



PARCOURS ÉLECTIF S9

UE MODULES OUVERTS

PROGRAMME DES ENSEIGNEMENTS
2020-2021



Acoustique Environnementale.....	12
Acoustique Générale : sources acoustiques et propagation du son.....	44
Aérodynamique et Energétique des Turbomachines.....	8
Aerodynamique externe.....	35
Aléas et hétérogénéités dans les structures.....	31
Analyse des assemblages : géométrie et architecture.....	28
Apprentissage profond & Intelligence Artificielle : une introduction.....	19
Automatique Avancée.....	23
Bruits d'origine aérodynamique.....	46
Caractérisation des surfaces et des nanostructures.....	47
Changements climatiques et Géo-ingénierie.....	40
Combustion pour la propulsion.....	26
Comportement des matériaux.....	57
Défis informatiques du Big Data.....	13
Diagnostic et Sûreté de Fonctionnement.....	22
Durabilité des matériaux et des structures.....	38
Dynamique de l'Atmosphère et l'Océan.....	14
Dynamique des structures.....	45
Dynamique des systèmes biologiques humains.....	41
Energie Nucléaire.....	53
Energie Stockage-Conversion.....	25
Green Computing.....	24
Hydraulique Fluviale.....	50
Identification des systèmes et décomposition parcimonieuse des signaux.....	21
Information quantique.....	52
Ingénierie d'un objet de grande consommation.....	64
Interactions fluide-structure.....	48
Introduction à la Data Science.....	43
Introduction aux vibrations non-linéaires.....	11
Les turbines pour la production d'énergie.....	16
Le système électrique.....	62
Matériaux de construction.....	33
Matière molle : nanosystèmes et interfaces biologiques.....	37
Mécanique des matériaux et.....	55
Méthodes numériques pour les EDP.....	59
Méthodes variationnelles pour les EDP.....	66
Microsystèmes Autonomes.....	39
MOD Parcours Entrepreneur 1.....	63
MOD Parcours Entrepreneur 2.....	65
Nanophotonique.....	9
Nanotechnologies.....	36

Ouverture socio-économique et culturelle	60
Parcours Bâtiment et Architecture	67
Parcours Intrapreneur 1	54
Parcours Intrapreneur 2	61
Physiologie humaine et biotechnologies	30
Physique des écoulements turbulents	10
Processus Stochastiques : modèles et méthodes numériques	49
Propagation des ondes élastiques	18
Recherche opérationnelle	27
Reconnaissance et comportement des sols	17
Représentation et manipulation de données structurées	51
Réseaux informatiques	58
Simulation numérique des écoulements	7
Stabilité des Systèmes Mécaniques	56
Statistique appliquée aux sciences de l'ingénieur	15
structures composites	55
Systèmes de bases de données	29
Systèmes d'information en entreprise	42
Systèmes embarqués sécurisés	20
Traitement et analyse des données visuelles et sonores	32
Tribologie : principes et applications	34

LE SEMESTRE 9 À L'ÉCOLE CENTRALE DE LYON

Au S9, les élèves suivent :

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

L'UE « Module Ouverts Disciplinaires » (180h)

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

Créneau 1 Lundi 8h-10h	
MOD 1.1	Simulation numérique des écoulements
MOD 2.1	Défis informatiques du Big Data
MOD 3.1	Propagation des ondes élastiques
MOD 4.1	Green Computing
MOD 5.1	Physiologie humaine et biotechnologies
MOD 6.1	Nanotechnologies
MOD 7.1	Systèmes d'information en entreprise
MOD 8.1	Interactions fluide-structure (en anglais)
MOD 9.1	Parcours Intrapreneur 1
Créneau 2 Lundi 10h15-12h15	
MOD 1.2	Aérodynamique et Énergétique des Turbomachines (en anglais)
MOD 2.2	Dynamique de l'atmosphère et de l'Océan (en anglais)
MOD 3.2	Apprentissage profond et intelligence artificielle : une introduction
MOD 4.2	Énergie Stockage-Conversion
MOD 5.2	Aléas et hétérogénéités dans les structures
MOD 6.2	Matière molle : nanosystèmes et interfaces biologiques
MOD 7.2	Introduction à la Data Science
MOD 8.2	Processus Stochastiques: modèles et méthodes numériques (en anglais)
MOD 9.2	Mécanique des matériaux et structures composites (en anglais)
MOD 10.2	Parcours Intrapreneur 2

Créneau 3 Mardi 14h-16h	
MOD 1.3	Nanophotonique
MOD 2.3	Statistique appliquée aux sciences de l'ingénieur
MOD 3.3	Systèmes embarqués sécurisés
MOD 4.3	Combustion pour la propulsion (en anglais)
MOD 5.3	Traitement et analyse des données visuelles et sonores
MOD 6.3	Durabilité des matériaux et des structures (en anglais)
MOD 7.3	Acoustique générale : sources acoustiques et propagation du son (en anglais)
MOD 8.3	Hydraulique fluviale (en anglais)
MOD 9.3	Stabilité des Systèmes Mécaniques
MOD 10.3	Le système électrique
MOD 11.3	MOD Parcours Entrepreneur 2
Créneau 4 Mardi 16h15-18h15	
MOD 1.4	Physique des écoulements turbulents
MOD 2.4	Les turbines pour la production d'énergie
MOD 3.4	Identification des systèmes et décomposition parcimonieuse des signaux
MOD 4.4	Recherche opérationnelle
MOD 5.4	Matériaux de construction
MOD 6.4	Microsystèmes Autonomes
MOD 7.4	Dynamique des structures
MOD 8.4	Représentation et manipulation de données structurées
MOD 9.4	Comportement des matériaux
MOD 10.4	MOD Parcours Entrepreneur 1
MOD 11.4	Méthodes variationnelles pour les EDP
Créneau5 Vendredi 13h30-15h30	
MOD 1.5	Introduction aux vibrations non-linéaires
MOD 3.5	Diagnostic et Sûreté de Fonctionnement
MOD 4.5	Analyse des assemblages : géométrie et architecture
MOD 5.5	Tribologie : principes et applications
MOD 6.5	Changements climatiques et géo-ingénierie (en anglais)
MOD 7.5	Bruits d'origine aérodynamique
MOD 8.5	Information quantique
MOD 9.5	Réseaux informatiques
MOD 10.5	Ingénierie d'un objet de grande consommation
MOD 11.5	Parcours Bâtiment et Architecture

Créneau6 Vendredi 15h45-17h45	
MOD 1.6	Acoustique Environnementale (en anglais)
MOD 2.6	Reconnaissance et comportement des sols
MOD 3.6	Automatique Avancée
MOD 4.6	Systèmes de bases de données
MOD 5.6	Aérodynamique externe (en anglais)
MOD 6.6	Dynamique des systèmes biologiques humains
MOD 7.6	Caractérisation des surfaces et des nanostructures
MOD 8.6	Énergie Nucléaire
MOD 9.6	Méthodes numériques pour les EDP

Évaluation de l'UE MOD


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



SIMULATION NUMÉRIQUE DES ÉCOULEMENTS

Numerical methods for computational fluid dynamics

Responsable(s) : Fabien GODEFERD, Christophe CORRE

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

Objectifs de la formation

L'objectif du cours est de donner les éléments de base sur les méthodes numériques de simulation en mécanique des fluides et leurs spécificités, et de fournir une première expérience pratique de programmation et d'utilisation de ces méthodes. Le cours devrait permettre aux étudiants de disposer d'un aperçu pour aborder le développement de codes de calcul ou exploiter les grands codes actuels déjà en place dans les grands organismes et entreprises, dans les secteurs tels que l'aéronautique, la propulsion, les transports, l'énergie, etc. Le cours contient notamment les bases indispensables à l'approfondissement des méthodes numériques dans les spécialisations de filière qui pourront être choisies par la suite.

Mots-clés : Simulation numérique, classification des équations, caractéristiques, méthodes spectrales, différences finies, volumes finis, éléments finis

Programme

L'accent est d'abord mis sur la classification des problèmes aux limites (systèmes d'équations aux dérivées partielles de type hyperbolique, parabolique ou elliptique). Le cours présente ensuite les diverses classes de méthodes numériques de résolution :

- méthodes des caractéristiques,
- différences finies,
- volumes finis,
- éléments finis,
- méthodes spectrales,

et leurs spécificités comparées pour chacune des applications industrielles ou de recherche.

Compétences

- ◇ Connaître les principes des méthodes de simulation les plus utilisées en mécanique des fluides
- ◇ Etablir les équations discrétisées et créer l'algorithme de résolution associé
- ◇ Implémenter la méthode numérique dans un langage de programmation et s'assurer de la pertinence physique des résultats obtenus par le calcul
- ◇ Appréhender les principes de fonctionnement d'un code existant de type commercial ou académique

Activités / Autonomie

Bureaux d'étude : 3 x 4 heures

Ces BE abordent l'approche de façon pragmatique et exhaustive certaines des méthodes numériques vues d'un point de vue théorique en cours, illustrées au travers d'un cas-test de géométrie simple.

Masters affiliés

Master Acoustique
Master Aéronautique et Espace
Master Mécanique, Énergétique

Bibliographie

CHARLES HIRSCH. *Numerical Computation of Internal and External Flows*. ISBN: 978-0-7506-6594-0, 2007.

CLIVE A.J. FLETCHER. *Computational Techniques for Fluid Dynamics Vols. 1 & 2*. ISBN-13: 978-3540530589, 1997.

JOHN P. BOYD. *Chebyshev and Fourier Spectral Methods*. ISBN-13: 978-0486411835, 2000.

Contrôle des connaissances


Comptes rendus écrit pour chacun des trois BE : 3 x 20% de la note finale
Examen écrit de 2 heures (+1 heure pour le master Recherche) : 40%



AÉRODYNAMIQUE ET ÉNERGÉTIQUE DES TURBOMACHINES

Fundamentals of turbomachines

Responsable(s) : Alexis GIAUQUE, Pierre Duquesne

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

Objectifs de la formation

Le cours a essentiellement pour but de familiariser l'étudiant avec le fonctionnement et le calcul de l'écoulement dans une turbomachine. A partir des notions d'aérodynamique et de thermodynamique appliquées aux turbomachines, on détaillera les principaux outils permettant de dessiner une turbomachine, et plus précisément de déterminer la géométrie d'un compresseur axial répondant à un objectif de performance précis.

Le travail pratique sur un banc d'essais de compresseur basse-vitesse permet de mesurer et d'analyser sur un cas concret les différents phénomènes étudiés en cours. Les bureaux d'études ont pour but de réaliser la conception d'un compresseur axial pour un cahier des charges donné.

Mots-clés : turbomachine, compresseur, turbine, aérodynamique, énergétique, compressible

Programme

Fonctions et domaine d'application des turbomachines
Courbes caractéristiques et domaine d'utilisation (point nominal et plage de fonctionnement).
Application des formes intégrales des équations de la mécanique des fluides aux turbomachines.
Analyse aérothermodynamique mono-dimensionnelle : transformations réelles dans les turbomachines, quantification des pertes.
Analyse bidimensionnelle dans le plan circonférentiel : triangles de vitesse, critères de charges en compresseurs, corrélations.
Analyse bidimensionnelle dans le plan méridien : équation d'équilibre radial.
Introduction aux phénomènes tridimensionnels et instationnaires.

Compétences

- ◇ comprendre le fonctionnement des turbomachines
- ◇ savoir concevoir un compresseur axial
- ◇ maîtriser l'aérodynamique compressible
- ◇ savoir analyser l'écoulement interne aux turbomachines

Activités / Autonomie

Concevoir un compresseur axial compressible subsonique (complément des BE).
Ecrire le programme de conception aérodynamique du compresseur (matlab,...)

Masters affiliés

Master Aéronautique et Espace

Bibliographie

N. A. CUMPTSY. *Compressor aerodynamics*. Longman Scientific & Technical, 1989.
DAVID JAPIKSE, N. C. BAINES. *Introduction to turbomachinery*. Concepts ETI, 1997.

Contrôle des connaissances


Examen final, compte-rendu des BEs et compte-rendu du TP



NANOPHOTONIQUE

Nanophotonics

Responsable(s) : Emmanuel DROUARD, Christelle MONAT

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

Objectifs de la formation

La photonique a connu des développements importants dans l'émission de la lumière, son traitement, son transport et sa détection, appliqués dans de nombreux secteurs. Les progrès technologiques, notamment issus de la microélectronique, pour la réalisation de dispositifs micrométriques, ont permis la mise en oeuvre de nouveaux concepts d'optique intégrée pour le contrôle de la lumière, qui sont aujourd'hui couramment utilisés. Les recherches actuelles, très actives, sur les dispositifs submicrométriques, tels les cristaux photoniques, bénéficieront à des secteurs à fort potentiel : information et communications, biologie, énergie. Le but de ce cours est de donner les bases physiques communes à ces nouvelles technologies, afin de pouvoir aborder la littérature plus spécialisée.

Mots-clés : Biréfringence, Guide d'onde, Cristal Photonique, Optique non linéaire

Programme

Polarisation de la lumière
Optique guidée planaire
Optique intégrée & Fibre optiques
Cristaux photoniques & Nanophotonique: principes et perspectives d'applications
Optique non linéaire: effet Kerr optique, doublage de fréquence, conversion de longueur d'onde.
Exemple d'applications: source accordable, interrupteur optique, peigne de fréquences...

Sujets de travaux pratiques possibles (2 séances): Simulations « Finite Difference Time Domain » de composants d'optique intégrée, Transmission d'un signal par modulation électro-optique, Laser à cristaux photoniques. Laser à fibre optique.
BE d'Optique non linéaire sur de la conversion de longueur d'onde

Compétences

- ◇ être capable de décrire la propagation de la lumière dans un matériau biréfringent
- ◇ comprendre et utiliser les effets du profil d'indice et de la longueur d'onde sur les modes guidés
- ◇ comprendre et savoir utiliser les propriétés de dispersion des structures micro-nanophotoniques
- ◇ comprendre l'origine de phénomènes d'optique non linéaire et comment les appliquer à du traitement tout optique de l'information

Activités / Autonomie

Maîtrise des compétences
Rédaction de Compte Rendu de certains TP

Masters affiliés

Master NSE (50% des cours sont en anglais)

Bibliographie

B.E. A. SALEH, M.C. TEICH. *Fundamental of Photonics*. Wiley, 2007.
RIGNEAULT H., LOURTIOZ JM.. *La Nanophotonique*. Hermes science publ. Lavoisier, 2005.

Contrôle des connaissances


TP/ BE, test écrit final.
70% savoir (test écrit final), 30% savoir faire (TP/BE)



PHYSIQUE DES ÉCOULEMENTS TURBULENTS

Physics of turbulent flows

Responsable(s) : Christophe BAILLY, Christophe BOGEY, Simon PRIGENT

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

Objectifs de la formation

La turbulence intervient dans de nombreuses applications technologiques des transports terrestres, de l'aéronautique et du spatial (aérodynamique interne et externe, combustion, aéroacoustique, vibroacoustique) et de l'énergie. Elle joue également un rôle déterminant dans le domaine de l'environnement (dispersion de polluants) et des écoulements géophysiques (météorologie, climat). Ce cours aborde les grandes problématiques de la turbulence, et présente la physique des phénomènes impliqués et leur modélisation. Le cours s'appuie sur de nombreux exemples de cas pratiques, ainsi que sur les résultats les plus récents obtenus par les simulations numériques et les techniques expérimentales (cours pouvant d'être donné en anglais suivant le public présent, supports de cours en anglais)

Mots-clés : turbulence, mécanique des fluides, aérodynamique, couche limite, modèle de turbulence, dynamique de la vorticité, turbulence homogène et isotrope, théorie de Kolmogorov, simulation numérique (DNS, LES, RANS), techniques expérimentales (HWA, LDA, PIV)

Programme

Quelques exemples d'écoulements turbulents
Description statistique pour l'écoulement moyen
 coulements de paroi et propriétés physiques de la couche limite turbulente
Un exemple de modélisation de type RANS: le modèle k-epsilon (k-omega)
Dynamique de la vorticité
Turbulence homogène et isotrope, théorie de Kolmogorov
Quelques illustrations sur l'état de l'art pour les simulations numériques et les techniques expérimentales

Compétences

-   Maitriser des principaux éléments physiques (production, couche limite, vorticité, Kolmogorov)
-   Connaissance générales des techniques numériques et expérimentales ( tat de l'art)
-   Savoir-faire dans la modélisation (modèles de turbulence)
-   Savoir-faire dans l'analyse des résultats (traitement du signal ou modélisation avec Matlab par exemple)

Activités / Autonomie

Exercices à résoudre de manière régulière par binôme (4 dans une liste d'une dizaine au choix) portant sur la modélisation, la résolution de problèmes sous Matlab, l'approfondissement d'un sujet via la bibliographie...

2 séances de travaux pratiques (caractérisation d'une turbulence de jet libre par fil chaud et modélisation numérique d'un écoulement de paroi) et un TD (4h)

Masters affiliés

Mécanique des fluides & énergie
Acoustique
Aéronautique

Bibliographie

BAILLY C. & COMTE-BELLOT G.. *Turbulence*. Springer, 2015.
DAVIDSON P. A.. *Turbulence. An introduction for scientists and engineers*. Oxford University Press, 2004.
POPE S.B.. *Turbulent flows*. Cambridge University Press, 2000.

Contrôle des connaissances


Contrôle continu (4 exercices dans une liste), activités pratiques (2 TP et 1 BE). Savoir 30%, Savoir-faire 30%, Méthodologie 40%



INTRODUCTION AUX VIBRATIONS NON-LINÉAIRES

Introduction to nonlinear vibrations

Responsable(s) : Joël PERRET-LIAUDET, Fabrice THOUVEREZ

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

Objectifs de la formation

Il s'agit de sensibiliser et familiariser les élèves aux principaux phénomènes liés aux problèmes des vibrations non linéaires. Les connaissances minimales et les règles utiles à l'ingénieur seront introduites en vue de diagnostiquer et traiter ces problèmes. De nombreux exemples issus de problèmes de l'ingénierie viendront illustrer le cours. On peut citer la dynamique des contacts frottants (crissements), des systèmes à jeux (cliquetis), des rotors et transmissions, des ponts soumis aux vents...

Mots-clés : vibrations non linéaires, dynamique des systèmes, stabilité, bifurcations, modes non linéaires, résonances principales, surharmoniques, sous harmoniques, vibrations auto entretenues, galop flottement

Programme

- * Généralités sur les problèmes vibratoires non linéaires en ingénierie, classification des sources
- * Outil de description et d'analyse, Analyse modale non linéaire
- * Perte de stabilité d'équilibre et vibrations auto entretenues (phénomènes de galop, crissement)
- * Phénomènes de résonances non linéaires (principales et harmoniques)
- * Notion de réponses complexes (chaos)
- * Introduction aux méthodes spécifiques aux traitements des phénomènes non linéaires

Compétences

- ◇ détecter et/ou diagnostiquer un phénomène de vibrations non linéaires
- ◇ caractériser les principaux types de réponses vibratoires
- ◇ identifier les principaux phénomènes qui conduisent à ces réponses dynamiques
- ◇ modéliser certains problèmes non linéaires et les traiter par des méthodes spécifiques

Activités / Autonomie

- 1 BE et 2 TP permettront d'illustrer
- les résonances non linéaires dans le cas de contacts sous sollicitations normales
 - les instabilités qui conduisent à des vibrations auto entretenues comme pour le crissement
 - de manipuler les principaux concepts et outils de description
 - quelques scénarios de route vers le chaos

Bibliographie

- A. H. NAYFEH, B. BALACHANDRAN. *Applied Nonlinear Dynamics: Analytical, Computational and Experimental Methods*. Wiley, 1995.
- VÍDAL, BERGÉ, POMMEAU. *L'ordre dans le Chaos*. Hermann, 1984.
- P. MANNEVILLE. *Instabilités, chaos et turbulence*. Ed. Ecole Polytechnique, 2004.

Contrôle des connaissances


- 50 % savoir (test)
50 % savoir faire (BE/TP)



ACOUSTIQUE ENVIRONNEMENTALE

Environmental Acoustics

Responsable(s) : Marie-Annick Galland, Didier Dragna

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

Objectifs de la formation

Le bruit est souvent considéré comme une des principales sources de nuisances. Il est donc essentiel voire obligatoire de prendre en compte les contraintes acoustiques dans de nombreux champs d'applications, tels que les bâtiments et les transports. Ce cours présente les notions de bases en acoustique particulièrement utiles aux ingénieurs travaillant dans ces secteurs d'activité : acoustique des salles, des locaux industriels ou des lieux publics, propagation sonore en milieu naturel ou urbain, méthodes et techniques pour réduire les niveaux sonores, qu'elles soient passives (écrans, cloisons, matériaux absorbants,...) ou actives (anti-bruit). Les aspects subjectifs sont également abordés avec les notions de perception, qualité sonore, gêne et nuisance.

Mots-clés : Acoustique, acoustique des salles, méthodes de réduction du bruit, propagation extérieure, perception

Programme

- I- Équations et modèles de base en acoustique
- II- Perception sonore : de l'échelle des déciBels aux nuisances
- III- Acoustique des salles : théorie modale and approche énergétique (théorie de Sabine, tracé de rayons, temps de réverbération, indices)
- IV- Méthodes de réduction du bruit : isolation acoustique (simples et doubles cloisons), écrans, matériaux absorbants, contrôle actif
- V- Propagation extérieure : effets du sol, des bâtiments, impact des conditions météo... ; cartographies acoustiques

Compétences

- ◇ Développer une approche cohérente pour établir un diagnostic en acoustique environnementale
- ◇ Construire un modèle simplifié
- ◇ Proposer une solution technique et évaluer ses performances et ses limites

Activités / Autonomie

- Activités pratiques :
- TP Acoustique des salles : mesure du temps de réverbération et des indices dans la salle de cinéma de l'école; simulation numérique avec le logiciel CATT-Acoustic.
 - TP Propagation extérieure : cartographie acoustique avec le logiciel SoundPlan. Construction et analyse des résultats
 - Bureau d'étude portant sur un problème de réduction du bruit

Masters affiliés

Ce cours fait partie du Master of Sciences in Acoustics (M2; see <http://master-acoustics.ec-lyon.fr/>). Il peut également constituer une UE des Masters in Aerospace Engineering, in Mechanics, in Civil Engineering,

Bibliographie

- A. PIERCE. *Acoustics, Introduction to its physical principles and applications*. Mc Graw -Hill, 1981.
- H. KUTTRUFF. *Room acoustics*. Spon Press, 2000.
- D.BIES, C.HANSEN. *Engineering noise control*. Spon Press, 2009.

Contrôle des connaissances

Examen écrit (50%) ; Activités pratiques (50%)



DÉFIS INFORMATIQUES DU BIG DATA

Big Data challenges

Responsable(s) : Stéphane DERRODE, Emmanuel DELLANDREA

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

Objectifs de la formation

L'explosion quantitative des données numériques est à l'origine de nouveaux ordres de grandeur qui impactent la capture, le stockage, l'analyse et la visualisation des données. Les perspectives du traitement des big data sont encore en partie insoupçonnées : analyse prospective (climatique, commercial...), gestion des risques (assuranciel, industriel, naturel) ou encore médical (génomique, épidémiologie) et sécurité (lutte contre la criminalité).

L'enseignement proposé permettra de découvrir les grandes problématiques soulevées par l'émergence de ces flots de données (stockage, interrogation, analyse et visualisation) et leur exploitation commerciale. Les questionnements d'ordre éthique et juridique que soulèvent la collecte et l'exploitation de ces données seront également discutés.

Mots-clés : Big Data, NoSQL, Hadoop, Open-data.

Programme

Introduction : les enjeux techniques/économiques/éthiques du big-data
Open data et données publiques
Big Data analytics
Big data en entreprise : use-cases présentés par des professionnels
TP #1 : Map-Reduce avec Apache/Hadoop.
TP #2 : Visualisation de données massives : OpenStreetMap.
TP #3 : Web sémantique.

Compétences

- ◇ Comprendre les enjeux économiques, éthiques et techniques que soulèvent les big-data
- ◇ Utiliser un algorithme map-reduce fonctionnant sous Hadoop
- ◇ Avoir un esprit critique sur les nouveaux outils s'appuyant sur les données massives
- ◇ Approfondir ses compétences big-data par sois-même

Activités / Autonomie

Approfondir un sujet en rédigeant une note de synthèse par groupe de 4/5 (Ex. Big data et startup, les Data-Centers...).

- Synthèse bibliographique de lectures
- Interview d'un acteur du big data

Masters affiliés

Master Informatique de Lyon

Bibliographie

PIRMIN LEMBERGER ET MARC BATTY. *Big Data et Machine Learning - Manuel du data scientist*. Dunod, 2015.
RUDI BRUCHEZ. *Les bases de données NoSQL et le Big Data : Comprendre et mettre en oeuvre*. Eyrolles, 2015.
JEAN-CHARLES COINTOT ET YVES EYCHENNE. *La Révolution Big data - Les données au coeur de la transformation de l'entreprise*. Dunod, 2014.

Contrôle des connaissances


L'enseignement sera évalué par un examen et par la synthèse bibliographique (travail en autonomie).



DYNAMIQUE DE L'ATMOSPHÈRE ET L'OCÉAN

Atmosphere and Ocean Dynamics

Responsable(s) : Richard PERKINS, Lionel SOULHAC

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

Objectifs de la formation

Le but de ce cours est de fournir une compréhension physique des circulations atmosphériques et océaniques à grande échelle, et les conséquences pratiques de tels systèmes. Le vent est le résultat de l'interaction entre des déséquilibres thermodynamiques – poussés notamment par le rayonnement solaire – et la rotation de la Terre. Grâce à la différence entre la capacité calorifique de l'eau et de l'air, l'océan agit comme un réservoir de chaleur qui peut stabiliser ou déstabiliser l'atmosphère. L'interaction entre les mouvements atmosphériques et océaniques assure le transport de chaleur de l'équateur vers les pôles. Dans ce cours on étudie donc les processus d'échange de chaleur dans l'atmosphère, les effets de la rotation de la Terre, et l'interaction entre ces deux.

Mots-clés : Atmosphère, Océan, Chaleur, Humidité, Rotation, Rayonnement, Coriolis, Rossby, Ekman, Richardson, Géostrophique, Nuages, Courants, Ondes internes

Programme

Introduction : Les propriétés physico-chimiques de l'atmosphère et de l'océan
La thermodynamique de l'atmosphère : Les échanges radiatifs, stratification et stabilité
L'eau dans l'atmosphère : L'atmosphère humide, les nuages
Les ondes dans un fluide stratifié : Discontinuité de masse volumique, stratification continue
Les effets de rotation : L'équation de mouvement dans un système en rotation, les vents géostrophiques et quasi-géostrophiques, le vent thermique
Les mouvements forcés : La couche d'Ekman, le pompage d'Ekman
Les ondes dans un système en rotation : L'approximation du plan β , les ondes de Rossby, le problème d'ajustement vers l'équilibre
Mouvements à grande échelle : La circulation générale

Compétences

- ◇ Calculer l'évolution des propriétés d'une masse d'air lors de son déplacement dans l'atmosphère.
- ◇ Appréhender les différentes formes d'ondes internes dans l'atmosphère et l'océan
- ◇ Calculer un vent géostrophique ou quasi-géostrophique, en fonction du gradient de pression dans l'atmosphère.
- ◇ Expliquer les phénomènes principaux sur une carte météorologique.

Activités / Autonomie

Renforcer les notions du cours en travaillant les exemples.
Approfondir certains éléments du cours à travers les sujets des BE.
Des questions sur chaque partie du cours seront fournies, avec les solutions, pour permettre à l'élève de vérifier son travail et sa compréhension du cours.

Masters affiliés

Sciences de l'Océan, Atmosphère et Climat (SOAC); Mécanique

Bibliographie

GILL, A.E.. *Atmosphere-ocean dynamics*. Academic Press, 1982.
FLEAGLE, R.G. & BUSINGER, J.A.. *An introduction to atmospheric physics*. Academic Press, 1980.
HOLTON, J.R. & HAKIM, G.J.. *An introduction to dynamic meteorology*. Academic Press, 2012.

Contrôle des connaissances

Savoir: Examen en fin de cours (40%) Savoir faire: Comptes rendus des trois BE (60%)



STATISTIQUE APPLIQUÉE AUX SCIENCES DE L'INGÉNIEUR

Statistical engineering

Responsable(s) : Céline HELBERT

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

Objectifs de la formation

Le cours est divisé en deux parties. Dans une première partie nous présentons deux modèles classiques de la statistique appliquée : la régression linéaire et la régression logistique. L'estimation et la prédiction de ces modèles probabilistes seront abordées.

La deuxième partie du cours sera dédiée à l'analyse statistique de résultats de simulation numérique. Nous présenterons le modèle de krigeage, les plans d'expériences adaptés et les techniques de quantification des incertitudes.

Le but de ce cours est aussi d'assurer une formation à la mise en oeuvre pratique des modèles étudiés. Pour cela, une partie conséquente du cours est orientée vers la mise en oeuvre des différents modèles à l'aide du logiciel R.

Mots-clés : Régression linéaire, plans d'expériences, régression logistique, krigeage, plans d'expériences numériques, Analyse de sensibilité, Optimisation bayésienne

Programme

Chap 1 : Régression linéaire : modèle, estimation, prédiction, évaluation, sélection de modèle.
Chap 2 : Plans d'expériences
Chap 3 : Régression logistique
Chap 4 : Krigeage
Chap 5 : Plans d'expériences numérique
Chap 6 : Analyse de sensibilité et optimisation bayésienne

Compétences

- ◇ Savoir proposer un modèle probabiliste adapté à un contexte applicatif.
- ◇ Savoir estimer et prédire le modèle probabiliste proposé.
- ◇ Savoir choisir un plan d'expériences adapté au modèle à estimer
- ◇ Savoir mettre en oeuvre les techniques de régression, de krigeage sur le logiciel R.

Masters affiliés

Option MD/Filière MIR (fortement conseillé)
Master mention "Mathématiques appliquées, statistique" (obligatoire)
Master mention "Statistique et économétrie" (obligatoire)

Bibliographie

A. ANTONIADIS, J. BERRUYER, R. CARMONA. *Regression non linéaire et applications*. Economica, 1992.
J.J. DROESBEKE, J. FINE, G. SAPORTA. *Plans d'expériences, application à l'entreprise*. Technip, 1997.
RASMUSSEN, WILLIAMS. *Gaussian Processes for Machine learning*. MIT Press, 2006.

Contrôle des connaissances


Examen final de 1h30.



LES TURBINES POUR LA PRODUCTION D'ÉNERGIE

Power plant turbine technology

Responsable(s) : Pierre DUQUESNE , Alexis GIAUQUE

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

Objectifs de la formation

On s'intéressera dans ce cours aux différents types et assemblages de turbomachines utilisées pour la production d'énergie actuelle et future, en réseau ou locale. On analysera les différentes ressources, les types, géométries et dimensions de turbomachines associées et leur mode de fonctionnement.

L'extraction directe de l'énergie contenue dans le vent (les éoliennes), dans les cours d'eau (les hydrauliques) ou dans les chutes d'eau (les turbines hydrauliques) représente une part de cette production. Une autre partie provient d'assemblages de constituants (compresseurs, turbines et sources de chaleur) communément dénommés turbine à gaz ou turbine à vapeur, pouvant produire simultanément chaleur et énergie mécanique (ou électrique).

Mots-clés : Production d'énergie, Turbines hydrauliques, Éolienne, Turbine à gaz, Turbine à vapeur

Programme

- Turbines hydrauliques : géométries (turbines à action et à réaction, Francis, Kaplan, Pelton), échanges d'énergie (équation d'Euler), rendement, lois de similitude, phénomène de cavitation
- Éoliennes : géométrie, taille, nombre de pales, puissance récupérable (loi de Betz), régulation.
- Turbines à gaz : introduction à la production d'énergie à partir d'une source de chaleur, formes d'énergie échangée dans les différents composants (notions de travail utile et de variables d'arrêt), représentation graphique des transformations, description des composants.
- Turbines à vapeur : cycle de Rankine, cycle de Hirn et améliorations (resurchauffe, soutirage).

Compétences

- ◇ Comprendre la génération d'énergie à partir d'une turbomachine
- ◇ Savoir dimensionner une turbine hydraulique
- ◇ Savoir dimensionner une éolienne
- ◇ Savoir calculer un cycle de turbine à gaz et à vapeur

Activités / Autonomie

Savoir expliquer le fonctionnement d'une turbine Pelton, d'une turbine à gaz ou d'une éolienne à partir du TP.

Contrôle des connaissances


Examen écrit + rapport de TP (60% Examen (savoir) + 40% TP (savoir-faire))



RECONNAISSANCE ET COMPORTEMENT DES SOLS

Soil survey and soil behaviour

Responsable(s) : Eric VINCENS

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

Objectifs de la formation

~~~~~  
Tout aménagement est susceptible de perturber un équilibre naturel et ce risque doit pouvoir être évalué par une connaissance approfondie du site et des outils scientifiques adaptés.

Ce cours a donc pour objectifs :

- de donner aux étudiants les connaissances nécessaires pour définir et réaliser une campagne de reconnaissance des sols d'un site, cette reconnaissance sera complétée par des essais en laboratoire
- de présenter les outils d'analyse permettant d'évaluer les risques d'instabilités de pentes naturelles ou construites par l'homme,
- d'introduire des outils plus sophistiqués de modélisation de comportement de sols utilisés dans les grands bureaux d'études géotechniques.

Mots-clés :

~~~~~

Programme

Reconnaissance des sols (essais in situ +laboratoire) Stabilité des pentes (statique +dynamique)
Comportement expérimental des sols (argile +sables)
Elastoplasticité appliquée au sol (modèle de Cam-Clay)

Compétences

- ◇ maîtriser les différents modèles géomécaniques et hydrauliques
- ◇ savoir analyser la stabilité des talus et pentes
- ◇ comprendre le comportement des sols selon leur nature

Activités / Autonomie

TP : "Reconnaissance visuelle des sols" accompagné de "Reconnaissance des sols argileux"
TP : "Essai de cisaillement sur sable" accompagné de "comportement des milieux saturés"
Un compte-rendu est attendu à chaque fois
BE : Analyse d'un cas d'étude (ouvrage hydraulique) avec mise en application des modèles, essais et reconnaissances

Masters affiliés

Master de Génie Civil

Bibliographie

G. OLIVARI. *Mécanique des sols*. Polycopié ECL-SDEC, 0.
P. MESTAT. *De la rhéologie des sols à la modélisation des ouvrages géotechniques*. 2000.

Contrôle des connaissances

- Micro-tests sous la base de QCM (sans documents)
 - TPs
 - Test de 2h sans documents
- note du MOD : $2/3 \cdot \text{test} + 1/3 \cdot (\text{microtests} + \text{TPs})$



PROPAGATION DES ONDES ÉLASTIQUES

Elastic Wave Propagation

Responsable(s) : Sébastien BESSET

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

Objectifs de la formation

Dans le domaine de la Vibro-acoustique, la maîtrise du comportement des structures se heurte à la difficulté d'utiliser la méthode des éléments finis. La vision ondulatoire apparaît alors indispensable et constitue la base de nombreuses méthodes d'analyse utilisées dans l'industrie. Sa mise en oeuvre dans le domaine des transports a permis d'optimiser le confort vibro-acoustique des véhicules. Dans le domaine du Génie Civil, le calcul du comportement vibro-acoustique des constructions a été rendu nécessaire par l'évolution de normes de sécurité et de confort. D'autre part, l'analyse ondulatoire des problèmes aéro-élastiques ou hydro-élastique met en évidence des phénomènes dynamiques majeurs comme les ondes de choc, le rayonnement et la transparence acoustique des structures.

Mots-clés : Propagation, vibro-acoustique, rayonnement, sismique, milieux stratifiés, couplage fluide-structure, couplage sol-structure

Programme

- I - Introduction : Propagation d'un milieu mono-dimensionnel - Ondes harmoniques - Flux de puissance
- II - Analyse des ondes dans les solides : Propagation dans un espace fini - Propagation dans un demi-espace - Ondes dans les milieux stratifiés - Guide d'ondes - Cas des milieux périodiques
- III - Analyse vibro-acoustique : Comportement non-modal des structures - Formulation Intégrales des problèmes - Méthodes d'analyse énergétique - Analyse statique de problèmes dynamiques
- IV - Couplage sol-structure : Dynamique des fondations superficielles - Modélisation des fondations par pieux - Modèles de simulation numérique
- V - Couplage fluide-structure : Propagation dans les tuyauteries - Etude des coups de bélier - Transparence acoustique et rayonnement des parois

Compétences

- ◇ Comprendre les principaux phénomènes vibro-acoustiques
- ◇ Maîtriser les échanges d'énergie vibratoire entre les milieux élastiques
- ◇ S'initier aux outils de calculs vibro-acoustiques utilisés en conception mécanique
- ◇ Comprendre les règles de dimensionnement parasismique

Activités / Autonomie

Apprendre et approfondir une partie du cours via une analyse bibliographique et une réflexion sur un problème d'application.

Masters affiliés

Master Mécanique
Master de Génie Civil
Master Acoustique

Bibliographie

A. BEDFORD & D.S. DRUMHELLER. *Introduction to elastic wave propagation*. Wiley, 1994.
F.E. RICHARD, JR HALL & R.D. WOODS. *Vibrations of Soils and Foundation*. Prentice Hall, 1970.
JAMES F. DOYLE. *Wave Propagation in Structures. Spectral Analysis using fast discrete Fourier transforms - Second Edition*. Springer, 1997.

Contrôle des connaissances

Bureaux d'étude
Test



APPRENTISSAGE PROFOND & INTELLIGENCE ARTIFICIELLE : UNE INTRODUCTION

Deep Learning & Artificial Intelligence : an introduction

Responsable(s) : Liming Chen, Emmanuel Dellandréa, Alberto Bosio

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

Objectifs de la formation

En permettant des percées jusqu'alors impensables dans un nombre croissant de domaines tels que la vision par ordinateur, la reconnaissance de la parole, la conduite autonome ou encore les jeux, l'apprentissage profond a révolutionné le domaine de l'intelligence artificielle devenue un des piliers majeurs de notre société. Dans ce cours, nous avons pour objectif d'introduire les concepts, les techniques et les outils de base de l'apprentissage profond.

Mots-clés : Apprentissage profond, intelligence artificielle, apprentissage par renforcement, PyTorch.

Programme

- Introduction à l'apprentissage automatique et à l'apprentissage profond
- Classification/régression et descente du gradient
- Graphes de calculs et rétro-propagation
- Apprentissage de réseaux de neurones profonds
- Réseaux de neurones convolutionnels (CNN)
- Architectures CNN
- Apprentissage par renforcement profond (acteur, critique, acteur-critique)
- Apprentissage profond embarqué

Compétences

- ◇ Comprendre les principes de l'apprentissage profond.
- ◇ Maîtriser les techniques pour permettre la supervision des apprentissages.
- ◇ Etre capable de mettre en oeuvre une approche d'apprentissage profond avec le framework PyTorch.

Activités / Autonomie

Les principes de l'apprentissage profond introduits en cours seront mis en oeuvre lors des trois séances de BE en utilisant le framework PyTorch et une carte GPU pour les applications embarqués.

Masters affiliés

Master Informatique de Lyon

Bibliographie

IAN GOODFELLOW, YOSHUA BENGIO, AARON COURVILLE. *Deep Learning*. MIT Press, 2016.
BERT MOONS, DANIEL BANKMAN, MARIAN VERHELST. *Embedded Deep Learning Algorithms, Architectures and Circuits for Always-on Neural Network Processing*. Springer, 2019.
RICHARD S. SUTTON, ANDREW G. BARTO. *Reinforcement Learning: An Introduction (2nd Edition)*. MIT Press, 2018.

Contrôle des connaissances


50% savoir (examen écrit), 50% savoir-faire (évaluation des devoirs à rendre)



SYSTÈMES EMBARQUÉS SÉCURISÉS

Secure embedded systems

Responsable(s) : Cedric Marchand, David Navarro

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

Objectifs de la formation

Les systèmes électroniques embarqués sont partout aujourd'hui que ce soit dans nos poches, maisons ou voitures mais aussi dans l'industrie, l'aéronautique ou le spatial. De plus en plus de ces systèmes sont utilisés dans des applications où les données manipulées sont sensibles et nécessitent d'être protégées. L'avènement des objets connectés qui sont de plus en plus nombreux ont éveillé un intérêt particulier pour les problématiques de sécurité auprès du grand public. Au travers de ce cours, nous aborderons les principes de base de la sécurité ainsi que leur intégration dans les systèmes embarqués. Les attaques classiques ainsi que certaines contre-mesures seront présentées. Enfin, des domaines spécifiques tels que la contrefaçon ou la sécurité dans les systèmes RFID seront abordés.

Mots-clés : Systèmes embarqués, sécurité, cryptographie

Programme

Définition des notions de systèmes embarqués, de sécurité. Vue d'ensemble des enjeux et des risques.

Introduction aux systèmes embarqués, microcontrôleur et FPGA.

Introduction à la cryptographie

Attaques et contre-mesures sur les systèmes d'information et sur les systèmes embarqués

Composants et primitives de sécurité pour l'électronique.

Domaine spécifique de la sécurité : la lutte contre la contrefaçon des produits électroniques

Domaine d'application : La sécurité dans les systèmes RFID

Compétences

- ◇ Appréhender les enjeux de la sécurité dans le domaine des systèmes embarqués
- ◇ Identifier les faiblesses et les attaques possibles sur un système
- ◇ Connaître les mécanismes de base de la sécurité
- ◇ Proposer des solutions combinant plusieurs briques de bases permettant d'améliorer la sécurité d'un système

Activités / Autonomie

BE : Programmation logicielle d'un système embarqué

TP1 : Programmation d'un algorithme de chiffrement standard (AES) sur cible embarquée STM32

TP2 : Attaque de l'algorithme de chiffrement grâce aux canaux auxiliaire (Challenge)

Masters affiliés

Master EEEA, parcours "systèmes embarqués"

Bibliographie

HANS DELFS, HELMUT KNEBL. *Introduction to Cryptography*. Springer, 2002.

MOHAMMAD TEHRANIPOOR, CLIFF WANG. *Introduction to Hardware Security and Trust*. Springer, 2011.

LILIAN BOSSUET, LIONEL TORRES. *Foundations of Hardware IP Protection*. Springer, 2017.

Contrôle des connaissances

70% savoir, 30% savoir-faire



IDENTIFICATION DES SYSTÈMES ET DÉCOMPOSITION PARCIMONIEUSE DES SIGNAUX

System identification and sparse decompositions

Responsable(s) : Julien HUILLERY, Laurent BAKO

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

Objectifs de la formation

La compréhension des phénomènes de la physique couplée à l'avancée des technologies de l'observation, les besoins d'analyse, de diagnostic et de commande des systèmes d'ingénierie font de plus en plus appel à la modélisation expérimentale. Ce travail de modélisation est un préalable à la synthèse de lois de commande des systèmes dynamiques ou à l'analyse et au traitement des signaux. L'objectif de l'enseignement est de donner des principes et des méthodes avancées de modélisation des signaux et des systèmes. L'« identification de systèmes » vise à associer un modèle mathématique à un système dynamique sur la base de données bruitées issues de capteurs. La « décomposition parcimonieuse de signaux » vise à une modélisation compacte d'un signal via sa décomposition dans un dictionnaire.

Mots-clés : modélisation, identification de systèmes, estimation paramétrique, parcimonie, dictionnaire de signaux, représentations temps-fréquence, ondelettes, acquisition compressée, optimisation

Programme

Partie I : Identification de systèmes

Introduction à la modélisation des signaux et des systèmes : point de vue systèmes

Notion de structure de modèle : définition et exemples

Méthodes d'estimation basées sur la minimisation de l'erreur de prédiction

Éléments pour l'analyse : identifiabilité, persistance d'excitation, richesse fréquentielle d'un signal

Propriétés asymptotiques des estimateurs: consistance, convergence en distribution

Partie II : Décomposition parcimonieuse de signaux

Introduction à la modélisation des signaux et des systèmes : point de vue signal

Décompositions parcimonieuses des signaux : principe et algorithmes

Dictionnaires de représentation : temps-fréquence et ondelettes

Acquisition compressée : un nouveau paradigme pour la mesure

Compétences

- ◇ Comprendre les enjeux applicatifs de la modélisation des signaux et des systèmes
- ◇ Construire et identifier un modèle de système à partir de mesures expérimentales
- ◇ Connaître les bases usuelles de représentation des signaux
- ◇ Obtenir une représentation parcimonieuse d'un signal

Activités / Autonomie

Le cours magistral est suivi de 3 BEs de mise en œuvre sous Matlab/Simulink :

BE 1 : Mise en œuvre de méthodes d'identification sur un exemple

BE 2 : Décompositions parcimonieuses de signaux

BE 3 : Acquisition compressée

Masters affiliés

Cours optionnel pour les masters suivants:

- Parcours "Génie des Systèmes Automatisés" (GSA) du Master EEEA

- Parcours "Medical Imaging, Signals and Systems" (MISS) du Master IDS

Bibliographie

L. LJUNG. *System Identification: Theory for the User (2nd Edition)*. PTR Prentice Hall, 1999.

S. MALLAT. *A wavelet tour of signal processing, the sparse way*. Academic Press, 2009.

S. BOYD AND L. VANDENBERGHE. *Convex Optimization*. Cambridge University Press, 2004.

Contrôle des connaissances

La note de l'AF est formée pour 50% de la note de savoir (examen écrit de 2h) et 50% de la note de savoir-faire (moyenne des notes obtenues aux 3 BEs)



DIAGNOSTIC ET SÛRETÉ DE FONCTIONNEMENT

Diagnosis and Health Monitoring

Responsable(s) : Emmanuel BOUTLEUX

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

Objectifs de la formation

Les systèmes innovants sont de plus en plus complexes. Dans le domaine de la mécatronique des véhicules automobiles, il est par exemple nécessaire de piloter des actionneurs par rapport à une stratégie de commande programmée dans un calculateur, qui réagit en fonction de mesures renvoyées par des capteurs. Dans le domaine aéronautique, on remplace, par exemple, les actionneurs hydrauliques par des actuators électriques avec une intelligence embarquée, afin d'obtenir des gains de poids et de flexibilité.

La complexité sans cesse croissante des systèmes ne doit pas nuire à leur fiabilité. Il est donc nécessaire de surveiller un système dans son ensemble pour diagnostiquer l'apparition de défaillances et garantir sa sûreté de fonctionnement.

Mots-clés : Diagnostic, sûreté de fonctionnement, automatique, identification, reconnaissance des formes, AMDEC, arbre de défaillance

Programme

Enjeux du diagnostic automatisé
Méthodes fonctionnelles d'analyse de défaillance (arbres de défaillances, AMDEC, ...)
Fiabilité
Méthodes de diagnostic :
- à base de modèle
- identification
- analyse de résidus
- à base d'intelligence artificielle
- reconnaissance des formes
- classification
- règles de décision
Perspectives

Compétences

- ◇ Comprendre l'intérêt et la complexité des approches fonctionnelles
- ◇ Saisir les enjeux et les difficultés de la sûreté de fonctionnement
- ◇ Etre capable d'appliquer des méthodes de diagnostic par reconnaissance des formes
- ◇ Savoir identifier un modèle physique et l'utiliser à des fins de diagnostic

Activités / Autonomie

3 séances de BE de 4h à l'aide du logiciel Matlab (la maîtrise de ce logiciel est indispensable)-

Masters affiliés

GI, GSA

Bibliographie

- BERNARD DUBUISSON. *Diagnostic, intelligence artificielle et reconnaissance des formes*. Hermès Science Publications, Collection : ic2 prod, 2001.
- BERNARD DUBUISSON. *Diagnostic et reconnaissance des formes*. Traité des nouvelles technologies. Série diagnosti, 1990.
- ALAIN VILLEMEUR. *Sûreté de fonctionnement des systèmes industriels*. Edition Eyrolles, 1988.

Contrôle des connaissances


50% moyenne des 3 comptes-rendus de BE (savoir-faire)
50% examen final individuel (savoir)



AUTOMATIQUE AVANCÉE

Advanced Control

Responsable(s) : Anton KORNIENKO, Xavier BOMBOIS

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

Objectifs de la formation

Les systèmes étant de plus en plus complexes, les cahiers des charges (CdC) serrés, la recherche du correcteur assurant le meilleur compromis entre des spécifications parfois contradictoires doit être vue comme un problème d'optimisation. La commande LQ/LQG est une solution efficace où le CdC est traduit sous la forme d'un critère représentant classiquement un compromis entre la performance dynamique et le coût pour l'atteindre. Supposant un modèle parfait du procédé, elle ne prend pas en compte les besoins actuels de robustesse. La commande H_∞ , généralisation de la commande fréquentielle classique, permet de pallier à cela. Ces 2 approches sont présentées ici en soulevant leurs points forts et faibles sur des exemples permettant de s'approprier les outils de mise en œuvre.

Mots-clés : Commande LQ/LQG, Commande H_2 , Commande robuste, Commande H_∞ , Commande multivariable.

Programme

Le cours commencera par un récapitulatif des méthodes classiques de commande et de leurs cahiers des charges. La méthode de synthèse LQ/LQG et sa généralisation (càd la commande H_2) seront ensuite présentées. Nous nous intéresserons particulièrement aux spécifications additionnelles du cahier des charges qui peuvent être traitées avec cette méthode de commande ainsi qu'aux différentes manières de réaliser cette commande (approche entrée-sortie ou retour d'état avec observateur). Finalement, la deuxième méthode avancée de synthèse de correcteur (la commande H_∞) sera présentée. Cette méthode permet de considérer un cahier des charges similaire à la méthode LQ/LQG, mais peut également traiter les problèmes de robustesse liée à l'incertitude du modèle.

Compétences

- ◇ Etre capable de spécifier un critère d'optimisation pour la commande LQ/LQG et la commande H_∞ à partir d'un cahier des charges
- ◇ Etre capable de synthétiser un correcteur en utilisant une méthode de commande avancée
- ◇ Etre capable d'analyser la boucle fermée obtenue et sa performance

Activités / Autonomie

3 séances de BEs :
BE1 : Commande LQ/LQG
BE2 : Commande H_∞
BE3 : Synthèse LQ/LQG vs H_∞

Masters affiliés

MOD obligatoire pour Master EEEA, Parcours Génie des Systèmes Automatisés (GSA)

Bibliographie

- ALAZARD D., CUMER C., APKARIAN P., GAUVRIT M. ET F. *Robustesse et commande optimale*. Cépaduès editions, 1999.
- KWAKERNAAK H.. *H₂-Optimization – Theory and Applications to Robust Control Design*. Annual Reviews in Control, 26 (1), pp. 45-56, 2002.
- SKOGESTAD S. AND POSTLETHWAITE I.. *Multivariable Feedback Control, Analysis and Design*. John Wiley and Sons Chichester, 2005.

Contrôle des connaissances


Examen final de 2h avec documents : 50%
Évaluation BE1 & BE2 & BE3 : 50%



GREEN COMPUTING

Green Computing

Responsable(s) : Sébastien LE BEUX, Ian O'CONNOR

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

Objectifs de la formation

Ce cours vise à étudier l'exécution d'applications sur les architectures de calcul des points de vue de la fonctionnalité, des performances et de l'efficacité énergétique. Dans ce contexte seront abordés les architectures matérielles parallèles (processeurs multi-cœur, machines SIMD), les ressources matérielles de communications (bus et réseau) ainsi que le déploiement efficace d'applications sur ces ressources matérielles : placement des tâches, partitionnement matériel/logiciel et adéquation algorithme architecture. Les techniques d'estimation de la consommation énergétique seront présentées et permettront d'estimer le coût des accès mémoires, des calculs et des communications.

Mots-clés : Consommation énergétique dans les systèmes électroniques numériques, Techniques faible consommation, Architectures de calcul parallèles, Déploiement des applications, Adéquation algorithme architecture

Programme

Principes du partitionnement matériel / logiciel et du dimensionnement des processeurs
Architectures multi-cœur et programmation
Stratégies de déploiement de tâches et de réduction de la consommation
Coût énergétique de la communication inter-cœur ou du calcul distribué
Estimation énergétique multi-niveau d'abstraction de l'exécution logicielle

Compétences

- ◇ Comprendre les enjeux et les origines de la consommation dans les architectures de calcul
- ◇ Etre capable d'évaluer la consommation énergétique dans les processeurs
- ◇ Etre capable d'optimiser la programmation d'algorithmes sur processeurs pour minimiser la consommation énergétique

Activités / Autonomie

BE : analyse des supercalculateurs économes en énergie (green500.org)
TP (2 séances de 4h) : programmation d'un filtre numérique audio sur processeur, optimisation de la consommation énergétique

Masters affiliés

Master Electronique, Energie Electrique, Automatique (3EA)

Bibliographie

M.T. SCHMITZ ET AL. *System-Level Design Techniques for Energy-Efficient Embedded Systems*. Springer, 2004.
T.D. BURD ET AL. *Energy-efficient microprocessor design*. Kluwer, 2002.

Contrôle des connaissances

50% savoir, 50% savoir-faire



ENERGIE STOCKAGE-CONVERSION

Energy, Storage, Conversion

Responsable(s) : Guy STREMSDOERFER, Jean-Pierre CLOAREC

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

Objectifs de la formation

L'augmentation de la population mondiale, l'élargissement de la demande (2 milliards de personnes n'ont pas accès à l'électricité), ou l'augmentation de la demande (parc automobile passera de 400 millions à 1 milliard dès 2020), fait que la place et le rôle des énergies revêt une grande importance

La matière " stocke différemment l'énergie". Cette réserve et densité énergétique disponible seront différentes selon les sources et interactions impliquées. Les cycles et procédés de la transformation permettant les conversions et échanges d'énergie seront étudiés en soulignant l'ingénierie liée aux énergies renouvelables (hydraulique, solaire, éolien, biomasse, géothermie). Ce module ouvert doit permettre d'avoir une meilleure vision des enjeux énergétique au regard des concepts scientifiques.

Mots-clés : Interaction nucléaire, électromagnétique, gravitationnelle ; densité énergétique ; procédés de transformation ; conversion et échange d'énergie ; techniques de stockage.

Programme

- 1- Les diverses conversions et hiérarchie des énergies (2H) G.Stremsdoerfer, JP. Cloarec
- 2- Transformation et stockage : Mécanique - Electrique (2H), F.Morel
- 3- Transformation et stockage : Chimique - Thermique (2H) J.M. Vignon
- 4- Transformation et stockage : Chimique - Electrique (2H) G. Stremsdoerfer
- 5- Transformation et stockage : Electrique – Magnétique (2H) D. Voyer
- 6- Transformation et stockage : Nucleaire Thermique (2H) Y.Robach
- 7- Transformation: Rayonnement - Electrique, (2H) E. Drouard
- 8- Transformation et stockage : Biochimique-Thermique (2H) E. Laurenceau

Compétences

- ◇ être capable de faire une analyse systémique d'un système énergétique
- ◇ comprendre et formuler le problème lié à une conversion énergétique
- ◇ identifier les interactions entre éléments (types de transformations, stockages, conversions)
- ◇ travailler en groupe et présenter des solutions pour un problème énergétique

Activités / Autonomie

BE: Le véhicule écologique : réalité ou utopie ? Etude d'un véhicule à air comprimé
BE: Les différentes formes de Stockage et étude de dimensionnement d'un champ photovoltaïque
3 BE : Restitution du travail à partir d'un choix de sujets (18-20 sujets proposés ou à proposer).
Travail en autonomie par groupes de 2 ou 3.

Bibliographie

CEA. *Memento sur l'énergie « Energy handbook »*. CEA, 2015.

Contrôle des connaissances


2h de test (50%) + restitution travail en BE (50%)



COMBUSTION POUR LA PROPULSION

Combustion

Responsable(s) : Mikhael GOROKHOVSKI, Alexis GIAUQUE

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

Objectifs de la formation

La combustion est un phénomène permettant la transformation de l'énergie potentielle chimique contenue dans le carburant en énergie thermique. Ce cours a pour objectif d'appréhender les phénomènes de combustion. Un point d'application particulièrement ciblé concerne les turboréacteurs aéronautiques. Nous verrons quels sont les mécanismes essentiels cinétiques de la combustion, nous essayerons de comprendre la physique des flammes de prémélange et de diffusion, et comment stabiliser ces flammes. Nous nous intéresserons aux régimes turbulents de ces flammes. Puis on abordera l'acoustique dans les chambres aéronautiques. Nous étudierons également la physique de combustion des sprays. La simulation dans les chambres aéronautiques est le but final.

Mots-clés : Combustion, Mécanique des Fluides et Transferts, Explosions, Mélange Turbulent, Sprays, Cinétique Chimique, Énergétique

Programme

1. Introduction sur la combustion aéronautique
2. Mécanismes essentiels cinétiques de la combustion et de la formation des émissions polluantes
3. Approche 0-D - réacteurs parfaitement et partiellement pré-mélangés (PSR et PaSR) - interaction transport /chimie, mélange turbulent/chimie
4. Propagation des flammes laminaires et turbulentes de prémélange
5. Flammes de diffusion laminaire et turbulente, stabilisation des flammes
6. Formation, dynamique, combustion des sprays, modèles et observation expérimentale
7. Acoustique linéaire dans les chambres de combustion, instabilités en combustion
8. Modélisation numérique de la combustion pour un ingénieur en aéronautique.

Compétences

- ◇ Savoir faire les bilans massiques et énergétiques des combustions pratiques
- ◇ Savoir exprimer les termes de cinétiques dans les équations de bilan locales de mécanique des fluides, et des hypothèses simplificatrices.
- ◇ Connaître les particularité des flammes turbulentes, de diffusion et de prémélange.

Masters affiliés

Master MEGA Thermique et énergétique
Options Energie, Transport et Trafic, Aéronautique.

Bibliographie

R. BORGHI ET M. DESTRIAU. *La combustion et les flammes*. Editions Technip, 1995.
K.K. KUO. *Principles of Combustion*. Wiley-Interscience Publication, 2005.
CHANG K. LAW. *Combustion Physics*. Cambridge University Press, 2006.

Contrôle des connaissances


Examen de deux heures en fin de module (savoir)
Compte-rendus de bureau d'études (savoir faire)
Note globale = 50% Savoir + 50 % Savoir faire



RECHERCHE OPÉRATIONNELLE

Operations Research

Responsable(s) : Abdelmalek ZINE, Alexandre SAIDI

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

Objectifs de la formation

L'objectif de ce cours est de donner aux élèves les méthodes et outils leur permettant à la fois de savoir poser mathématiquement un problème d'optimisation combinatoire à variables continues ou discrètes et de savoir identifier les outils adéquats pour sa résolution (algorithmes d'optimisation).

Ce cours sera illustré par de nombreux cas concrets issus de l'ingénierie.

Ainsi, notre but est de faire découvrir aux futurs ingénieurs l'attitude d'esprit qu'ils doivent adopter devant tout problème réel, donc complexe.

Mots-clés : Recherche opérationnelle, optimisation combinatoire, optimisation continue, optimisation discrète, aide à la décision, résolution de contraintes, théorie des graphes, complexité, problèmes NP-difficiles, algorithmes

Programme

Partie I : présentation de la recherche opérationnelle.
Les problèmes d'Optimisation et de Recherche Opérationnelle
Savoir poser un problème, le formaliser
Théorie de la complexité, classes de complexité

Partie II : Résolution de problèmes à variable continues (A. Zine)
Optimisation sans contraintes et algorithmes
Optimisation avec contraintes et algorithmes
Programmation linéaire et algorithme du simplexe

Partie III : Résolution de problèmes à variables discrètes (A. Saidi)
Algorithmes polynomiaux, d'approximation
Algorithmes de graphes (plus court chemin et flots maximums), Programmation Dynamique
Heuristiques et méta-heuristiques
Programmation par contraintes

Compétences

- ◇ Modéliser mathématiquement des problèmes d'optimisation
- ◇ Créer des algorithmes et résoudre numériquement des problèmes d'optimisation
- ◇ Maîtriser la complexité combinatoire des problèmes d'optimisation
- ◇ Choisir un algorithme de résolution approprié, Savoir spécifier une solution ("Programmation Mathématique")

Activités / Autonomie

Modélisation et résolution de problèmes d'optimisation par systèmes linéaires et par systèmes de satisfaction de contraintes (BEs). Prise en compte de la complexité des problèmes combinatoires.

Masters affiliés

Master GI
Toutes les options sont concernées par ce cours

Bibliographie

- CH-E. BICHOT ET P. SIARRY. *Partitionnement de graphe*. Hermes, 2010.
P. VENKATARAMAN. *Applied Optimization with Matlab*. Wiley, 2009.
A. BILLIONNET. *Optimisation discrète : De la modélisation à la résolution par des logiciels de programmation mathématique*. Dunod, 2006.

Contrôle des connaissances


Examen écrit de 2 heures et comptes rendus des BE



ANALYSE DES ASSEMBLAGES : GÉOMÉTRIE ET ARCHITECTURE

Mechanical assembly: architecture and geometry analyses

Responsable(s) : Bertrand HOUX, Didier LACOUR

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

Objectifs de la formation

Présenter les méthodes et outils d'analyse de la qualité géométrique des assemblages.

La maîtrise de l'architecture et de la géométrie des assemblages est un objectif industriel majeur. La qualité géométrique des pièces, l'architecture des assemblages peuvent avoir des répercussions directes sur la capacité d'assemblage du produit, mais aussi sur les prestations qu'il doit assurer.

Ce cours présente les méthodes modernes de simulation des assemblages en intégrant les défauts géométriques de leurs composants. Il identifie ainsi les concepts théoriques sur lesquelles ces méthodes se basent, afin de comprendre leurs domaines d'application et leurs limites.

Mots-clés : assemblage, architecture, spécifications géométriques, normes ISO GPS, tolérancement, métrologie, analyse d'influences, simulation assemblage, statistique

Programme

Quantification des spécifications et analyse de leurs influences sur l'assemblage (sensibilités) par torseurs de petits déplacements.

Approches statistiques, Monte-Carlo.

Méthodes de spécifications géométriques, matrice GPS (Geometrical Product Specification).

Algorithmes utilisés en métrologie tridimensionnelle (méthodes numériques d'association).

Compétences

- ◇ connaître les méthodes et outils d'analyse de la qualité géométrique des assemblages.
- ◇ écrire et interpréter des spécifications géométriques normalisées.
- ◇ analyser les influences et contributions sur un modèle concret.
- ◇ établir et mettre en oeuvre une stratégie de contrôle tridimensionnelle.

Masters affiliés

Aéronautique et Espace

Bibliographie

ANSELMETTI B.. *Tolérancement – Volumes 1 à 4*. Hermès - Lavoisier, 2010.

CHARPENTIER F.. *Mémento de spécification géométrique des produits – Les normes ISO-GPS*. AFNOR, 2015.

BOURDET P. & MATHIEU L.. *Tolérancement et métrologie dimensionnelle*. Cetim, 1999.

Contrôle des connaissances

Note finale = 0,6 x Note d'examen écrit de 2 heures (savoir) + 0,4 x Note de BE (savoir faire)



SYSTÈMES DE BASES DE DONNÉES

Database systems

Responsable(s) : Liming CHEN

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

Objectifs de la formation

Les bases de données sont au cœur de tout système d'information aujourd'hui omniprésent dans notre vie quotidienne (travail, organisation, web, etc.). Ce cours a pour objectif d'étudier les principes de programmation de bases de données relationnelles et semi-structurées qui sont les fondements de toute application dans les divers systèmes d'information. Il aborde aussi des aspects d'implémentation de systèmes de bases de données comme le contrôle de concurrence ou encore l'optimisation de requêtes.

Mots-clés : bases de données, modélisation de données structurées ou non, stockage et accès de données, langages relationnels, contrôle de concurrence, optimisation de requêtes, contraintes d'intégrité

Programme

Introduction (Modèle relationnel, schémas, SQL, modèle semistructuré, XML)
Modèles de données (entité/association, relationnel, objet)
Langages relationnels (Algèbre relationnelle, SQL, Datalog)
Programmation SQL (PL/SQL, Embedded SQL)
Applications web et bases de données (JDBC, PHP)
XML Xpath-Xquery-xslt
Transactions et Contrôle de concurrence
Optimisation de requêtes
contraintes d'intégrité
Olap et Data-mining

Compétences

◇ être capable de comprendre les composantes majeures d'un système d'information;
◇ mettre en oeuvre des techniques fondamentales pour développer un système d'information et ses applications

Activités / Autonomie

Trois BEs sont prévus pour mettre en place une base de données, extraire des données à travers SQL et développer un système d'information Web pour une application de gestion particulière.

Masters affiliés

Master d'Informatique

Bibliographie

H.GARCIA-MOLINA, J.D.ULLMAN, J.WIDOM. *Database systems: the complete book*. Pearson Prentice Hall, 2002.
GEORGES GARDARIN. *Bases de données* (http://georges.gardarin.free.fr/Livre_BD_Contentu/XX-TotalBD.pdf). Eyrolles, 2003.

Contrôle des connaissances


40% savoir, 60% savoir faire



PHYSIOLOGIE HUMAINE ET BIOTECHNOLOGIES

Human physiology and biotechnology

Responsable(s) : Emmanuelle LAURENCEAU

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

Objectifs de la formation

L'objectif est de mettre à niveau les connaissances de base en physiologie et de permettre la compréhension des mécanismes de communication et de régulation de l'organisme. L'intégration entre les différentes fonctions sera abordée à partir d'exemples concrets pour les applications biomédicales en s'appuyant sur l'étude de systèmes tels que les systèmes cardiovasculaire et immunitaire. Une seconde partie permettra d'approcher le fonctionnement d'une cellule vivante dans son milieu naturel et d'appréhender les potentialités des cellules et des biomolécules qui les composent dans les secteurs de la santé. L'accent sera mis sur le lien entre structure, environnement et aptitude à remplir une fonction biologique. Le cours sera illustré par les développements de la biologie moléculaire.

Mots-clés : Cellules, biologie moléculaire, systèmes immunitaire et cardiovasculaire, applications biomédicales

Programme

Organisation de la cellule vivante
Organisation du corps humain : Systèmes cardio-vasculaire, immunitaire
Mécanismes biologiques fondamentaux
Les cellules dans leur environnement
TP : Analyse de cellules par microscopie optique et croissance cellulaire
BE : Pharmacologie
BE : Analyse de la fonction cardiaque par imagerie

Compétences

- ◇ Connaître les bases en biologie cellulaire et moléculaire
- ◇ Comprendre le fonctionnement du corps humain et les relations structure-fonction biologique
- ◇ Appréhender les enjeux dans le secteur de la santé
- ◇ Appliquer les connaissances à la résolution d'une problématique

Activités / Autonomie

approfondir le cours sur le système cardio-vasculaire et la pharmaco-cinétique

Masters affiliés

Master Ingénierie de la Santé (IdS)
MOD obligatoire pour l'option BIN Filière BIO

Bibliographie

ALBERTS BRUCE M. (COLLAB.) JOHNSON ALEXANDER (COLL. *Biologie moléculaire de la cellule*. Flammarion Médecine-Sciences, 2004.
ÉTIENNE JACQUELINE. *Biochimie génétique, biologie moléculaire*. Masson, 2006.
SILVERTHORN DEE UNGLAUB. *Physiologie humaine*. Pearson education, 2007.

Contrôle des connaissances


Evaluations TP et BE, examen final



ALÉAS ET HÉTÉROGÉNÉITÉS DANS LES STRUCTURES

Uncertainties and heterogeneities in actual structures

Responsable(s) : Francesco FROIIIO, Eric VINCENS

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

Objectifs de la formation

Le TC de Mécanique des Solides envisage les matériaux constitutifs des structures comme des matériaux homogènes dont les caractéristiques mécaniques et physiques possèdent une valeur déterministe. Les actions ont été aussi envisagées comme étant des actions déterministes pour le dimensionnement des sections.

Or, les structures réelles sont souvent sujettes à des actions, qui par nature sont aléatoires, et fabriquées selon des procédés induisant une certaine variabilité des propriétés. Nous verrons dans ce cours comment prendre en compte cette réalité complexe dans une démarche de dimensionnement qui se doit de rester simple pour l'ingénieur.

Mots-clés : Dimensionnement des structures, méthode semi-probabiliste; Eurocodes, sections hétérogènes, béton armé

Programme

Lors de ce cours nous aborderons :

- la caractérisation statistique des sollicitations, des matériaux dans les modèles mécaniques, introduction à la fiabilité des structures, facteurs partiels de sécurité
- compléments de mécanique des structures
- sections hétérogènes et approche spécifique de leur dimensionnement, calcul à la rupture

Compétences

- ◇ Identifier les aléas de chargement et les incertitudes liées aux matériaux et aux modèles dans une structure réelle (ex. ossature de bâtiment)
- ◇ Appliquer la démarche générale prévue par les Eurocodes (approche semi-probabiliste)
- ◇ Appliquer les méthodes de calcul usuelles permettant l'évaluation des sollicitations dans une structure réelle
- ◇ Dimensionner un élément de structure ayant une section hétérogène, selon la méthode du calcul à la rupture

Activités / Autonomie

- BE1 : Calculs des actions climatiques sur une structure réelle
- BE2 : Calculs des sollicitations dans un plancher de bâtiment en béton armé
- BE3 : Dimensionnement d'un plancher de bâtiment en béton armé

Masters affiliés

Master de Génie Civil

Bibliographie

- J.-A. CALGARO. *Introduction aux Eurocodes : sécurité des constructions et bases de la théorie de la fiabilité*. Presses de l'École Nationale des Ponts et Chaussée, 1999.
- R. PARK, T. PAULAY. *Reinforced concrete structures*. John Wiley & Sons, 1975.
- Y. SIEFFERT. *Le béton armé selon les Eurocodes 2*. Dunod, 2010.

Contrôle des connaissances


- Elle sera faite sur la base de :
- un compte rendu du BE 1 (coefficient 1/3)
- un test final sans documents (coefficient 2/3)



TRAITEMENT ET ANALYSE DES DONNÉES VISUELLES ET SONORES

Processing and analysing of visual and audio data

Responsable(s) : Mohsen ARDABILIAN, Emmanuel DELLANDREA

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

Objectifs de la formation

Les images et les données sonores font partie de notre quotidien, mais aussi produites en masse dans de nombreux secteurs industriels. Ces signaux particulièrement riches en information doivent être compris et maîtrisés par des algorithmes d'analyse pour en définir les parties utiles. Cette tâche d'analyse peut être aussi simple que la lecture des barre-codes ou aussi sophistiquée que l'identification d'une personne et de son affect à partir de son visage ou de sa voix. Ce cours présente les algorithmes et les outils d'analyse permettant l'extraction d'informations sémantiques et utiles, exploitées dans des applications réelles. Cette démarche est utilisée dans de nombreux domaines comme robotique, médecine, sécurité, vision industrielle, internet, audiovisuel, véhicule intelligent etc

Mots-clés : Analyse d'image, analyse de vidéo, analyse audio, caractéristique, descripteur, forme, couleur, texture, classification, reconnaissance, fusion tardive, fusion précoce, représentation parsemé, traitement d'image, super résolution, big data

Programme

Recherche d'image et de son par le contenu
Évaluation des approches d'analyse et de traitements d'images et de son
Algorithmes de traitement d'images, super résolution
Algorithme de traitement audio
Algorithmes d'analyse d'images et de son, de bout en bout
Applications traitées :
- Reconnaissance d'objets, de personne
- Structuration de la vidéo
- Reconnaissance d'image
- Reconnaissance sonore

Compétences

◇ Être capable d'appliquer les algorithmes de traitement adéquats à un contexte donné
◇ Être capable d'appliquer les algorithmes d'analyse adéquats à un contexte donné
◇ Évaluer des algorithmes ou des systèmes de traitement et d'analyse
◇ Connaître des algorithmes de traitement et analyse de l'état de l'art, ainsi que leurs principes

Masters affiliés

Master 2 de recherche Informatique de Lyon

Bibliographie

A. DIVAKARAN. *Multimedia Content Analysis: Theory and Applications*.. Springer, 2008.
R. SZELISKI. *Computer Vision -- Algorithms and Applications*. Springer, 2010.
R. O. DUDA, P. E. HART & D. G. STORK,. *Pattern Classification*. Wiley Interscience, 2004.

Contrôle des connaissances


Test final et note de BE



MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION

Construction materials

Responsable(s) : Eric VINCENS

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

Objectifs de la formation

L'objectif de ce cours est de présenter les matériaux essentiels de construction, leur mode de fabrication ou de production, ainsi que leur caractérisation. Nous expliciterons leur comportement mécanique justifiant leur domaine d'emploi et donnerons à chaque fois des critères de choix en lien avec des problèmes de durabilité.

Mots-clés : granulats, bitumes, ciment, béton, bois, acier, terre, pierre

Programme

Nous aborderons tour à tour les matériaux suivants :

- Granulats
- Produits noirs : bitume, émulsions de bitumes...
- Liants hydrauliques : ciments, plâtre, chaux
- Bétons : normaux, hautes ou très hautes performances, fibrés, autoplaçants....
- Bois
- Acier de construction
- Matériaux premiers : terre et pierre sèche

L'emploi de ces matériaux sera replacé dans son contexte industriel et normatif, on insistera sur l'action de l'environnement qui tend à altérer ou modifier leurs propriétés tant physiques que mécaniques.

Compétences

- ◇ savoir identifier et caractériser les matériaux
- ◇ connaître les problèmes de durabilité des matériaux dans leur environnement

Activités / Autonomie

- TP de 2*2h :
- réalisation d'une courbe granulométrique par tamisage et sédimentométrie
 - activité des sols en remblai : essai au Bleu de Méthylène.

Masters affiliés

Master de Génie Civil

Bibliographie

- G. DREUX. *Nouveau guide du béton et de ses constituants*. Eyrolles, 1998.
H. DI BENEDETTO. *Matériaux routiers bitumeux 1 : Description et propriétés des constituants*. Lavoisier, 2004.
JP. OLLIVIER, JM. TORRENTI, M. CARCASSÈS. *Propriétés physiques du béton et de ses constituants*. Lavoisier, 2012.

Contrôle des connaissances


- Microtests (QCM) sans documents
 - TPs
 - Test final sous forme de QCM sans documents
- Note finale = 2/3 test final + 1/3 activités de (microtests+TP)



TRIBOLOGIE : PRINCIPES ET APPLICATIONS

Tribology

Responsable(s) : Denis MAZUYER

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

Objectifs de la formation

Bien que présente depuis longtemps dans notre vie quotidienne, la tribologie est une discipline scientifique récente traitant du frottement, de l'usure et de la lubrification. Si les structures sont souvent bien dimensionnées, les surfaces constituent une butée technologique dans la prédiction de leur endommagement. La prise en compte des phénomènes tribologiques devient un passage obligé dans de nombreux secteurs industriels pour répondre aux enjeux technologiques et économiques (production et maîtrise de l'énergie, fiabilisation des produits). Grâce à une approche interdisciplinaire couplant mécanique, science des matériaux et des surfaces, ce cours donne les principes généraux de la tribologie et leurs applications pour le diagnostic et la résolution de problèmes concrets.

Mots-clés : Frottement, Lubrification, Usure, Adhésion, Surfaces, Contact

Programme

La mécanique du contact statique

- Mécanique du contact lisse et rugueux
- Effet des couches minces

Les lois macroscopiques de frottement et d'usure

- Frottements statique et dynamique
- Les mécanismes physiques de l'usure

Les lubrifiants et les surfaces

- Adhésion entre surfaces et mécanique du contact adhésif
- Structure, propriétés des lubrifiants et additifs de lubrification

La lubrification fluide

- La lubrification hydrodynamique : principes physiques, notion de portance
- La lubrification élastohydrodynamique : formation des films lubrifiants sous haute pression

La lubrification limite

- Le contrôle du frottement et la réduction de l'usure
- La lubrification moléculaire et nanotribologie

Compétences

- ◇ Mise en oeuvre de méthodes d'expertises et de résolution de problèmes tribologiques
- ◇ Compréhension fondamentale des phénomènes de contact impliquant des surfaces en mouvement.

Activités / Autonomie

2 TP : démarche expérimentale en tribologie, caractérisation d'un contact élastohydrodynamique avec une approche expérimentale et numérique
1 BE : Simulation numérique des contacts soumis à des sollicitations tribologiques : application au contact came/poussoir

Masters affiliés

Master OIV
Master mécanique - parcours Tribologie et Ingénierie des Surfaces

Bibliographie

G.W. STACHOWIAK AND A. BATCHELOR. *Engineering Tribology*. Butterworth-Heinemann, 2013.
F.P. BOWDEN AND D. TABOR. *Friction and Lubrication of Solids*. Oxford University Press, 1954.
J.M. GEORGES. *Frottement, Usure et Lubrification*. CNRS Editions, Eyrolles, 2000.

Contrôle des connaissances


Examen écrit de 2 heures (Coeff. 2/3)
Evaluation des comptes-rendus de TP et BE (Coeff. 1/3)



AERODYNAMIQUE EXTERNE

External aerodynamics

Responsable(s) : Julian SCOTT, Jérôme BOUDET

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

Objectifs de la formation

Comprendre et décrire les forces (portance et traînée) induites par un écoulement sur un corps.

Identifier les paramètres de conception associés.

Formuler et appliquer des modèles d'écoulement utilisables en aérodynamique.

Estimer la précision de la prédiction issue des modèles, du point de vue d'un concepteur.

Mots-clés : Aérodynamique, Portance, Traînée, Aéronautique, Aéronefs, Surfaces portantes.

Programme

1. Dynamique du vol. Pilotage et surfaces de contrôle. Équilibre longitudinal. Stabilité du vol.
2. Conception bidimensionnelle d'une aile. Éléments essentiels de la théorie du profil d'aile. Cas particulier d'un profil mince. Modèles : méthodes potentielle, des panneaux.
3. Portance et effets 3D. Lien portance / circulation et ses conséquences pour les écoulements 3D. Cas particulier de l'aile elliptique et généralisation. Modèles : théories de la surface et de la ligne portantes.
4. Contrôle de la traînée. Couches limites laminaires et turbulentes. Paramètres d'influence sur la transition. Composantes de traînée sur un aéronef.
5. Effets de la compressibilité. Nombre de Mach, ondes de choc. Profils transoniques et supersoniques. Modèles : théories de Prandtl-Glauert et d'Ackeret.

Compétences

- ◇ Comprendre les principes élémentaires du vol d'un aéronef.
- ◇ Exploiter les modèles de base de l'aérodynamique.
- ◇ Pré-dimensionner une surface portante en aérodynamique.

Activités / Autonomie

TP : étude en soufflerie d'un profil d'aile, et comparaison à des simulations.
BE : modélisations élémentaires d'un avion : illustrations.
BE : conception géométrique d'un profil d'aile répondant à un cahier des charges donné.

Masters affiliés

Master Aéronautique et Espace.
Master Mécanique (parcours mécanique des fluides et énergétique).

Bibliographie

E.L. HOUGHTON, P.W. CARPENTER. *Aerodynamics for Engineering Student*. Butterworth-Heinemann, 2003.
D.P. RAYMER. *Aircraft Design: A Conceptual Approach*. AIAA, 2012.
B.W. McCORMICK. *Aerodynamics, Aeronautics and Flight Mechanics*. Wiley, 1994.

Contrôle des connaissances


Contrôle écrit (55%, savoir).
Participation et comptes-rendus des séances BE et TP (45%, savoir faire).



NANOTECHNOLOGIES

Nanotechnologies

Responsable(s) : Magali PHANER-GOUTORBE, Virginie MONNIER

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

Objectifs de la formation

Les nanosciences et nanotechnologies traitent de la compréhension des propriétés spécifiques de structures à l'échelle nanométrique, ainsi que de l'élaboration et de la caractérisation de ces nanostructures. Les nanotechnologies permettent de repousser les limites de la miniaturisation et d'engendrer de nouvelles applications et de nouvelles fonctionnalités en micro- et optoélectronique, en science des matériaux, en biologie, en médecine, en énergie et environnement. Ce cours présentera les propriétés spécifiques des nanostructures et nanomatériaux, ainsi que les outils d'observation et d'élaboration à l'échelle nanométrique. Il mettra l'accent sur les réalisations technologiques déjà existantes ou susceptibles d'émerger dans un avenir proche.

Mots-clés : Physique des systèmes de faible dimensionnalité, Microscopies champ proche, Nanolithographie, Nanomatériaux, Nanoélectronique, Nanobiotechnologies, Nanotechnologie pour l'énergie et l'environnement

Programme

Introduction aux nanosciences et nanotechnologies.
Applications des nanotechnologies dans les objets de tous les jours et de demain (smartphone, nanorobot, nanocapsule médicale, pour l'énergie et l'environnement ...)
Techniques d'observation et de caractérisation des nanostructures.
Procédés de fabrication nanolithographie.
Nanomatériaux, nanofils et nanoparticules.
Nanoélectronique, électronique moléculaire, transistor à un électron.
Nanobiotechnologies : biopuces à ADN et à protéines, auto-assemblage et biologie, structures biomimétiques.
BE Création de vidéos pédagogiques sur les nanotechnologies
TP Elaboration de nanoparticules et observation par Microscopie à Force Atomique

Compétences

- ◇ Maîtriser les enjeux des nanotechnologies dans les domaines des technologies de l'information, des matériaux, de la médecine, de l'énergie et de l'environnement.
- ◇ Comprendre les phénomènes physiques des structures de faible dimensionnalité
- ◇ Réfléchir aux développements futurs des nanotechnologies

Activités / Autonomie

Approfondissement d'une partie du cours / Création des vidéos pédagogiques avec l'aide du pôle pédagogie, travail en groupe - présentation des vidéos

Masters affiliés

Equivalence possible pour le master NSE et lien très fort avec les masters MISTE et EEEA
Recommandé pour l'option BIN

Bibliographie

- M. LAHMANI, C. BRECHIGNAC, P. HOUDY. *Les nanosciences. Tome 1: Nanotechnologies et nanophysique*. Editions Belin, 2004.
M. LAHMANI, C. BRECHIGNAC, P. HOUDY. *Les nanosciences. Tome 2: Nanomatériaux et nanochimie*. Editions Belin, 2006.
M. LAHMANI, C. BRECHIGNAC, P. HOUDY. *Les nanosciences. Tome 3: Nanobiotechnologies et nanobiologie*. Editions Belin, 2007.

Contrôle des connaissances


Évaluation de l'activité pratique.
Évaluation de l'activité Vidéo.
Test final écrit d'1 heure
(50% savoir, 30% savoir faire, 20% méthodologie)



MATIÈRE MOLLE : NANOSYSTÈMES ET INTERFACES BIOLOGIQUES

Soft matter : nanosystems and biological interfaces

Responsable(s) : Denis MAZUYER

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

Objectifs de la formation

De nombreux systèmes moléculaires complexes sont utilisés, en très faible concentration pour contrôler les fonctionnalités des produits (cristaux liquides, cosmétiques, peintures, aliments) en donnant une réponse très forte à un signal de commande très faible. Ces technologies font appel à un fort état de division de la matière qui conduit à la création de grandes interfaces. À ces échelles, les équilibres des forces prévalant au niveau macroscopique sont bouleversés et les forces de surface interviennent directement dans la physique des nano-systèmes. Le but est ici de présenter les processus fondamentaux régissant la dynamique de cet état particulier de la matière et d'identifier le comportement d'objets courants (savons, polymères,...) en vue de leur utilisation/conception/fabrication.

Mots-clés : Mouillage, capillarité, adhésion, rhéologie, colloïdes, biotechnologies

Programme

1. L'état colloïdal

Définition, classification et propriétés physico-chimiques des systèmes colloïdaux

Systèmes moléculaires organisés (de l'agrégat micellaire aux cristaux liquides ordonnés) et stabilité

Capillarité et mouillage : ménisques et dynamique d'étalement de gouttes

2. Solutions de polymères

Configurations des polymères dissous

Polymères aux interfaces : Adsorption, greffage, stabilisation stérique

3. Transports des milieux colloïdaux

Introduction à la rhéologie expérimentale

Écoulement des solutions concentrées et interactions colloïdales

Rhéologie des suspensions

4. Dispensions colloïdales et applications bio-médicales

Les biofluides et les tissus biologiques

Colloïdes en diagnostic et biotechnologie.

Bibliographie

P.-G. DE GENNES, F. BROCHARD, D. QUÉRÉ, *Gouttes, perles et ondes*. Belin, 2001.

P. COUSSOT, Ph. ANCEY, *Rhéophysique des pâtes et des suspensions*. EDP Sciences, 2000.

D. TABOR. *Gases, Liquids and Solids and Other States of Matter*. Third edition, Cambridge University Press, 1991.

Contrôle des connaissances

Analyse critique d'un article scientifique : restitution orale et écrite (coeff. 2/3)


Comptes rendus des activités pratiques (coeff. 1/3)



DURABILITÉ DES MATÉRIAUX ET DES STRUCTURES

Durability of materials and structures

Responsable(s) : Bruno BERTHEL, Michelle SALVIA

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

Objectifs de la formation

La recherche de systèmes performants, fiables et à sécurité accrue, passe par une bonne prise en compte des mécanismes d'endommagement des matériaux et des structures. Ce cours vise à fournir les outils permettant d'estimer la durée de vie de pièces sous sollicitation mécanique avec prise en compte de l'environnement, essentiellement appliqués au domaine des transports. Chaque famille de matériaux (métaux, polymères, composites, ...) possédant des modes de ruines différents, nous aborderons pour chacune d'elle leurs propres mécanismes d'endommagement en lien avec leurs modélisations. Nous aborderons des aspects théorique (mécanique de la rupture, critères de fatigue, ...) mais aussi pratique (fractographie, émission acoustique, ...).

Mots-clés : Fatigue, Mécanique de la rupture, Eléments finis, Fractographie, Emission acoustique.

Programme

Mécanique de la rupture : aspects matériaux, description d'un champ de contrainte autour d'une fissure et critères énergétiques.
Fatigue des matériaux : les différents domaines de durée de vie, paramètres influençant la tenue en fatigue, règles de dimensionnement et loi de propagation de fissure.
Fatigue multiaxiale : définition et les différentes familles de critères multiaxiaux.
Spécificités des matériaux polymères et composites.
BE d'analyse fractographique : analyse morphologique des faciès de rupture de plusieurs pièces rompues en fonctionnement et reconstruction du scénario qui a engendré la rupture.
TP sur l'utilisation de l'émission acoustique pour la protection de structures composites.
TP sur l'utilisation dans un code de calcul par éléments finis de critères de rupture.

Compétences

- ◇ Identifier les différents modes d'endommagement et de rupture des matériaux utilisés dans le domaine des transports et savoir analyser un faciès de rupture.
- ◇ Maîtriser les bases de la mécanique de la rupture et de la fatigue des matériaux. Savoir utiliser les outils prédictifs de durée de vie en fatigue multiaxiale.
- ◇ Connaître les spécificités des matériaux composites et avoir des notions sur la surveillance de l'état des structures (notamment en l'émission acoustique).
- ◇ Utiliser des connaissances acquises pour analyser un problème de recherche et en faire une analyse critique.

Activités / Autonomie

L'autonomie permet aux élèves de préparer les enseignements pratiques, rédiger le rapport et d'analyser un article scientifique / Travail en groupe. Lecture d'articles scientifiques.

Masters affiliés

Option Aéronautique du S9 : dans la liste du MOD parmi les 5 obligatoires
Master Aéronautique et Espace: obligatoire pour l'option de M2 « Dynamique et Durabilité des Composites (DDC) ».
Master MISTE : équivalent au TC3-Mécanique Matériaux

Bibliographie

- D. HULL. *Fractography: Observing, Measuring and Interpreting Fracture Surface Topography*. Cambridge University Press, 1999.
P. C. POWELL. *Engineering with polymers*. Chapman & Hall, 1992.
C. BATHIAS, A. PINEAU. *Fatigue des matériaux et des structures (Volumes 1 à 4)*. Lavoisier, 2009.

Contrôle des connaissances


Travaux pratiques (50%) + présentation orale (50%)



MICROSYSTÈMES AUTONOMES

Autonomous microsystems

Responsable(s) : Ian O'CONNOR, Pedro ROJO-ROMEIO

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

Objectifs de la formation

Les avancées spectaculaires dans les micro-nano-technologies permettent l'intégration de fonctionnalités très diverses dans un volume inférieur au mm³. Les microsyntèmes autonomes, s'appuyant sur cette intégration et à la base de l'émergence de l'internet des objets, ne nécessitent pas d'apport externe énergétique, sont capables de communiquer sans fil et intègrent des capteurs/actuateurs ainsi que des circuits de traitement de l'information. Leurs applications sont nombreuses : automobile, génie civil, santé, chaînes de production ...

L'objectif de cette AF est d'étudier les principes de conception et de fabrication des microsyntèmes autonomes : technologies micro-nano-électroniques, capteurs / actuateurs, récupération d'énergie, conception faible consommation.

Mots-clés : technologies micro-nano-électroniques, capteurs / actuateurs, récupération d'énergie, conception faible consommation

Programme

Introduction aux principes des technologies microélectroniques
Description des technologies spécifiques des capteurs / actuateurs intégrés, applications
Récupération d'énergie ambiante
Conditionnement électronique du signal
Contraintes liées à l'intégration nanométrique (thermique, mécanique, bruit, ...)

Compétences

- ◇ Comprendre les enjeux et les principes des microsyntèmes autonomes, les situer dans les
- ◇ Connaître les techniques de fabrication et les principes de fonctionnement des microcapteurs intégrés
- ◇ Etre capable d'analyser un circuit intégré de conditionnement du signal issu d'un capteur
- ◇ Connaître les techniques de récupération d'énergie (mécanique, thermique, photovoltaïque) à l'échelle intégrée

Activités / Autonomie

TP : Introduction aux micro-nanotechnologies en salle blanche
TP : Conception d'un bloc d'amplification CMOS faible bruit, faible consommation, faible tension
BE : synthèse d'un microsyntème autonome

Masters affiliés

Master Electronique, Energie Electrique, Automatique (3EA)

Bibliographie

S. SENTURIA. *Microsystem Design*. Springer, 2000.
N. MALUF. *An Introduction to Microelectromechanical Systems Engineering*. Artech, 2004.

Contrôle des connaissances


50% savoir, 50% savoir-faire



CHANGEMENTS CLIMATIQUES ET GÉO-INGÉNIERIE

Climate Change and Geo-engineering

Responsable(s) : Pietro SALIZZONI, Louis Gostiaux, Richard PERKINS

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

Objectifs de la formation

S'il y a maintenant un consensus que l'évolution de notre climat est en train d'accélérer, il manque toujours un accord sur les mesures à adopter pour le stabiliser et il est probablement trop tard pour qu'une réduction dans les émissions des gaz à effet de serre ait un impact significatif. Les changements climatiques vont impacter tous les aspects du métier de l'ingénieur, et il va falloir les prendre en compte dans chaque projet. Il sera probablement nécessaire également d'envisager d'intervenir directement sur le climat, et diverses stratégies ont déjà été proposées. L'objectif de ce cours est de fournir une compréhension générale des enjeux pour permettre aux futurs ingénieurs de participer à ce débat parce que beaucoup des problèmes sont clairement du domaine de l'ingénierie.

Mots-clés : Changement climatique, gaz à effet de serre, carbone, paléoclimatologie, réchauffement, océans, atmosphère, météorologie, modélisation, systèmes dynamiques

Programme

Introduction : Définition du climat, les processus principaux, l'évidence du changement climatique
Transferts radiatifs : Le rayonnement solaire, l'atmosphère comme filtre, les aérosols
Circulation atmosphérique et océanique
Modélisation du climat : Les hypothèses de modélisation, les données d'entrée, les résultats, sensibilité aux hypothèses et aux données
Cycle de carbone : Mécanismes de transfert, captage et stockage de carbone
Reconstruction du climat : Métrologie, l'histoire du climat
Les scénarios possibles : Influence des différents processus, l'évolution du climat
Impact : Météorologique, agricole, économique, politique
Géo-ingénierie : Les approches, réversibilité, risques, conséquences, difficultés pratiques.
Le MOD 2.2 (DAO) apporte un complément intéressant à ce MOD.

Compétences

- ◇ Appréhender la notion du climat, et les processus physiques qui contribuent à sa définition
- ◇ Appréhender de façon critique les éléments factuels disponibles concernant l'évolution du climat
- ◇ Comprendre comment sont construits les modèles du climat, les hypothèses utilisées et les données nécessaires
- ◇ Identifier les conséquences (physiques, économiques et politiques) possibles et probables du changement climatique

Masters affiliés

Sciences de l'Océan, Atmosphère et Climat (SOAC)

Bibliographie

SALTZMAN, B. *Dynamical Paleoclimatology*. Academic Press, 2002.
BURROUGHS, W.J. *Climate Change A Multidisciplinary Approach*. Cambridge University Press, 2007.
COWIE, J. *Climate Change Biological and Human Aspects*. Cambridge University Press, 2009.

Contrôle des connaissances

Savoir : Examen (50%) Savoir faire : Comptes rendus des 3 BE (50%)



DYNAMIQUE DES SYSTÈMES BIOLOGIQUES HUMAINS

Dynamics of biological human systems

Responsable(s) : **Didier DRAGNA**

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

Objectifs de la formation

Le corps humain est un système dynamique extraordinairement complexe, dont la description physique est essentiellement multidisciplinaire. Il comporte de nombreux processus d'autorégulation visant à maintenir l'équilibre interne, appelé l'homéostasie. Dans ce cours, on se propose d'aborder la modélisation physique des systèmes biologiques chez l'homme, ainsi que de présenter quelques applications en bio-ingénierie (cœur artificiel, robotique médicale et imagerie).

Mots-clés :

Programme

1. Modélisation des systèmes biologiques humains
 - 1.1 Modèles mécaniques :
 - le système musculo-squelettique
Résistance des matériaux, systèmes multi-corps rigides et flexibles, biomatériaux.
 - le système auditif
mécanique des fluides, acoustique.
 - 1.2 Modèles multi-physiques :
 - le système cardiovasculaire
mécanique du cœur, circulation sanguine, circuits électriques équivalents, cœur artificiel.
2. Robotique médicale
3. Imagerie médicale
problèmes inverses, contrôle non destructif, ultrasons, rayons X, IRM.

Compétences

- ◇ Faire le lien entre votre formation pluri-disciplinaire fondamentale et le génie biomédical.
- ◇ Acquérir des connaissances fondamentales en génie biomédical pour maîtriser les applications récentes et futures
- ◇ Etre capable de dialoguer avec des professionnels de santé sur les sujets du programme.

Activités / Autonomie

1. Simulation du mouvement avec un modèle multi-corps
2. Traitement du signal pour un électrocardiogramme
3. Présentation et compte-rendu de lecture d'un article de recherche.

Masters affiliés

Ingénierie de la santé.
Biomécanique.

Bibliographie

- D. A. NEUMANN. *Kinesiology of the musculoskeletal system. Foundations for physical rehabilitation.* McGraw-Hill, 2002.
- L. WAITE. *Biofluid mechanics in cardiovascular systems.* McGraw-Hill, 2006.
- C. GUY ET D. FFYTCH. *Introduction to the principles of medical imaging.* Imperial College Press, 2005.

Contrôle des connaissances

examen + comptes-rendus de BE + un exposé relatif à une lecture d'article (50%+25%+25%)



SYSTÈMES D'INFORMATION EN ENTREPRISE

Enterprise Information Systems

Responsable(s) : Romain VUILLEMOT

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

Objectifs de la formation

Les systèmes d'information se positionnent dans les organisations modernes comme des acteurs incontournables car ils mettent en œuvre les processus opérationnels de l'organisation et permettent la circulation de l'information. La bonne santé des organisations, de la multinationale à la petite entreprise, dépend de plus en plus de la performance de leur système d'information. Il est donc crucial pour les ingénieurs et futurs responsables de comprendre le fonctionnement et l'organisation des systèmes d'information quand bien même ils n'y travailleraient pas directement.

Mots-clés : Systèmes d'information, processus, urbanisation, architecture orientée services, analytics, KPI, cloud computing, big data, management des organisations, ERP, progiciel de gestion intégré, CRM, progiciel de gestion client.

Programme

- Chapitre 1 : Introduction
- Chapitre 2 : Architectures techniques et grandes constituantes du SI en entreprise
- Chapitre 3 : Projets, coûts et normes d'un SI
- Chapitre 4 : Architecture orientée service, cloud computing et big data
- Chapitre 5 : KPI et Pilotage d'un SI
- Chapitre 6 : Tendances et impact du Big Data et IA dans les SI

Compétences

- ◇ Connaître les composantes d'un système d'information en entreprise
- ◇ Mettre en œuvre une démarche d'urbanisation du système d'information
- ◇ Mettre en œuvre les bonnes pratiques des systèmes d'information en entreprise
- ◇ Connaître les problématiques auxquelles sont confrontés les systèmes d'information et savoir les résoudre

Activités / Autonomie

Bureaux d'étude autour d'un problème concret de mise en œuvre et suivi de SI.
Rédaction d'une note de synthèse sur un sujet d'approfondissement, au choix, lié aux systèmes d'information (ex: développement durable, etc.)

Bibliographie

CHRISTOPHE LONGÉPÉ. *Le projet d'urbanisation du SI*. Lavoisier, 2009.
YVES CASEAUT, GÉRARD ROUCAIROL. *Urbanisation, SOA et BPM : Le point de vue d'un DSI*. Broché, 2008.
JACQUES PRINTZ, YVES CASEAU. *Architecture logicielle : Concevoir des applications simples, sûres et adaptables*. Dunod, 2009.

Contrôle des connaissances


Contrôle du savoir par examen (60%) et du savoir-faire par l'évaluation de la note de synthèse (40%)



INTRODUCTION À LA DATA SCIENCE

Machine Learning and Data Mining

Responsable(s) : Alexandre SAIDI

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

Objectifs de la formation

Issue de l'IA, la science des données (Data Science) est le processus d'utilisation d'algorithmes et méthodes pour extraire des connaissances et à partir de données structurées ou non.

La découverte des "structures enfouies" dans les données permet de créer des modèles fiables pour procéder à des prédictions et d'optimiser le processus de prise de décision.

Ce processus suit un cycle préparation-analyse-évaluation de données transactionnelles, signaux, textes et images. Des méthodes statistiques et algorithmiques sont utilisées pour extraire des modèles et des tendances dans les données. Après évaluation, ces modèles sont utilisés pour prédire, prévoir, résumer, ...

Ce cours introduit les méthodes et techniques utilisées en apprentissage artificiel afin de former des Data scientistes.

Mots-clés : Reconnaissance de Formes, Big Data, Data Mining, Prédiction et décision, Classification, Apprentissage automatique (et artificiel, Machine Learning).

Programme

- La problématique scientifique de l'apprentissage artificiel (Machine Learning)
- Formalisation et fondements Algorithmiques / Statistiques
- Quelques applications typiques
- Apprentissage supervisé, Non-(et semi-) supervisé,
- Classification, régression, association (Introduction à la fouille de textes)
- Arbres de décision / de régression
- Méthodes statistiques (Bayes, SVM, Méthodes à base de noyaux)
- Méthodes et indicateurs d'évaluation statistiques
- Méthodes de Classification (Clustering)
- Règles de classification / d'association
- Méthodes importantes de pré et post-traitement des données
- Exploitation des Connaissances extraites

Compétences

- ◇ Familiariser les élèves avec les enjeux et techniques d'extraction de connaissances et leurs domaines d'application
- ◇ Apprendre l'étendu des techniques allant d'une simple règle aux réseaux de neurones convolutionnels profonds (DCNN) et passant par les méta-méthodes "Ensemble"
- ◇ Utiliser les algorithmes et les outils Informatique et statistiques d'apprentissage automatique
- ◇ Souligner les problèmes d'optimisation de ces outils, le compromis Biais-Variance, etc.

Activités / Autonomie

3 BES

Masters affiliés

Master Informatique

Bibliographie

U.M. FAYYAD & AL. *From Data Mining to Knowledge Discovery in Databases*. 1996.
STAN MATWIN & AL. *Challenges in Computational Statistics and Data Mining*. Jan Mielniczuk, 2016.
I.H. WITTEN, E. FRANK. *Data Mining - practical ML Tools & Techniques*. 2005.

Contrôle des connaissances


25% BEs, 75% test écrit (qui comporte également des questions sur les BEs)



ACOUSTIQUE GÉNÉRALE : SOURCES ACOUSTIQUES ET PROPAGATION DU SON

General Acoustics: Acoustic sources and sound propagation

Responsable(s) : Vincent Clair, Didier Dragna, Gilles Robert

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

Objectifs de la formation

Le cours d'acoustique s'intéresse aux sources sonores et à leur propagation. Les principes fondamentaux de l'acoustique, tels que les équations linéaires de l'acoustique et l'évaluation quantitative du son sont présentés brièvement, avant de décrire les sources acoustiques ainsi que leur rayonnement en espace ouvert ou confiné de manière plus approfondie. Le son rayonné par des structures vibrantes ainsi que la propagation acoustique en milieu inhomogène sont aussi discutés. L'objectif du cours est de fournir un socle de connaissances théoriques nécessaire à l'appréhension d'un problème complexe de génération ou de rayonnement sonore. Ce cours fournit aussi une base aux étudiants qui seraient intéressés par des sous-domaines spécialisés de l'acoustique.

Mots-clés : Acoustique, onde sonore, sources acoustiques, rayonnement acoustique, acoustique en milieu guidé, son généré par des structures vibrantes, propagation en milieu inhomogène.

Programme

- I – Equations de l'acoustique linéaire (équation d'onde, énergie acoustique, ondes harmoniques)
- II – Ondes planes et sphériques, Conditions aux limites, Impédance de surface
- III – Niveaux acoustiques et analyse spectrale (Décibels, densité spectrale de puissance, pondérations)
- IV – Propagation acoustique en milieu guidé (modes de conduit, fréquences de coupure, modèles basse fréquence)
- V – Sources (sources élémentaires, fonction de Green, distribution de sources)
- VI – Rayonnement des structures vibrantes (équation intégrale de frontières, intégrale de Rayleigh)
- VII – Propagation acoustique en milieu inhomogène (approximations géométrique et paraxiale)
- VIII – Approfondissements supplémentaires (absorption thermo-visqueuse, diffraction par des corps solides)

Compétences

- ◇ Comprendre la génération et le rayonnement du son dans des configurations classiques.
- ◇ Modéliser et résoudre un problème acoustique.
- ◇ Communiquer avec un expert en acoustique.
- ◇ Acquérir une base théorique afin d'approfondir un domaine spécialisé de l'acoustique.

Activités / Autonomie

Deux séances de travaux pratiques : 1) Mesure de la puissance acoustique d'une source en chambre anéchoïque et en chambre réverbérante. 2) Propagation en conduit à proximité d'un changement de section brusque.
Un bureau d'étude sur la localisation de sources avec un partenaire industriel (MicrodB).

Masters affiliés

Master of Science in Acoustics (cours obligatoire)

Bibliographie

- A. D. PIERCE. *Acoustics: an introduction to its physical principles and applications*. The Acoustical Society of America, 1989.
- L. E. KINSLER ET AL. *Fundamentals of acoustics*. John Wiley & Sons, 1982.
- D.T. BLACKSTOCK. *Fundamentals of physical acoustics*. John Wiley & Sons, 2000.

Contrôle des connaissances


Savoir : contrôle écrit de connaissances individuelles (50%)
Savoir-faire : contrôle des connaissances activités pratiques (50%)



DYNAMIQUE DES STRUCTURES

Structural dynamics

Responsable(s) : Olivier DESSOMBZ

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

Objectifs de la formation

L'analyse dynamique des structures à l'aide des méthodes de synthèse modale et d'éléments finis a trouvé un grand nombre d'applications industrielles (aéronautique, automobile, construction navale, ferroviaire, génie civil). Le but principal de ce cours est de présenter ces méthodes dans un cadre général en menant en parallèle et en interaction une approche numérique et une approche expérimentale basée sur des essais vibratoires. La correction des modèles et l'influence de l'amortissement sont aussi abordées.

Mots-clés : Éléments finis - modélisation - méthodes numériques - analyse modale numérique - sous-structuration - synthèse modale - amortissement

Programme

PARTIE 1 : MODÈLES ÉLÉMENTS FINIS

- Introduction
- Discrétisation par éléments finis
- Modification de la formulation matricielle globale
- Problèmes conservatifs standard
- Problème spectral
- Intégration temporelle du problème transitoire
- Cas des machines tournantes

PARTIE 2 : OPTIMISATION DU COMPORTEMENT DYNAMIQUE

- Origine de la dissipation
- Modélisation de l'amortissement
- Introduction de matériaux amortissants
- Identification des matrices d'amortissement
- Synthèse modale
- Perturbation des modèles dynamiques
- Lien avec les procédés de conception

Compétences

- ◇ Modéliser une structure par éléments finis
- ◇ Utiliser un code de calcul industriel par éléments finis généraliste
- ◇ Appréhender les fondements des méthodes par éléments finis

Activités / Autonomie

Activités pratique : 2 TP de 4h (expérimental) + 4h BE sur logiciel

Masters affiliés

Master Mécanique

Bibliographie

J.-F. IMBERT. *Analyse des structures par éléments finis (3ème ed)*. Cepadues, 1995.

M. GERARDIN, D. RIXEN. *Théorie des vibrations*. Masson, 1996.

L. MEIROVITCH. *Computational methods in structural dynamics*. Sijthoff Nordhoff, 1980.

Contrôle des connaissances

50% savoir (Test)


50% savoir faire (TP1 1/4, TP2 1/4, BE 1/2)



BRUITS D'ORIGINE AÉRODYNAMIQUE

Aerodynamically generated sound

Responsable(s) : Michel ROGER

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

Objectifs de la formation

Le but est de former les étudiants à l'aéroacoustique, science des bruits d'origine aérodynamique, par opposition aux bruits d'origine vibratoire. Ceci inclut la compréhension des phénomènes physiques, leur illustration expérimentale et leur modélisation, principalement analytique (des simulations numériques sont néanmoins citées). Les étudiants seront amenés au niveau requis pour aborder les problèmes industriels modernes, d'une part, et la littérature scientifique internationale, d'autre part. Des notions de base en aérodynamique et en acoustique seront rappelées succinctement. Les applications concernent les transports aéronautique et terrestre, la ventilation et le conditionnement d'air, les instruments à vents...

Mots-clés : aéroacoustique, aérodynamique instationnaire, modélisation analytique, turbomachines

Programme

- Petites oscillations dans un gaz et mécanismes du bruit d'origine aérodynamique
- Les analogies acoustiques et l'équation des ondes
- Propriétés générales des sources sonores en mouvement (effet Doppler, convection)
- Bruit des jets turbulents libres (aéronautique)
- Mécanismes d'oscillations auto-entretenues (instruments à vent)
- Bruit du vent sur les structures (câbles, antennes, exo-structures)
- Aérodynamique instationnaire et bruit des profils d'ailes
- Matériaux absorbants acoustiques sous écoulement
- Sources sonores en rotation et bruit de raies des rotors (hélices, ventilateurs...)
- Bruit des turbomachines carénées (turboréacteurs)
- Essais en soufflerie anéchoïde

Compétences

- ◇ Réaliser une analyse critique d'une publication scientifique
- ◇ Conduire des essais en soufflerie anéchoïde
- ◇ Modéliser un problème d'aéroacoustique industriel

Activités / Autonomie

BE: optimisation acoustique d'un étage rotor-stator (par la modélisation, CR)
TP1: bruit d'impact de turbulence sur un profil (manipulation en chambre sourde+CR)
TP2: sifflements d'une cavité en conduit (manipulation +CR)

Masters affiliés

Master d'Acoustique, Ecole Doctorale MEGA

Bibliographie

GOLDSTEIN. *Aeroacoustics*. McGraw-Hill, 1976.

Contrôle des connaissances


Test de 2 heures (note de savoir 40%)
Comptes-rendus de TP (note de savoir-faire 30%)
Compte-rendu de BE (note de méthodologie 30%)



CARACTÉRISATION DES SURFACES ET DES NANOSTRUCTURES

Characterization of surfaces and nanostructures

Responsable(s) : Fabrice DASSENOY, Maria-Isabel DE BARROS

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

Objectifs de la formation

Les nanotechnologies sont concernées par un état très divisé de la matière et un rôle exacerbé des surfaces par rapport au volume. La physicochimie et la chimie des surfaces exposées sont très importantes au regard des applications. Les premières couches atomiques présentes sur les solides sont particulièrement réactives dans de nombreux procédés. Ce cours propose l'étude des principales techniques de caractérisation des surfaces et des structures de faible dimensionnalité. Elle sera illustrée par des applications spécifiques dans le domaine des nanotechnologies et de la biologie.

Mots-clés : Surfaces, Interfaces, Nanostructures, Analyses de surface, Microscopie, Spectroscopies électroniques

Programme

I – Analyse chimique de la surface des solides.

Les spectroscopies électroniques (photoélectron, Auger), spectroscopie ionique (ToF-SIMS)
Informations sur les liaisons chimiques en surface.

II- Analyse morphologique de la surface à l'échelle subnanométrique

Les microscopies champ proche (microscopie à effet tunnel, microscopie à force atomique, microscopie champ proche optique) spectroscopie tunnel, mesure des forces d'interaction.

Illustrations : (reconstruction de surfaces, molécule unique, cristaux photoniques...)

III – Caractérisation des interfaces

Microscopie électronique à transmission analytique, diffraction électronique, analyses par rayons X et pertes d'énergie des électrons transmis. Exemples concrets d'applications (couches minces, colloïdes...)

Compétences

- ◇ Savoir se référer aux bonnes techniques de caractérisation pour l'étude et l'analyse des surfaces et des nanostructures
- ◇ Connaître le principe de base des principales techniques de caractérisation des surfaces et des nanostructures

Bibliographie

R. W. CAHN. *Materials science and technology : a comprehensive treatment*. VCH, 1994.

Contrôle des connaissances


Test écrit de 2h.



INTERACTIONS FLUIDE-STRUCTURE

Fluid-Structure Interactions

Responsable(s) : Mohammed ICHCHOU, Gilles ROBERT

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

Objectifs de la formation

Ce cours est un cours d'introduction aux phénomènes de rayonnement et de couplage fluide-structure. Il a deux objectifs principaux. Le premier objectif de ce cours vise à donner à l'étudiant une méthode cohérente pour formuler un problème de couplage entre structures et fluides. Le second objectif vise une présentation non exhaustive des phénomènes d'interaction fondamentaux rencontrés dans les domaines d'applications pré-cités. Le rayonnement des structures est ainsi étayé par cet angle. Différentes approches analytiques et numériques permettant d'appréhender ce mécanisme de couplage sont explicitées.

Mots-clés : couplage fluide-solide; fluide compressible; fluide incompressible, masse ajoutée; modes couplés fluide-structures; rayonnement acoustique; accrochage; chargement pariétal.

Programme

- I- Couplage fluide-structure classification
- II- Mise en équation, mécanismes de couplages
- III- Couplage inertiel, couplage fort
- IV- Couplage dissipatif, rayonnement acoustique
- V- Rayonnement de structures simples (cas non borné et borné)
- VI- Interprétation physique et description modal, indicateurs de rayonnement, formulations numériques, opérateur d'impédance de rayonnement, mise en œuvre.
- VII- Eléments de couplage fluide-structure avec convection.

Compétences

- ◇ Savoir classer les interactions fluides-structures
- ◇ Savoir formuler analytiquement quelques interactions fluides-structures
- ◇ Savoir traiter numériquement quelques interactions fluides-structures
- ◇ Savoir caractériser un chargement pariétal

Activités / Autonomie

Analyse d'article en parallèle avec les activités pratiques
Calcul numérique par le code ANSYS de quelques situations

Masters affiliés

Master Acoustiques
Master Aéronautique et Espace
Master mécanique

Bibliographie

H. J.-P. MORAND & R. OHAYON. *Fluid-Structure Interaction*. Wiley, 1995.
E. DE LANGRE. *Fluides et solides*. Editions de l'Ecole Polytechnique, 2002.

Contrôle des connaissances


Savoir: Contrôle écrit de connaissance individuel pour 50%
Savoir-faire: Contrôle des connaissances TP/BE pour 50%



PROCESSUS STOCHASTIQUES : MODÈLES ET MÉTHODES NUMÉRIQUES

Stochastic Processes

Responsable(s) : **Christophette BLANCHET, Elisabeth MIRONESCU**

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

Objectifs de la formation

Ce cours est un complément du cours de théorie des probabilités, orienté vers la modélisation des phénomènes aléatoires dépendant du temps. Son but est de présenter d'une part les outils théoriques de la modélisation par processus de Markov et d'autre part les algorithmes classiques de simulation de ces processus. Il est plus particulièrement destiné aux élèves des options et masters d'Ingénierie Mathématiques, de Sciences Actuarielle et Financière et Ingénierie du Risque. Pré-requis : il est recommandé d'avoir suivi le cours S8 « Théorie des probabilités et introduction aux processus stochastiques », ou tout cours équivalent.

Mots-clés : Mouvement Brownien, Martingales, Calcul d'Itô, Simulation, Méthodes de Monte Carlo par Chaînes de Markov

Programme

0. Rappels de théorie des probabilités (en autonomie)
1. Généralité sur les processus, mouvement brownien
2. Martingales
3. Intégrale stochastique
4. Equations différentielles stochastiques
5. Approximation et simulation de diffusion
6. (BE) Méthodes de Monte Carlo par Chaînes de Markov pour la simulation
7. (master IM et GRAF) Diffusions et équations aux dérivées partielles

Compétences

- ◇ Savoir modéliser un phénomène à l'aide de processus de Markov
- ◇ Savoir appliquer le calcul différentiel d'Itô
- ◇ Savoir simuler et/ou discrétiser une diffusion
- ◇ Savoir implémenter une méthode du recuit simulé ou de l'algorithme de Gibbs

Activités / Autonomie

Préparation des BE

Masters affiliés

Option MD-MIR (conseillé pour une formation avancée en math appli).
Master Econométrie et Statistiques Parcours GRAF (Obligatoire)
Master Mathématiques Appliquées, Statistique, Parcours Math en Actions (Obligatoire)

Bibliographie

FRANCIS COMETS ET THIERRY MEYRE. *Calcul stochastique et modèles de diffusions..* Série Mathématiques pour le Master/SMAI, Dunod, 2006.
NICOLE EL KAROUI ET EMMANUEL GOBET. *Les outils stochastiques des marchés financiers.* Editions de l'Ecole Polytechnique 2011., 2011.
BERNARD BERCU ET DJALIL CHAFAÏ. *Modélisation stochastique et simulation..* Série Mathématiques pour le Master/SMAI, Dunod, 2007.

Contrôle des connaissances

Tous : Test de deux heures. Master Math en action et GRAF : Test de 1h supplémentaire



HYDRAULIQUE FLUVIALE

River Hydraulics

Responsable(s) : Richard PERKINS, Pierre BRUN

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

Objectifs de la formation

Depuis les origines de la civilisation humaine, l'homme a exploité les fleuves et les rivières pour ses différents besoins – l'eau potable, l'irrigation, transport, énergie – ainsi pour l'évacuation des déchets, industriels et domestiques. En parallèle, l'homme a dû apprendre à coexister avec les fleuves et les rivières, et avec ses variations saisonnières, parce qu'un fleuve ou une rivière est une entité vivante, toujours en train d'évoluer. Le but de ce cours est de fournir aux élèves une compréhension complète des processus fondamentaux en ingénierie hydraulique, à travers le développement de modèles et concepts adaptés, mais simples. Les deux BE et le TP permettront aux élèves de mettre en pratique les éléments théoriques rencontrés dans les cours.

Mots-clés : Fleuve, Rivière, Surface libre, Ondes, Crues, Barrage, Transport Solide, Transport des sédiments, Erosion, Charge spécifique, Fluvial, Torrentiel, Ressaut, Impulsion, Chézy, Manning, Strickler, Froude, Shields

Programme

Introduction : Cycle de l'eau, les systèmes fluviaux
Les écoulements uniformes dans les canaux découverts : La profondeur critique, la charge spécifique et la force spécifique, le ressaut
Les écoulements graduellement variés : Résistance à l'écoulement, l'écoulement uniforme et la profondeur normale, les régimes et les formes de la surface de l'eau
Les écoulements non-permanents dans les canaux découverts : Les variations lentes, la méthode des caractéristiques, la rupture d'un barrage, la propagation des ondes de crue
Les ouvrages hydrauliques
Le transport des sédiments : le mouvement des particules solides, les rides, dunes et antidunes, le seuil d'érosion, transport par charriage et par suspension, les sédiments cohésifs

Compétences

- ◇ Identifier le régime d'un écoulement en fonction du débit et de la profondeur.
- ◇ Calculer la réponse d'un écoulement à surface libre à un changement de section.
- ◇ Calculer la propagation d'une onde en réponse à un changement de débit ou de profondeur dans le canal.
- ◇ Calculer la stabilité des sédiments sur le lit et les berges d'un canal.

Activités / Autonomie

Renforcer les notions du cours en travaillant les exemples
Approfondir certains éléments du cours à travers le TP et les BE.
Des questions sur chaque partie du cours seront fournies, avec les solutions, pour permettre à l'élève de vérifier son travail et sa compréhension du cours.

Masters affiliés

Mécanique

Bibliographie

CHANSON, H.. *The Hydraulics of Open Channel Flow: an Introduction*. Elsevier, 2004.
VIOLLET, P.-L., CHABARD, J.-P, ESPOSITO, P & LAURE. *Mécanique des Fluides Appliquée*. Presses de l'ENPC, 1999.
RAUDKIVI, A.J. *Loose Boundary Hydraulics*. Balkema, 1998.


Contrôle des connaissances

Savoir : Examen (60%) Savoir faire : Comptes rendus des TP (40%)



REPRÉSENTATION ET MANIPULATION DE DONNÉES STRUCTURÉES

Responsable(s) : Daniel MULLER

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

Objectifs de la formation

Quelle que soit la technologie sous-jacente, les systèmes d'information s'appuient sur un certain nombre de paradigmes incontournables : structuration des données, usage de méta données, vérifications d'intégrité, réutilisation par transformation plutôt que par duplication, échange d'informations structurées entre applications ou modules...Ce cours s'attache à montrer comment les standards basés sur XML favorisent ou même induisent certains fondamentaux comme l'intégrité des données, l'interopérabilité des applications, voire leur internationalisation, et comment les nombreuses applications qui en découlent s'inscrivent dans cette dynamique au sein de systèmes dont la complexité va croissant.

Mots-clés : XML, DTD, XML Schema, Xpath, XSLT, Webservices

Programme

Introduction à la problématique des systèmes d'information
Structuration des données – XML
Intégrité des informations – validation, DTD, schémas
Interopérabilité – espaces de nommage
Recherche d'information – Xpath, XQuery
Transformations – XSLT
Échange d'informations, Services Web – XML-RPC
Exemples d'applications – SVG, XSL-FO

Compétences

- ◇ Appréhender les potentialités et le fonctionnement de l'écosystème XML
- ◇ Maîtriser la notion de document bien formé
- ◇ Savoir invoquer l'outil adéquat face à un problème concret
- ◇

Activités / Autonomie

BE 1 - Conception d'un document XML
BE 2 - Transformations avec XSLT
BE 3 - Focus sur une application (SVG, XSL-FO, ...)

Bibliographie

E. R. HAROLD, W. SCOTT MEANS. *XML in a Nutshell*. 3rd Edition - O'Reilly, 2004.
E. VAN DER VLIST. *XML Schema, the W3C's Object-Oriented Descriptions for XML*. O'Reilly, 2002.
J. E. SIMPSON. *XPath and XPointer, Locating Content in XML Documents*. O'Reilly, 2002.

Contrôle des connaissances


50% savoir (QCM), 50% savoir-faire (moyenne des BEs)



INFORMATION QUANTIQUE

Quantum information

Responsable(s) : Ségolène CALLARD, Christelle MONAT, Haison NGUYEN, Jose PENUELAS

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

Objectifs de la formation

Au cours des deux dernières décennies, l'évolution rapide l'ingénierie des systèmes quantiques a ouvert la voie à de nouvelles formes de de traitement et de transmission de l'information. A la croisée de la mécanique quantique, l'informatique, la théorie de l'information et l'ingénierie, la mise au point de calculateurs quantiques permet d'envisager des solutions à des problèmes qui paraissaient impossibles à résoudre avec une approche classique. L'objectif du cours est de permettre d'appréhender les enjeux liés aux développements de l'information quantique et comprendre dans quelles mesures ils peuvent modifier le paysage actuel du traitement de l'information.

Mots-clés : Qbit, superposition, intrication, cryptographie quantique, téléportation, ordinateur quantique, photons, jonctions supraconductrices.

Programme

1. Introduction, complexité d'un algorithme, classe d'un problème, promesse de l'information quantique, limites. Supériorité quantique. Que peut-on résoudre avec un ordinateur quantique ?
2. Mécanique quantique, postulats, notion de Q-bits, Cryptographie
- 3 Système à deux Qbits, intrications- corrélations, paradoxe EPR
4. Téléportation, indiscernabilité, décohérence, limites.
5. Les calculs : portes quantiques
6. les algorithmes quantiques
7. Les implémentations physique : le q-bit photon
8. Les q-bit supraconducteurs, l'ordinateur quantique aujourd'hui

Compétences

- ◇ Identifier deux ou trois domaines d'applications potentiels des ordinateurs quantiques et leurs avantages par rapport aux ordinateurs classiques.
- ◇ Expliquer les phénomènes d'intrication quantique et de décohérence
- ◇ Expliquer les principes de la cryptographie quantique et de la téléportation.
- ◇ Etre capable de décrire l'évolution d'un système de Qbits à travers une porte logique quantique et l'utilité des principaux algorithmes quantiques.

Activités / Autonomie

- 1 BE Conférences qbits supra/ TP sources de photons uniques
- 1 BE calculs quantiques (simulateurs IBM)
- 1 BE exposés : un travail de recherche bibliographique au choix avec restitution orale en binôme.

Bibliographie

M. A. NIELSEN AND I. L. CHUANG. *Quantum computation and quantum information*. Cambridge University Press, 2016.

Contrôle des connaissances

Examen 2h sans document (50%), Exposé oral + CR BE (30%+20%)



ENERGIE NUCLÉAIRE

Nuclear Energy

Responsable(s) : Yves ROBACH, Ségolène CALLARD

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

Objectifs de la formation

L'énergie nucléaire représente un domaine technologique et économique important qui recouvre des compétences multidisciplinaires et des métiers variés (conduite de projets, ingénierie, sûreté,...). Ce module, à caractère très industriel, a pour objectif de donner aux élèves une formation à la fois scientifique et technologique dans les différents domaines de l'énergie nucléaire. Une large part sera consacrée à l'étude des filières actuelles de réacteurs nucléaires. Ce module permettra aussi d'appréhender l'ensemble des solutions aux questions de sûreté des installations et de protection des personnes.

Mots-clés : Réacteurs nucléaires, filières nucléaires, sûreté nucléaire.

Programme

Éléments de physique nucléaire : rappels.
Éléments de neutronique
Cinétique des réacteurs.
Filières actuelles de réacteurs nucléaires : Fonctionnement et pilotage.
Sûreté nucléaire.
Cycle du combustible.
Matériaux pour le nucléaire.

Compétences

- ◇ Comprendre les enjeux scientifiques, économiques et environnementaux du nucléaire.
- ◇ Comprendre les spécificités de l'industrie nucléaire
- ◇ Situer l'énergie nucléaire par rapport aux autres énergies.

Activités / Autonomie

Étude sur les réacteurs nucléaires de future génération.
Études, exposés

Bibliographie

JACQUES LIGOU. *Introduction au génie nucléaire*. Presses polytechniques et universitaires romandes, 1997.
JOHN R. LAMARSH. *Introduction to nuclear engineering*. Addison Wesley Publishing company, 2013.
PAUL BONCHE. *Le nucléaire expliqué par des physiciens*. EDP Sciences, 2002.

Contrôle des connaissances

Examen écrit de 2H.
Évaluation sur les travaux effectués en bureaux d'étude.



PARCOURS INTRAPRENEUR 1

Responsable(s) : Marie GOYON

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

Objectifs de la formation

Former des pilotes de projets innovant en entreprise capables de relever les défis de demain, les mutations systémiques, que ce soit dans l'environnement, l'économie, le social... Les innovations qui peuvent répondre à ces problématiques transversales ne peuvent être centrées sur une approche mono-disciplinaire.

L'approche est centrée sur le projet : apprentissage par le faire, DIY et DIWO : les élèves travaillent en groupes projet sur des sujets proposés par des entreprises. Cette approche transdisciplinaire de gestion de projet est destinée aux futurs professionnels de l'innovation dans le secteur privé ou les institutions publiques.

Mots-clés : design thinking, usages, intraprenariat, business development, prototypage, pilotage de projet

Programme

- Méthodologie Design thinking / Approfondissement
- Usagers et enquêtes terrain
- Fablab et prototypage rapide
- Management de projet / Stratégies et ressources
- Réseaux d'acteurs / Approfondissement
- Business Development / marché
- Facilitation graphique
- Pitch

Compétences

- ◇ créativité
- ◇ contextualisation, formulation problématique
- ◇ stratégie de pilotage de projet
- ◇ planification de projet

Activités / Autonomie

activité de projet, projets entreprises

Bibliographie

- BROWN TIM. *L'Esprit design: Comment le design thinking change l'entreprise et la stratégie*. Pearson, 2014.
- AKRICH M., CALLON M. ET LATOUR B. *A quoi tient le succès des innovations?, Gérer et comprendre*. Annales des Mines, 1988.
- GAGLIO G. ., *Sociologie de l'innovation*. PUF, 2012.

Contrôle des connaissances

activité de projet : soutenances + rapports / prototypes et scénarios d'usage




MÉCANIQUE DES MATÉRIAUX ET

STRUCTURES COMPOSITES

Mechanics of Composite Materials and Structures

Responsable(s) : Michelle SALVIA, Olivier BAREILLE, Mohammed ICHCHOU

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

Objectifs de la formation

L'objectif de ce module est de fournir une description détaillée des matériaux et structures composites. Ces matériaux sont en effet de plus en plus employés dans de nombreux secteurs industriels et offrent de nombreux avantages qu'il convient de maîtriser. Le module discutera ainsi des modèles des structures composites souvent utilisées. Il abordera également le comportement dynamique de ces structures. Enfin, les mécanismes d'endommagements seront exposés.

Mots-clés : anisotropie - les laminés - les structures sandwichs - homogenisation - comportement dynamique - endommagements et défauts.

Programme

Matériaux et structures composites (2)
Modèles structuraux (2)
Modèles tridimensionnels (2)
Théorie des Laminées (2)
Structures Sandwich (2)
Homogenisation (2)
Comportement dynamique (2)
Endommagements (2)

Compétences

◇ connaître les types de composites - connaître les modèles
◇ théorie de l'homogénéisation - mécanismes d'endommagements

Activités / Autonomie

Analyse d'un article récent de la littérature

Masters affiliés

Aéronautique et Espace

Bibliographie

CARL T. HERAKOVICH. *Mechanics of Fibrous Composites*. John Wiley & Sons, 2004.
J.N. REDDY. *Mechanics of laminated composite plates*. CRC Press, 1997.
D GAY, S V HOA, S W TSAI. *Composite Materials: Design And Applications*. CRC Press, 2003.

Contrôle des connaissances


Contrôle continu pendant les séances de TP/BE (33%)
Test écrit (33%)
Travail personnel en autonomie (33%)



STABILITÉ DES SYSTÈMES MÉCANIQUES

Stability of mechanical systems

Responsable(s) : Louis JEZEQUEL, Jean-Jacques SINOÛ

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

Objectifs de la formation

Lors de la conception des structures et des systèmes mécaniques, il est impératif de maîtriser les risques d'instabilité provenant de nombreux phénomènes. On peut citer en particulier les divers couplages de nature non-conservative liés à l'existence de frottements ou de contacts entre une structure élastique en mouvement et un fluide ou un solide. Par ailleurs, les phénomènes de flambement et de cloquage sont de plus en plus dimensionnants compte tenu de l'allégement des structures associé à l'utilisation de nouveaux matériaux. Dans les domaines du transport, du Génie Civil et de l'énergie, on peut citer : les bruits de freins, la résistance aux crashes, les instabilités de machines tournantes, le risque d'effondrement des bâtiments, stabilité des systèmes de forage.....

Mots-clés : Stabilité, crissement de freins, fluide-structure, machines tournantes, couplage aéroélastique, couplage hydro-élastique

Programme

- I. Analyse générale de la stabilité
- II. Flambement des structures élastiques
- III. Structures élastiques non conservatives
- IV. Stabilité des systèmes gyroscopiques
- V. Application aux structures frottantes
- VI. Applications aux structures couplées avec un écoulement

Compétences

- ◇ Développer une vision synthétique des risques d'instabilités des systèmes mécaniques en phase de conception.
- ◇ S'initier aux outils de calcul permettant de prévoir les risques d'instabilités.
- ◇ Comprendre les phénomènes de couplage à l'origine des instabilités.

Activités / Autonomie

Apprendre et approfondir une partie du cours.
Analyse bibliographique et réflexion sur un problème d'application.

Masters affiliés

Master Mécanique

Bibliographie

WANDA SZEMPLINSKA-STUPNICKA. *The behavior of Nonlinear Vibrating systems Vol. 1. Fundamental concepts and methods : applications to single-Degree of freedom Systems.*
ROBERT D. BLEVINS. *Flow-Induced vibration.*
ROLAND BIGRET. *Stabilité des machines tournantes et des systèmes.*

Contrôle des connaissances


Bureaux d'étude
Test



COMPORTEMENT DES MATÉRIAUX

Mechanical behavior

Responsable(s) : Thierry HOC, Vincent FRIDRICI, Laurent BLANC, Bruno BERTHEL

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

Objectifs de la formation

Les contraintes de performance et de fiabilité, associées à l'optimisation des matériaux et des procédés, nécessitent une connaissance et une modélisation fine du comportement mécanique des matériaux.

En même temps, les simulations modernes permettent d'introduire des lois de comportement avancées, que l'ingénieur doit être capable de sélectionner, d'identifier et d'utiliser de manière appropriée.

Ce cours vise à identifier la structure hiérarchique de ces modèles de comportement, pour différents types de matériaux : métalliques, biologiques, composites, polymères, ...

Une attention particulière sera accordée à leur identification et aux méthodes d'essai associées. Les mécanismes microscopiques seront explorés pour expliquer le comportement macroscopique.

Mots-clés : Loi de comportement, rupture et endommagement ; Matériaux : métalliques, biologiques, composites, polymères ; Changement d'échelle

Programme

Introduction à la rhéologie: modèles rhéologiques,
Elasticité anisotrope cadre thermodynamique
Visco-élasticité. Fonction de fluage et relaxation. Spectre, Sollicitations harmoniques.
Ecrouissage: Modèles standard généralisés, écrouissage isotrope et cinématique
Passage micro-macro: Moyennes et localisation. Voigt et Reuss
Anisotropie:
Visco-plasticité. Fluages primaire et secondaire. Norton-Hoff et Bingham
Plasticité : Comportement indépendant des vitesses. fonction seuil et lois d'évolution
Composite
Rupture et Endommagement: rupture fragile, endommagement continu
Fatigue multi-axiale

Activités / Autonomie

1 TP : Essai de traction sur composite osseux et analyse des résultats
1 TP : Aspect numériques des classes de matériaux
1 BE : Fatigue des matériaux: approche phénoménologique, amorçage et propagation des fissures, prise en compte de la fatigue dans le comportement des matériaux

Bibliographie

J. LEMAÎTRE, J.-L. CHABOCHE, A. BENALLAL, R. DESMO. *Mécanique des matériaux solides*. Ed. Dunod.
D. FRANÇOIS, A. PINEAU, A. ZAOUÏ.. *Comportement mécanique des matériaux : volumes 1 et 2*. Ed. Lavoisier.

Contrôle des connaissances

Test final de 2 heures (80%) + compte-rendu de projet (20%)



RÉSEAUX INFORMATIQUES

Computer networks

Responsable(s) : René CHALON

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

Objectifs de la formation

Ce cours expose les principes et les protocoles de base des réseaux informatiques en mettant l'accent sur les protocoles TCP/IP. Les caractéristiques et les architectures des réseaux locaux, moyens et hauts débits ainsi que les protocoles d'Internet sont détaillés de manière systématique et méthodique. Cette approche à la fois conceptuelle et pratique permet à chacun de mieux comprendre l'offre actuelle, l'évolution et les perspectives des réseaux informatiques actuels et futurs.

Mots-clés : réseaux, modèle OSI, Ethernet, Internet, IP, Wi-Fi, Internet, IP, TCP, UDP, DNS, HTTP

Programme

Cours :

- 1- Introduction : concepts généraux, modèles OSI et architecture TCP/IP
- 2- Couche physique : support et transmission des données
- 3- Réseaux locaux : topologies, Ethernet, WiFi
- 4- Couche Réseau : notion d'internet, protocole IP, adressage, routage, IPv6
- 5- Couche transport : TCP, UDP, SCTP
- 6- Couche application : modèle client/serveur, DNS, messagerie électronique, FTP, World Wide Web

Bureaux d'étude :

- 1- Etude détaillée d'Ethernet avec un simulateur réseau
- 2- Etude détaillée d'IP avec un simulateur réseau
- 3- Etude du protocole HTTP

Compétences

- ◇ Connaître les principes des réseaux informatiques
- ◇ Analyser et concevoir des réseaux locaux Ethernet
- ◇ Analyser et concevoir des réseaux basés sur les protocoles TCP/IP

Activités / Autonomie

Chaque élève reçoit une licence individuelle du simulateur réseau lui permettant d'effectuer les BE et de concevoir ses propres architectures de réseaux.

Masters affiliés

Informatique

Bibliographie

- G. PUJOLLE ET AL.. *Les réseaux*. Eyrolles, 2018.
D. COMER. *Internetworking with TCP/IP - Volume 1, Principles, Protocols and Architecture*. Pearson, 2015.
C. SERVIN. *Réseaux et Télécoms*. Dunod, 2013.

Contrôle des connaissances


50 % savoir : Examen écrit sans documents de 2h.
50 % savoir-faire : Evaluation des bureaux d'étude (1/3 chacun)



MÉTHODES NUMÉRIQUES POUR LES EDP

Numerical methods for PDEs

Responsable(s) : Grégory VIAL, Laurent SEPPECHER

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

Objectifs de la formation

Le but du cours est de présenter les principales approches actuelles pour la résolution numérique des équations aux dérivées partielles (EDP). Il s'agit moins de proposer une liste exhaustive des techniques effectivement utilisées dans les codes professionnels, que de donner les repères mathématiques et numériques pour la construction et l'analyse des méthodes les plus courantes. La programmation effective de certaines méthodes lors de séances de BE permettra aux élèves de se sensibiliser aux aspects pratiques de mise en œuvre. D'autres BE seront consacrés à l'utilisation de logiciels de recherche, illustrant la résolution complète de problèmes plus complexes.

Mots-clés : Méthodes numériques. Calcul scientifique. Équations aux dérivées partielles.

Programme

Chapitre 1. Rappels sur les EDP linéaires et les méthodes aux différences finies
Chapitre 2. Méthodes d'éléments finis
Chapitre 3. Approximation numérique pour les lois de conservation scalaires

Compétences

- ◇ Savoir reconnaître la nature d'une EDP et les enjeux de son approximation numérique
- ◇ Connaître les principes des principales familles de méthodes d'approximation des EDP
- ◇ Reconnaître les comportements des méthodes dans leurs limites d'utilisation
- ◇ Être capable de mettre en œuvre les méthodes d'approximation pour des problèmes modèles

Activités / Autonomie

Implémenter les méthodes numériques sur des exemples simples, mais représentatifs.
Les trois BE permettent de commencer le travail, qui est terminé en autonomie.

Masters affiliés

Option MD/Filière MIR (fortement conseillé)
Master mention "Mathématiques appliquées, statistique" (obligatoire)
Master mention "Statistique et économétrie" (obligatoire)

Bibliographie

- A. ERN, J.-L. GUERMOND. *Éléments finis : théorie, applications, mise en œuvre. Mathématiques et applications*. Springer, 2002.
- B. DESPRÉS, F. DUBOIS. *Systèmes hyperboliques de lois de conservation : Application à la dynamique des gaz*. École Polytechnique, 2005.

Contrôle des connaissances

Savoir (60%) : examen de 2H
Savoir-faire (40%) : compte-rendus de BE



OUVERTURE SOCIO-ÉCONOMIQUE ET CULTURELLE

Responsable(s) : Florence MILON

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

Objectifs de la formation

Mieux connaître les spécificités de "l'ingénieur à la française" et la culture d'une entreprise française, sensibiliser à l'ouverture interculturelle et améliorer l'intégration des élèves internationaux de 3A.

Mots-clés : Ouverture, altérité, interculturel, intégration, communication, relations, culture d'une entreprise française

Programme

Elèves internationaux et élèves de l'EML (24h + participation au forum)
Apports théoriques sur les notions d'interculturalité, présentation de films interculturels et ateliers par groupes de nationalités différentes sur des thématiques culturelles.
Réflexion autour de l'intégration des élèves internationaux (accueil, difficultés rencontrées...) à partir de questionnaires, propositions d'amélioration.
Enquêtes auprès d'ingénieurs français et tables rondes avec un ingénieur français ayant travaillé à l'international et un ingénieur étranger travaillant en France.
Aide à la recherche de stage TFE (CV, lettre de motivation, simulation d'entretiens avec présence DRH)
Soirée internationale (spécialités culinaires des différents pays).

Compétences

- ◇ Compétences de communication orale et écrite
- ◇ Compétences culturelle et interculturelle

Activités / Autonomie

Activités à faire en binôme de nationalités différentes (réalisation de l'enquête, rédaction d'un rapport d'étonnement sur une thématique en lien avec le champ professionnel).

Bibliographie

M. SAUQUET, M. VIELAJUS. *L'intelligence interculturelle, 15 thèmes à exploiter pour travailler au contact d'autres cultures*. Charles Léopold Mayer, 2014.


Contrôle des connaissances

CV, lettre de motivation (élèves internationaux), entretiens, restitution orale de l'enquête auprès d'un ingénieur français, rapport d'étonnement.



PARCOURS INTRAPRENEUR 2

Responsable(s) : Marie Goyon

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

Objectifs de la formation

Former des pilotes de projets innovant en entreprise capables de relever les défis de demain, les mutations systémiques, que ce soit dans l'environnement, l'économie, le social... Les innovations qui peuvent répondre à ces problématiques transversales ne peuvent être centrées sur une approche mono-disciplinaire.

L'approche est centrée sur le projet : apprentissage par le faire, DIY et DIWO : les élèves travaillent en groupes projet sur des sujets proposés par des entreprises. Cette approche transdisciplinaire de gestion de projet est destinée aux futurs professionnels de l'innovation dans le secteur privé ou les institutions publiques.

Mots-clés : Intraprenariat, business development, pilotage de projet, Design Thinking, usages, prototypage

Programme

- Méthodologie Design Thinking / Approfondissement
- Usagers et enquêtes terrain
- Fablab et prototypage rapide
- Management de projet / Stratégies et ressources
- Réseaux d'acteurs / Approfondissement
- Business Development / marché
- Facilitation graphique
- Pitch

Compétences

- ◇ créativité
- ◇ contextualisation, formulation problématique
- ◇ stratégie de pilotage de projet
- ◇ analyse d'écosystème

Activités / Autonomie

Travail en groupes projet sur projets réels entreprises
Enquêtes de terrain

Bibliographie

AKRICH M., CALLON M. ET LATOUR B., A QUOI TIENENT LE. *Brown T, L'Esprit design: Comment le design thinking change l'entreprise et la stratégie. Pearson Education, 2014.* Crozier M. et Friedberg E. , *L'Acteur et le Système*, 0.
GAGLIO G., *SOCIOLOGIE DE L'INNOVATION*, PUF, 2012.

Contrôle des connaissances


Projet de création d'activité / contrôle continu et soutenances + rapports



LE SYSTÈME ÉLECTRIQUE

Electric Power System

Responsable(s) : Eric Vagnon

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

Objectifs de la formation

Le système électrique est une infrastructure majeure des sociétés modernes. La libéralisation du secteur ces dernières années a profondément modifié sa gestion dans un grand nombre de pays et notamment en Europe.

L'objectif du cours est donc d'une part de donner les bases techniques permettant de comprendre le fonctionnement du système électrique et d'autre part de présenter l'organisation de celui-ci à travers le rôle et les relations entre les différents acteurs: producteurs, gestionnaires de réseau de transport, responsables d'équilibre et consommateurs.

Mots-clés : production, transports, gestionnaire de réseau, équilibre production consommation, planification court et long terme

Programme

Introduction: le système électrique dans le contexte énergétique
Equilibre production/consommation
Plan de tension
Les différents acteurs du système électrique, leurs rôles et leurs relations dans le contexte de la libéralisation du marché.
La planification du réseau
Analyse de grands incidents
Fonctionnement d'une bourse de l'énergie électrique

Compétences

- ◇ Nommer les contraintes et avantages techniques ou économiques d'un système électrique étendu
- ◇ Différencier le rôle des différents acteurs du système électrique
- ◇ Définir les actions permettant de gérer le système électrique
- ◇ Interpréter et expliquer des évolutions observées sur un réseau

Activités / Autonomie

Analyse des problèmes de transport - Load flow
Simulation du fonctionnement d'une bourse de l'énergie

Masters affiliés

EEEA: Electronique, Energie Electrique, Automatique

Bibliographie

P. BASTARD ET AL. *Voyage au coeur du système*. Eyrolles, 1999.
PERSOZ ET AL. *Planification des réseaux électriques*. Eyrolles, 1984.

Contrôle des connaissances

Savoir 70%
Savoir-faire 30%



MOD PARCOURS ENTREPRENEUR 1

Entrepreneurial coaching

Responsable(s) : Sylvie MIRA BONNARDEL

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

Objectifs de la formation

Accompagner les élèves porteurs de leur projet entrepreneurial à avancer sur la définition de leur modèle économique, la connaissance de leur marché et la caractérisation de leur offre.

Des experts (droit, finance, ...) viendront apporter leur compétences

Mots-clés : Modèle économique, définition de l'offre, création d'entreprise

Programme

Séances de coaching sur le projet entrepreneurial avec les ressources adéquates, telles que juriste, conseiller en propriété industrielle, investisseurs financiers, ...

Compétences

- ◇ Préciser les opportunités de marché
- ◇ Construire une offre différenciée
- ◇ Concevoir un business model complet et détaillé
- ◇ Savoir pitcher son projet

Activités / Autonomie

Travail sur projet entrepreneurial

Bibliographie

OSTERWALDER A., PIGNEUR Y.. *Business Model Generation: A Handbook for Visionaries, Game Changers, and Challengers*. Willey, 2010.

RIES E.. *The Lean Startup: How Constant Innovation Creates Radically Successful Businesses*. Penguin, 2011.

MASTERTON AK.. *Business Model Generation: The Blueprints Every Entrepreneur in Every Industry Needs Today to Achieve Maximum Profits*. CreateSpace Independent Publishing Platform, 2014.

Contrôle des connaissances

Pitch en milieu et fin de MOD



INGÉNIERIE D'UN OBJET DE GRANDE CONSOMMATION

Responsable(s) : Jose PENUELAS

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

Objectifs de la formation

Montrer à des étudiants n'ayant pas suivi auparavant d'études scientifiques l'implication et l'imbrication des sciences et techniques de l'ingénieur à partir d'un objet connu : le CD. Ce module est l'occasion d'introduire l'approche multidisciplinaire propre à l'ingénieur généraliste en exposant les concepts et les outils de la physique, de la science des matériaux, de l'informatique, du traitement du signal et de l'automatique qui coexistent dans la conception et la réalisation d'un CD.

Mots-clés : Ingénierie , Matériaux , Physique , Traitement du signal , Informatique , Automatique , Conception

Programme

- 1 - Présentation générale
- 2 – Physique : le laser
- 3 - Les matériaux du CD
- 4 - Les fondamentaux de l'informatique
- 5 - Conception
- 6 - Traitement du signal : de l'analogique au numérique
- 7 – Automatique : les principes de base du contrôle / commande

Compétences

- ◇ Comprendre la nature multidisciplinaire de la conception des objets du quotidien
- ◇ Posséder quelques fondamentaux dans les disciplines impliquées

Contrôle des connaissances

Il prendra en compte le travail effectué lors des séances de bureau d'études (1/3) ainsi que la note de l'examen final (sans document = 2/3).



MOD PARCOURS ENTREPRENEUR 2

Entrepreneurial coaching

Responsable(s) : Sylvie MIRA BONNARDEL

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

Objectifs de la formation

Accompagner les élèves porteurs de leur projet entrepreneurial à avancer sur la définition de leur modèle économique, la connaissance de leur marché et la caractérisation de leur offre.

Des experts (droit, finance, ...) viendront apporter leur compétences

Mots-clés : Modèle économique, définition de l'offre, création d'entreprise

Programme

Séances de coaching sur le projet entrepreneuriale avec les ressources adéquates, telles que juriste, conseiller en PI, financiers...

Compétences

- ◇ Préciser les opportunités de marché
- ◇ Construire une offre différenciée
- ◇ Concevoir un business model complet et détaillé
- ◇ Savoir pitcher son projet

Activités / Autonomie

Travail sur projet entrepreneurial

Bibliographie

OSTERWALDER A., PIGNEUR Y. *Business Model Generation: A Handbook for Visionaries, Game Changers, and Challengers*. Willey, 2010.

RIES E. *The Lean Startup: How Constant Innovation Creates Radically Successful Businesses*. Penguin, 2011.

MASTERTON AK. *Business Model Generation: The Blueprints Every Entrepreneur in Every Industry Needs Today to Achieve Maximum Profits*. CreateSpace Independent Publishing Platform, 2014.

Contrôle des connaissances

Pitch en milieu et fin de MOD



MÉTHODES VARIATIONNELLES POUR LES EDP

Variational methods for PDEs

Responsable(s) : Martine MARION

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

Objectifs de la formation

Les méthodes variationnelles ou méthodes d'énergie sont fondamentales dans l'étude des équations aux dérivées partielles (ou EDP) linéaires et surtout non linéaires. Elles reposent sur des estimations des solutions dans des espaces fonctionnels adaptés et sur l'utilisation d'outils puissants d'analyse fonctionnelle.

Le but de ce cours est de

- présenter les notions fondamentales d'analyse à la base de ces méthodes
- montrer comment elle peuvent être utilisées pour étudier des EDP stationnaires (dites elliptiques) ainsi que des EDP d'évolution (dites paraboliques).

Ces notions seront notamment illustrées par l'étude de divers problèmes issus de la physique mathématique.

Pré-requis : il est recommandé d'avoir suivi le cours S8 'Analyse Fonctionnelle' (ou toute formation équivalente).

Mots-clés : Equations aux dérivées partielles, solutions faibles, problèmes linéaires et non linéaires, méthodes variationnelles

Programme

- Chapitre 1. Espaces de Sobolev
 - notions sur les distributions
 - théorèmes de trace et de densité
- Chapitre 2. Problèmes aux limites elliptiques linéaires
 - Méthodes variationnelles
 - Problèmes aux valeurs propres
- Chapitre 3. Problèmes elliptiques non linéaires
 - Topologie faible
 - Méthode de Galerkin
- Chapitre 4. Problèmes paraboliques
 - Fonctions à valeurs vectorielles
 - Formulation variationnelle d'un problème modèle

Compétences

- ◇ Acquérir les notions d'analyse permettant l'étude des EDPs
- ◇ Savoir les appliquer à divers problèmes

Masters affiliés

Master mention "Mathématiques appliquées, statistiques", parcours "Maths en action"

Bibliographie

- H. BRÉZIS. *Analyse fonctionnelle*. Dunod, 2005.
- L. EVANS. *Partial Differential Equations*. AMS, 1998.
- J.-L. LIONS. *Quelques méthodes de résolution des problèmes aux limites non linéaires*. Dunod et Gauthier-Villars, 1969.

Contrôle des connaissances

Examen de 2H (note de savoir 70%) - Compte-rendus de BE (note de savoir-faire 30%)



PARCOURS BÂTIMENT ET ARCHITECTURE

Building & Architecture training program

Responsable(s) : Eric VINCENS

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

Objectifs de la formation

Ce parcours est seulement accessible aux élèves des filières "Ouvrages" et Bâtiment Durable" de l'option "Génie Civil & Environnement". Il vise à donner des outils scientifiques et techniques en amont pour pouvoir appréhender très rapidement et être force de proposition dans le cadre du projet d'option réalisé en collaboration avec l'ENSAL. Ce parcours permet aussi d'avancer certains cours de filières pour pouvoir être opérationnel plus rapidement sur le projet d'option.

Mots-clés : structures à ossatures ; bois ; acier ; confort ; thermique

Programme

- Structures à ossatures (OUV+BD)
- Ouvrages d'art (OUV)
- Confort thermique du bâtiment (BD)

Compétences

- ◇ savoir modéliser une structure à ossatures
- ◇ savoir déterminer et comprendre le cheminement des efforts dans un ouvrage
- ◇ savoir appréhender l'interaction existant structure et enveloppe

Activités / Autonomie

3 BE de 4h autour des structures à ossatures dont 1 sous logiciel professionnel ROBOT

Contrôle des connaissances

BEs notés en présentiel
1 test final sans documents
note de l'AF : 2/3 note test final + 1/3 note BEs



Ecole Centrale de Lyon
36, avenue Guy de Collongue
69130 Ecully
+33 (0)4 72 18 60 00

www.ec-lyon.fr

L'École Centrale de Lyon est une École du groupe des Écoles Centrale.



@CentraleLyon