations - RBDO (Reliability Based Design Optimisation)

#### Programme

#### Compétences

- Classification des défaillances des systèmes - Notion de qualité et normes associées - Méthodes de traitement des incertitudes - Méthodes d'optimisation fiabiliste - Méthodes d'analyse fiabiliste – Études de cas - Approches d'apprentissage pour la fiabilité - Méthodes de synthèse fiabiliste – Études de cas

#### Travail en autonomie

**Objectifs :** Cette activité n'est pas concernée par des activités d'autonomie cadrées en dehors du travail personnel.

**Méthodes :** Cette activité n'est pas concernée par des activités d'autonomie cadrées en dehors du travail personnel.

#### Bibliographie

A. El Hami et B. Radi, *FIABILITÉ ET OPTIMISATION DES SYSTÈMES : THÉORIE ET APPLICATIONS, COURS ET EXERCICES CORRIGÉS*, TECHNOSUP, 2011  
Jean-Louis Bon *FIABILITÉ DES SYSTÈMES. MÉTHODES MATHÉMATIQUES*, MASSON, 1995  
Christiane Coccozza-Thivent *PROCESSUS STOCHASTIQUES ET FIABILITÉ DES SYSTÈMES*, Springer, 2018

#### Contrôle des connaissances

- CRs des activités pratiques (1/2)
- Test écrit de 2h (1/2)



## GÉOTECHNIQUE

### ADVANCED SOIL ENGINEERING

Responsable(s): **Eric VINCENS**

| Cours : 0.0 | TD : 28.0 | TP : 0.0 | Autonomie : 0.0 | BE : 0.0 | Projet : 0.0 | Langue du cours : FR

#### 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 au travers du MOD2.6 ou de l'ELC-C6.

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

---

#### 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

#### Travail en autonomie

**Objectifs :** Cette activité n'est pas concernée par des activités d'autonomie cadrées en dehors du travail personnel.

**Méthodes :** Cette activité n'est pas concernée par des activités d'autonomie cadrées en dehors du travail personnel.

#### Bibliographie

Georges Filliat, *LA PRATIQUE DES SOLS ET FONDATIONS*, EDITIONS DU MONITEUR, 1981  
Philippe Mestat *DE LA RHÉOLOGIE DES SOLS À LA MODÉLISATION DES OUVRAGES GÉOTECHNIQUES*, LCPC, 2000

#### Contrôle des connaissances

- note de savoir : un test final avec partie sans documents et partie avec documents  
- note de savoir-faire : compte-rendus de BE



## HYDROLOGY AND HYDROGEOLOGY

### HYDROLOGY AND HYDROGEOLOGY

Responsable(s): Richard PERKINS, Pietro SALIZZONI

| Cours : 14 | TD : 0.0 | TP : 6 | Autonomie : 0.0 | BE : 8 | Projet : 0.0 | Langue du cours : FR

#### Objectifs de la formation

L'eau est une ressource naturelle essentielle à la vie, et bien qu'elle recouvre 71% de la surface de la terre, il n'y a qu'une petite partie de cette eau qui est directement utilisable. Pire, cette fraction est distribuée de manière très inhomogène sur la surface de la terre, et la croissance sans arrêt de la demande pour l'eau rend sa gestion de plus en plus critique. L'ingénieur a un rôle central dans la maîtrise et gestion des ressources en eau.

L'hydrologie est la science du cycle de l'eau – les échanges entre l'atmosphère, la surface de la terre et le sous-

**Mots-clés :** Hydrologie, hydrogéologie, ressources en eau, précipitation hydrogrammes, évaporation, évapo-transpiration, Darcy, milieux poreux

#### Programme

1. Introduction
  - le cycle de l'eau,
  - la distribution de l'eau sur la planète,
  - les premiers systèmes d'approvisionnement et traitement
2. Le cycle hydrologique
  - Atmosphère : humidité, précipitation
  - Evapotranspiration

#### Compétences

- Les élèves devraient connaître les principaux composants du cycle hydrologique et leur interaction. Ils devraient être capables d'estimer leur importance par des calculs d'ordre de grandeur.
- Les étudiants doivent comprendre comment développer des modèles qui combinent des principes physiques avec des données réelles, et doivent être capables de les appliquer aux Travaux Pratiques.
- Les étudiants devraient avoir maîtrisé les équations de base de l'écoulement en milieux poreux, et être capables de les résoudre pour des situations simples. Ils devraient

#### Travail en autonomie

**Objectifs :** Cette activité n'est pas concernée par des activités d'autonomie cadrées en dehors du travail personnel.

**Méthodes :** Cette activité n'est pas concernée par des activités d'autonomie cadrées en dehors du travail personnel.

#### Bibliographie

Brutsaert, W., *HYDROLOGY: AN INTRODUCTION*, Cambridge University Press, 2005  
Freeze, R.A. & Cherry, J.A. *GROUNDWATER*, Pearson, 1979  
Shaw, E.M. *HYDROLOGY IN PRACTICE*, Taylor & Francis, 2010

#### Contrôle des connaissances

Savoir 50% Savoir Faire 50%  
Savoir: 40% Examen 60% Contrôle continu  
Savoir Faire: 40% Examen + 60% Contrôle continu



## INFORMATIQUE D'ENTREPRISE

### ENTERPRISE COMPUTING

Responsable(s): Daniel MULLER, Alexandre SAIDI, Mohsen ARDABILIAN

| Cours : 0.0 | TD : 28.0 | TP : 0.0 | Autonomie : 0.0 | BE : 0.0 | Projet : 0.0 | Langue du cours : FR

### Objectifs de la formation

---

A 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

#### Compétences

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

#### Travail en autonomie

**Objectifs :** Cette activité n'est pas concernée par des activités d'autonomie cadrées en dehors du travail personnel.

**Méthodes :** Cette activité n'est pas concernée par des activités d'autonomie cadrées en dehors du travail personnel.

#### Bibliographie

#### Contrôle des connaissances

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



## INFORMATIQUE GRAPHIQUE

### COMPUTER GRAPHICS

Responsable(s): **Mohsen ARDABILIAN, Alexandre SAIDI**

| Cours : 0.0 | TD : 28.0 | TP : 0.0 | Autonomie : 0.0 | BE : 0.0 | Projet : 0.0 | Langue du cours : FR

### Objectifs de la formation

Ce cours présentera des notions d'informatique graphique, et principalement celles liées au rendu réaliste d'images 3D. Il introduit notamment des notions de raytracing/pathtracing et simulation de l'éclairage (équation du rendu), de textures et représentation des matériaux, de représentations de la géométrie 3D, de modèles de caméra, de simulation et intégration de Monte Carlo et échantillonnage par importance, de structures accélératrices, de paramétrisation de surface et de perception. Lors de ce cours, vous développerez entièrement en C++ un moteur de rendu d'images réaliste (noté) basé sur une simulation de Monte Carlo que vous améliorerez au fil des séances.

**Mots-clés :** Informatique graphique, rendu 3D, raytracing, intégration de Monte Carlo, simulation de l'éclairage

### Programme

Vous débuterez le cours avec un code quasi vierge. Au fil des explications, vous ajouterez d'abord de quoi effectuer des rendus de simples sphères diffuses avec des lumières ponctuelles et de l'éclairage direct. Vous ajouterez de la correct gamma, de l'anti-aliasing, et la gestion de sphères réfléchissantes et transparentes. Viendra ensuite un cours sur la simulation de Monte Carlo et l'équation du rendu, qui vous permettra d'ajouter de l'éclairage indirect, des sources lumineuses étendues afin d'obtenir des ombres douces, ainsi que du flou de profondeur de champs. Vous ajouterez enfin la gestion de formes 3D plus complexes à travers les maillages texturés.

### Compétences

- Rendu 3d : A l'issue de ce cours, vous serez capable d'implémenter un moteur de rendu 3d simple mais réaliste, et aurez compris les notions s'y rattachant.
- Intégration de Monte Carlo : A l'issue de ce cours, vous aurez compris comment intégrer stochastiquement une fonction, et connaîtrez de techniques de réduction de variance.
- Programmation : Ce cours renforcera votre maîtrise de la programmation, à travers l'implémentation de structures de données non triviales (e.g., Bounding Volumes Hierarchies) et une application motivante pour y arriver.

### Travail en autonomie

**Objectifs :** Cette activité n'est pas concernée par des activités d'autonomie cadrées en dehors du travail personnel.

**Méthodes :** Cette activité n'est pas concernée par des activités d'autonomie cadrées en dehors du travail personnel.

### Bibliographie

Matt Pharr, Wenzel Jakob, Greg Humphreys, *PHYSICALLY BASED RENDERING: FROM THEORY TO IMPLEMENTATION*. [HTTPS://PBRT.ORG/](https://pbrt.org/), Elsevier, 2016  
Peter Shirley *RAY TRACING IN ONE WEEKEND*. [HTTPS://RAYTRACING.GITHUB.IO/](https://raytracing.github.io/), 2016

### Contrôle des connaissances

Note = 33% savoir + 67% savoir-faire. Note de savoir = 100% examen terminal. Note de savoir-faire = 100% contrôle continu.



## INGÉNIERIE TISSULAIRE ET BIOMATÉRIAUX

### TISSUE ENGINEERING AND BIOMATERIALS

Responsable(s): **Emmanuelle LAURENCEAU, Vincent FRIDRICI**

| Cours : 24.0 | TD : 0.0 | TP : 0.0 | Autonomie : 4.0 | BE : 0.0 | Projet : 0.0 | Langue du cours : FR

#### 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

#### 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

#### Travail en autonomie

**Objectifs :** Cette activité n'est pas concernée par des activités d'autonomie cadrées en dehors du travail personnel.

**Méthodes :** Cette activité n'est pas concernée par des activités d'autonomie cadrées en dehors du travail personnel.

#### Bibliographie

#### Contrôle des connaissances

Note=100% examen final écrit



## MACRO ENERGIE

### MACRO ENERGY

Responsable(s): Jean-Pierre CLOAREC

| Cours : 28.0 | TD : 0.0 | TP : 0.0 | Autonomie : 0.0 | BE : 0.0 | Projet : 0.0 | Langue du cours : FR

### 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. Le cours apporte les connaissances fondamentales sur les aspects géopolitiques, économiques et techniques de filières énergétiques variées et de leur déploiement ou leur arrêt à l'échelle internationale et locale.

**Mots-clés :** Géopolitique des énergies; énergies primaires, secondaire et finale, bilan énergétique, filières énergétiques; énergie-climat; énergie-développement; échelles internationale, nationale, locale

### Programme

Géopolitique des énergies et discussion sur la notion de transition énergétique.

Notion de filière énergétique : impacts, évolutions.

Energies, gouvernance et impacts : de la métropole aux impacts climatiques. Le cas de la métropole de Lyon.

Filières : énergies renouvelables ; pétrole; gaz.

Outils et méthodes pour l'approche systémique des enjeux énergie/climat/économie

### Compétences

- Savoir trouver les principaux ordre de grandeur de l'énergie au niveau mondial et savoir les manipuler
- Appréhender et savoir formaliser les relations entre les différentes parties prenantes (industriels, gouvernements, citoyens, clients, ...) impliqués dans les choix énergétiques, et leur organisation systémique.
- Savoir mener une recherche documentaire sur les questions d'énergie.

### Travail en autonomie

**Objectifs :** Sujet au choix (peut varier selon les années):

- enjeux des ressources pour les énergies renouvelables (terres rares, métaux, ...)
- analyse de presse nationale ou internationale sur l'actualité énergétique
- formation à l'encadrement d'une négociation Energie/Climat

**Méthodes :** Mini-projet sous forme de BE par équipe ou en individuel selon le sujet.

### Bibliographie

### Contrôle des connaissances



## MICROSYSTÈMES, MICROCAPTEURS, MICROFLUIDIQUE

### MICROSYSTEMS, MICROSENSORS, MICROFLUIDIC

Responsable(s): Emmanuelle LAURENCEAU, Ian O CONNOR

| Cours : 16.0 | TD : 0.0 | TP : 0.0 | Autonomie : 0.0 | BE : 12.0 | Projet : 0.0 | Langue du cours : FR

#### 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  
BE1 : Etude bibliographique d'un biocapteur  
BE2 : Microfluidique  
BE3 : 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

#### Travail en autonomie

**Objectifs :** Cette activité n'est pas concernée par des activités d'autonomie cadrées en dehors du travail personnel.

**Méthodes :** Cette activité n'est pas concernée par des activités d'autonomie cadrées en dehors du travail personnel.

#### 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

Note = 33% note BE1 + 33% note BE2 + 33% note BE3



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

### NEW TECHNOLOGIES OF INFORMATION AND COMMUNICATION

Responsable(s): Daniel MULLER, Alexandre SAIDI, Mohsen ARDABILIAN

| Cours : 0.0 | TD : 28.0 | TP : 0.0 | Autonomie : 0.0 | BE : 0.0 | Projet : 0.0 | Langue du cours : FR

#### Objectifs de la formation

A 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.

#### Travail en autonomie

**Objectifs :** Cette activité n'est pas concernée par des activités d'autonomie cadrées en dehors du travail personnel.

**Méthodes :** Cette activité n'est pas concernée par des activités d'autonomie cadrées en dehors du travail personnel.

#### Bibliographie

F. Jakobiak, *L'INTELLIGENCE ÉCONOMIQUE, TECHNIQUES ET OUTILS.*, Dunod,, 2009

#### Contrôle des connaissances

Note = 20% savoir + 70% savoir-faire + 10% savoir-être  
Note de savoir = 100% rapport méthodologique  
Note de savoir-être = assiduité



## OUVRAGES DE PRODUCTION D'ENERGIE

### CONSTRUCTION OF ENERGY PRODUCTION

Responsable(s): **Eric VINCENS, Pierre BRUN**

| Cours : 20.0 | TD : 0.0 | TP : 0.0 | Autonomie : 0.0 | BE : 8.0 | Projet : 0.0 | Langue du cours : FR

#### Objectifs de la formation

---

- Connaître les installations associées à la production d'énergie nucléaire, hydro-électrique et éolienne.
- 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

#### Compétences

- - Conception des aménagements - Evaluation de la Sécurité

#### Travail en autonomie

**Objectifs :** Cette activité n'est pas concernée par des activités d'autonomie cadrées en dehors du travail personnel.

**Méthodes :** Cette activité n'est pas concernée par des activités d'autonomie cadrées en dehors du travail personnel.

#### Bibliographie

#### Contrôle des connaissances

- note de savoir : examen final sans documents
  - note de savoir faire : Etude de BE par groupe de 2
- moyenne du MOS3.2 : 1/2\*savoir+ 1/2\*savoir-faire



## PHÉNOMÈNES COMPLEXES EN DYNAMIQUE DES STRUCTURES

### COMPLEX PHENOMENA IN STRUCTURAL DYNAMICS

Responsable(s): **Olivier DESSOMBZ, Jean-Jacques SINOU**

| Cours : 4.0 | TD : 24.0 | TP : 0.0 | Autonomie : 0.0 | BE : 0.0 | Projet : 0.0 | Langue du cours : FR

#### 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. Une attention particulière sera également accordée au processus de définition par l'ingénieur d'un modèle mathématique pertinent au regard des observations

**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) Dispersions
- 5) Optimisation structurale

#### Compétences

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

#### Travail en autonomie

**Objectifs :** Cette activité n'est pas concernée par des activités d'autonomie cadrées en dehors du travail personnel.

**Méthodes :** Cette activité n'est pas concernée par des activités d'autonomie cadrées en dehors du travail personnel.

#### 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, PRACTICE AND APPLICATION*, Study Press., 1984

#### Contrôle des connaissances

Note = 30% savoir + 70% savoir-faire  
Note de savoir = 100% examen terminal  
Note de savoir-faire = 100% contrôle continu



## ENTREPRENEUR

### ENTREPRENEURIAL COACHING

Responsable(s): **Thierry FARGERÉ, Sylvie MIRA**

| Cours : 0.0 | TD : 28.0 | TP : 0.0 | Autonomie : 0.0 | BE : 0.0 | Projet : 0.0 | Langue du cours : FR

### Objectifs de la formation

---

Développer des compétences entrepreneuriales et faire aboutir la création d'une entreprise

**Mots-clés :** création d'entreprise - finance entrepreneuriale - droit de la création d'entreprise

---

#### Programme

Dimensions juridiques de la création d'entreprise  
Les leviers financiers  
Manager un processus de création d'entreprise

#### Compétences

- Mettre en œuvre un processus de création d'entreprise
- Connaître les leviers financiers de la création d'entreprise
- Connaître les différents statuts juridiques d'une entreprise

#### Travail en autonomie

**Objectifs :** Travailler sur un projet de création d'entreprise

**Méthodes :** Travail sur le terrain, rencontre des clients potentiels, des concurrents, montage financier

#### Bibliographie

Alexander Osterwalder, Yves Pigneur, Alan Smith. , *BUSINESS MODEL GENERATION*, WILEY, 2010  
Eric Ries. *THE LEAN STARTUP.*, CURRENCY., 2017

#### Contrôle des connaissances

Contrôle continu sur avancement du projet



## INTRAPRENEUR

### BUSINESS DEVELOPMENT

Responsable(s): **Marie GOYON**

| Cours : 0.0 | TD : 28.0 | TP : 0.0 | Autonomie : 0.0 | BE : 0.0 | Projet : 0.0 | Langue du cours : FR

### Objectifs de la formation

Face aux défis de l'appel à l'innovation généralisé dans l'entreprise et dans le secteur public, cette formation vise à permettre aux élèves ingénieurs de se former aux enjeux et pratiques de l'innovation, à la conception de projets innovants et à leur accompagnement stratégique (intrapreneuriat). Formation théorique (management de l'innovation, pilotage de projet, open innovation, écosystèmes labs et incubateurs internes, méthodes agiles, RSE...) et formation par le projet avec une ou plusieurs entreprises partenaires. Possibilité de travail sur une étude de cas.

Le MOS est OUVERT A TOUS LES ELEVES.

**Mots-clés :** innovation, stratégie, pilotage, conception, agilité, intrapreneuriat, projet

### Programme

Cours, ateliers, coaching, autonomie, à l'école et sur sites entreprises partenaires.

Thèmes : Design thinking et méthodes agiles, prototypage, communication, négociation, open innovation, stratégies d'innovation, réseaux d'acteurs, enquêtes terrain, business modèles, veille brevet

### Compétences

- conduire un processus d'innovation : concevoir, piloter, manager, réaliser
- conduire une stratégie d'innovation : acteurs et parties prenantes, élaboration d'une stratégie et planification, négociation et communication
- fédérer et piloter en équipe projet
- adopter une pratique transversale et agile de projet

### Travail en autonomie

**Objectifs :** Réalisation d'un projet (conception, communication et stratégie)

**Méthodes :** Travail sur projet, coaching, terrain

### Bibliographie

### Contrôle des connaissances

Présentations orales et dossier



## POLLUTION ATMOSPHÉRIQUE

### ATMOSPHERIC POLLUTION

Responsable(s): Lionel SOULHAC, Didier DRAGNA, Pietro SALIZZONI

| Cours : 16.0 | TD : 4.0 | TP : 0.0 | Autonomie : 0.0 | BE : 8.0 | Projet : 0.0 | Langue du cours : FR

### Objectifs de la formation

---

Mots-clés :

---

#### Programme

#### Compétences

#### Travail en autonomie

**Objectifs :** Cette activité n'est pas concernée par des activités d'autonomie cadrées en dehors du travail personnel.

**Méthodes :** Cette activité n'est pas concernée par des activités d'autonomie cadrées en dehors du travail personnel.

#### Bibliographie

#### Contrôle des connaissances



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

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

Responsable(s): Laurent SEPPECHER, Alexandre SAIDI, Grégory VIAL, Marc JACOB

| Cours : 10.0 | TD : 6.0 | TP : 0.0 | Autonomie : 0.0 | BE : 12.0 | Projet : 0.0 | Langue du cours : MI

#### Objectifs de la formation

\*\*\*\*\* Cours fermé en 2022-2023 \*\*\*\*\*

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.

#### Travail en autonomie

**Objectifs :** Prise en main logiciels éléments finis.  
Mise en pratique des méthodes vues en cours.

**Méthodes :** Mise à disposition d'exercices d'application.

#### Bibliographie

J.-C. Nédélec, *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

Note = 50% savoir + 50% savoir-faire  
Note de savoir = 100 % examen terminal  
Note de savoir-faire = 100 % contrôle continu



## PROCÉDÉS GÉNÉRAUX DE CONSTRUCTION

### TECHNIQUES FOR CONSTRUCTION

Responsable(s): **Eric VINCENS**

| Cours : 0.0 | TD : 28.0 | TP : 0.0 | Autonomie : 0.0 | BE : 0.0 | Projet : 0.0 | Langue du cours : FR

### Objectifs de la formation

---

Techniques constructives dans le BTP  
Découverte du travail en entreprise de TP et de bâtiment

**Mots-clés :** Travaux Publics, Génie Civil, Méthodes, Construction, Chantier

#### Programme

Bilan d'activité récent des filières conventionnelles et alternatives  
Le BIM dans la construction  
Les méthodes  
Les façades dans la construction  
L'ACV dans la construction  
Construire autrement : habitat participatif  
Construire autrement : la terre-paille  
Les études de prix

#### Compétences

• - Comprendre le contexte et l'environnement de chantier - Savoir choisir des méthodes de construction - Culture technique

#### Travail en autonomie

**Objectifs :** Cette activité n'est pas concernée par des activités d'autonomie cadrées en dehors du travail personnel.

**Méthodes :** Cette activité n'est pas concernée par des activités d'autonomie cadrées en dehors du travail personnel.

#### Bibliographie

#### Contrôle des connaissances

- note de savoir : test final sans documents sous forme de QCM  
- note de savoir-faire : comptes rendus de visites sur site  
moyenne du MOS7.3 = 1/2\*savoir + 1/2 \* savoir-faire



## RESSOURCES, ÉNERGIE, CLIMAT, SOCIÉTÉS

### RESSOURCES, ENERGY, CLIMATE, SOCIETIES

Responsable(s): **Pietro SALIZZONI, Jean-Pierre CLOAREC, Mathieu CREYSSELS**

| Cours : 16 | TD : 0.0 | TP : 0.0 | Autonomie : 0.0 | BE : 12 | Projet : 0.0 | Langue du cours : FR

### Objectifs de la formation

L'objectif de ce cours est de fournir les connaissances de base pour permettre aux élèves de comprendre 1) 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; 2) une culture de base et des exemples d'outils et de méthodes sur les enjeux énergie & climat

**Mots-clés :** Ressources naturelles, environnement, climat, énergie, croissance économique

### Programme

Cours magistraux

- 1- Regard historique sur les enjeux de ressources, énergie et climat (Pietro Salizzoni)
- 2- Mitigation des impacts du changement climatique (Jean-Pierre Cloarec)
- 3- Ressources énergétiques et naturelles (Mathieu Creyssels)
- 4- Energies renouvelables : aspects législatifs (Isabelle Michalet, Lyon 3)
- 5- Ressources naturelles et conflits actuels (Alberto Christina, Médecins sans Frontière)

### Compétences

- Se familiariser avec les grandes classes de ressources naturelles et leur répartition sur terre
- 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.
- Se familiariser avec la complexité des solutions face aux enjeux climatiques et leur acceptation sociale et économique.

### Travail en autonomie

Objectifs :

Méthodes :

### Bibliographie

- J. Diamond, *GUNS GERMS AND STEEL*, WW Norton, 1997  
V. Smil *ENERGY AND CIVILIZATION: A HISTORY*, The MIT Press, 2018  
D. MacKay *SUSTAINABLE ENERGY – WITHOUT THE HOT AIR*, UIT Cambridge, 2008

### Contrôle des connaissances

Note = 50% savoir + 50% savoir-faire  
Note de savoir = 100% examen terminal  
Note de savoir-faire = 100% examen terminal



## STABILITÉ DES MACHINES TOURNANTES

### STABILITY OF ROTATING MACHINES

Responsable(s): Laurent BLANC, Fabrice THOUVEREZ

| Cours : 16.0 | TD : 0.0 | TP : 8.0 | Autonomie : 0.0 | BE : 4.0 | Projet : 0.0 | Langue du cours : AN

#### 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 : leur stabilité est essentielle au bon fonctionnement et à la sécurité.

**Mots-clés :** Machine tournante, Stabilité, Vibration

#### Programme

I/ Rappel de la mise en équation d'une structure élastique en rotation, caractéristiques modales en repère fixe et repère tournant  
II/ Analyse de stabilité des systèmes linéaires : équations à coefficients constants, périodiques. Introduction à la stabilité des systèmes non-linéaires  
III/ Problèmes de stabilité des rotors : analyse phénoménologique, analyse des éléments conduisant à des instabilités :  
• Symétrie, dissipation, flambement dans les parties tournantes • Caractéristiques des paliers  
• Couplage rotor / stator, IFS conduisant à des instabilités • NL responsables d'instabilités

#### 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

#### Travail en autonomie

**Objectifs :** S'informer de l'état de l'art en machines tournantes

**Méthodes :** Analyse d'article de recherche en binôme + exposé au groupe

#### Bibliographie

R. Bigret, *STABILITÉ DES MACHINES TOURNANTES ET DES SYSTÈMES*, Publication CETIM, 1997  
F. F. Ehrich *HANDBOOK OF ROTORDYNAMICS*, Krieger Publishing Company, 2004  
M. I. Friswell, J. E. T. Penny, S. D. Garvey and A. W. Lees *DYNAMICS OF ROTATING MACHINES*, Cambridge Aerospace series, 2010

#### Contrôle des connaissances

Note de BE  
Note commentaire d'article  
Note de test écrit



## STRATÉGIE D'ENTREPRISE

### STRATEGIC MANAGEMENT

Responsable(s): Sylvie MIRA, ELISABETH COUZINEAU-ZEGWAARD

| Cours : 0.0 | TD : 28.0 | TP : 0.0 | Autonomie : 0.0 | BE : 0.0 | Projet : 0.0 | Langue du cours : FR

#### Objectifs de la formation

---

Comprendre la démarche de conception d'une stratégie d'entreprise.

Mettre en œuvre analyse stratégique alignée avec le diagnostic des ressources et les modèles de concurrence sur les marchés

Comprendre les leviers financiers de croissance

**Mots-clés :** Stratégie d'entreprise - analyse concurrentielle - approche ressources - financement de la croissance

---

#### Programme

Les fondamentaux de la stratégie  
Stratégie et marketing  
Stratégie internationale et gestion des opérations  
Stratégie de croissance et finance

#### Compétences

- Comprendre les ressorts de la performance globale d'une entreprise
- Etre en mesure de mettre en œuvre un diagnostic stratégique d'une entreprise
- Etre en mesure d'évaluer les stratégies des concurrents
- Comprendre les mécanismes financiers de la croissance

#### Travail en autonomie

**Objectifs :** Mettre en œuvre les connaissances apportées par le cours sur des études de cas

**Méthodes :** Travail de groupe sur les études de cas

#### Bibliographie

Frery F., *STRATÉGIQUE*, Pearson, 2014

Meier O. *STRATÉGIES ET CHANGEMENT - INNOVATIONS ET TRANSFORMATIONS DES ORGANISATIONS*, Dunod, 2013

Garette B., Lehman L. *STRATÉGOR - TOUTE LA STRATÉGIE DE LA START-UP À LA MULTINATIONALE*, Dunod, 2020

#### Contrôle des connaissances

Etude de cas



## SÛRETÉ DE FONCTIONNEMENT DES SYSTÈMES ET DES STRUCTURES

### HEALTH MONITORING

Responsable(s): **Olivier BAREILLE, Michelle SALVIA**

| Cours : 0.0 | TD : 28.0 | TP : 0.0 | Autonomie : 0.0 | BE : 0.0 | Projet : 0.0 | Langue du cours : AN

### 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.

**Mots-clés :** surveillance des structures  
vieillessement  
endommagement des matériaux et des structures  
traitement du signal

### 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

### Travail en autonomie

**Objectifs :**

**Méthodes :** Les 8 séances de cours sont complétées par une séance de TP et deux séances de BE.

### Bibliographie

J. Lemaître, *A COURSE ON DAMAGE MECHANICS*, Springer Verlag, New York, 1996  
Adams Douglas E. *HEALTH MONITORING OF STRUCTURAL MATERIALS AND COMPONENTS*, Wiley, 2007  
Karbhari Vistasp M. and Ansari Farhad *STRUCTURAL HEALTH MONITORING OF CIVIL INFRASTRUCTURE SYSTEMS*, Woodhead Publishing CRC Press, 2009

### 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)



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

### HYBRID ELECTRIC VEHICLES : MODELLING AND ENERGY MANAGEMENT

Responsable(s): Arnaud BREARD

| Cours : 16.0 | TD : 0.0 | TP : 0.0 | Autonomie : 0.0 | BE : 12.0 | Projet : 0.0 | Langue du cours : FR

#### 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

#### 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

#### Travail en autonomie

**Objectifs :** Cette activité n'est pas concernée par des activités d'autonomie cadrées en dehors du travail personnel.

**Méthodes :** Cette activité n'est pas concernée par des activités d'autonomie cadrées en dehors du travail personnel.

#### 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

Note = 60% savoir + 40% savoir-faire  
Note de savoir = 100% examen terminal  
Note de savoir-faire = 100% contrôle continu



## VISUALISATION INTERACTIVE DE DONNÉES

### INTERACTIVE DATA VISUALIZATION

Responsable(s): Romain VUILLEMOT

| Cours : 0.0 | TD : 28.0 | TP : 0.0 | Autonomie : 0.0 | BE : 0.0 | Projet : 0.0 | Langue du cours : FR

#### Objectifs de la formation

---

Ce cours a pour objectif de présenter les outils et méthodes situées aux extrémités de la chaîne de traitement des Big Data: explorer visuellement des données avant de les modéliser, communication visuellement des résultats d'analyse. 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.

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

---

#### 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;
- Études 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.

#### Compétences

#### Travail en autonomie

**Objectifs :** Cette activité n'est pas concernée par des activités d'autonomie cadrées en dehors du travail personnel.

**Méthodes :** Cette activité n'est pas concernée par des activités d'autonomie cadrées en dehors du travail personnel.

#### Bibliographie

Tamara Munzner, *VISUALIZATION ANALYSIS AND DESIGN*, CRC Press, 2014

#### Contrôle des connaissances

Examen écrit et projet web (+ soutenance)