



Modules Ouverts Sectoriels



AÉRODYNAMIQUE TRANSSONIQUE

TRANSONIC AERODYNAMICS

Responsable(s): Stéphane AUBERT

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

Objectifs de la formation

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

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

Programme

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

Compétences

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

Travail en autonomie

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

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

Bibliographie

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

Contrôle des connaissances

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



ALGORITHMES POUR LA DÉCISION EN ENTREPRISE

GAME THEORY AND ALGORITHMS

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

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

Objectifs de la formation

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

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

Mots-clés : optimisation, heuristiques, théorie des jeux

Programme

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

Compétences

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

Travail en autonomie

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

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

Bibliographie

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

Contrôle des connaissances

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



BRUIT DES TRANSPORTS AÉRIENS ET TERRESTRES

AIR AND GROUND TRANSPORTATION NOISE

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

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

Objectifs de la formation

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

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

Programme

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

Compétences

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

Travail en autonomie

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

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

Bibliographie

M. P. Norton, *FUNDAMENTALS OF NOISE AND VIBRATION ANALYSIS FOR ENGINEERS*, Cambridge University Press, 1989
F. Fahy *ENGINEERING ACOUSTICS.*, Academic Press, 2001
T.D. Rossing *SPRINGER HANDBOOK OF ACOUSTICS.*, Springer Verlag, 2007

Contrôle des connaissances

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



CONFORT ET ÉNERGIE DE L'HABITAT

HOME COMFORT AND ENERGY

Responsable(s): **Eric VINCENS**

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

Objectifs de la formation

Alors que l'Habitat représente près de 40% de la consommation totale d'énergie en France et contribue à hauteur de 25% aux émissions de gaz à effet de serre, la maîtrise des performances énergétiques des bâtiments devient un enjeu majeur pour construire un avenir durable.

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

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

Programme

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

Compétences

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

Travail en autonomie

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

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

Bibliographie

Contrôle des connaissances

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



CONTRÔLE ACTIF DU BRUIT ET DES VIBRATIONS

ACTIVE NOISE CONTROL AND VIBRATION

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

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

Objectifs de la formation

Le développement des systèmes de contrôle actif n'a connu un réel essor que ces 20 dernières années, malgré la simplicité du principe de base. D'une manière schématique, il s'agit pour réduire une perturbation indésirable, de générer une onde en opposition de phase afin de réaliser par superposition des interférences destructives. Cette méthode, principalement appliquée pour la réduction du bruit et des vibrations, est particulièrement intéressante aux basses fréquences. Le but de ce cours est de fournir les bases des principes et techniques utilisés. De nombreuses illustrations sont présentées, en acoustique, vibrations et écoulement (mécanique des fluides active). D'autres champs d'applications sont ensuite abordés : absorption active,

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

Programme

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

Compétences

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

Travail en autonomie

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

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

Bibliographie

Stephen Elliott , *SIGNAL PROCESSING FOR ACTIVE CONTROL*, Academic Press, 2001
Leonard Meirovich *DYNAMIC AND CONTROL OF STRUCTURES*, John Wiley and Sons, 1990
P.A. Nelson, S.J. Elliott *ACTIVE CONTROL OF SOUND*, Academic Press, 1992

Contrôle des connaissances

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



CHOIX DES MATÉRIAUX ET DES ASSEMBLAGES

CHOICE OF MATERIALS AND ASSEMBLAGE

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

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

Objectifs de la formation

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

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

Programme

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

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

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

Compétences

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

Travail en autonomie

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

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

Bibliographie

M.F. Ashby, Y. Bréchet, L. Salvio, *SÉLECTION DES MATÉRIAUX ET DES PROCÉDÉS DE MISE EN OEUVRE*, Presse Polytechniques et Universitaires Romandes, 2001

J.M. Berthelot *MATÉRIAUX COMPOSITES : COMPORTEMENT MÉCANIQUE ET ANALYSE DES STRUCTURES*, Lavoisier, 2005

Contrôle des connaissances

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



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

Responsable(s): Christian VOLLAIRE

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

Objectifs de la formation

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

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

Programme

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

Compétences

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

Travail en autonomie

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

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

Bibliographie

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

Contrôle des connaissances

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



COUCHES ULTRAMINCES ET SURFACES FONCTIONNALISÉES

FUNCTIONALIZED THIN LAYERS AND SURFACES

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

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

Objectifs de la formation

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

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

Programme

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

Compétences

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

Travail en autonomie

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

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

Bibliographie

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

Contrôle des connaissances

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



DYNAMIQUE DES MÉCANISMES

DYNAMIC MECHANISMS

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

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

Objectifs de la formation

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

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

Programme

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

Compétences

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

Travail en autonomie

Objectifs : Illustration des concepts vu en cours

Méthodes : séances de Bureau d'études.

Bibliographie

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

Contrôle des connaissances

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



ECONOMÉTRIE DES SÉRIES TEMPORELLES

TIME SERIES ANALYSIS

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

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

Objectifs de la formation

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

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

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

Programme

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

Compétences

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

Travail en autonomie

Objectifs : Non.

Méthodes :

Bibliographie

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

Contrôle des connaissances

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



ÉCOULEMENTS INSTATIONNAIRES EN TURBOMACHINE

UNSTEADY FLOW IN TURBOMACHINE

Responsable(s): Stéphane AUBERT, Alexis GIAUQUE

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

Objectifs de la formation

***** Cours fermé en 22-23 *****

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

Mots-clés : turbomachine, écoulements instationnaires, aeroélasticité, instabilités, couplages

Programme

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

Compétences

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

Travail en autonomie

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

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

Bibliographie

Contrôle des connaissances

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



FIABILITÉ DES SYSTÈMES COMPLEXES

COMPLEX SYSTEMS FIABILITY

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

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

Objectifs de la formation

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

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

Programme

Compétences

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

Travail en autonomie

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

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

Bibliographie

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

Contrôle des connaissances

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



GÉOTECHNIQUE

ADVANCED SOIL ENGINEERING

Responsable(s): **Eric VINCENS**

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

Objectifs de la formation

Ce cours présente le dimensionnement des fondations des ouvrages ainsi que les techniques de confortement des sols en phase travaux ou phase définitive. Il s'appuie sur des connaissances de mécanique des sols qui auront dû être acquises au travers du MOD2.6 ou de l'ELC-C6.

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

Programme

Fondations superficielles
Fondations profondes
Soutien et confortement des sols

Compétences

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

Travail en autonomie

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

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

Bibliographie

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

Contrôle des connaissances

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



HYDROLOGY AND HYDROGEOLOGY

HYDROLOGY AND HYDROGEOLOGY

Responsable(s): Richard PERKINS, Pietro SALIZZONI

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

Objectifs de la formation

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

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

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

Programme

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

Compétences

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

Travail en autonomie

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

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

Bibliographie

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

Contrôle des connaissances

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



INFORMATIQUE D'ENTREPRISE

ENTERPRISE COMPUTING

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

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

Objectifs de la formation

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

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

Programme

Voici quelques conférences ayant eu lieu les années précédentes :

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

Compétences

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

Travail en autonomie

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

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

Bibliographie

Contrôle des connaissances

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



INFORMATIQUE GRAPHIQUE

COMPUTER GRAPHICS

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

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

Objectifs de la formation

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

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

Programme

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

Compétences

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

Travail en autonomie

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

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

Bibliographie

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

Contrôle des connaissances

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



INGÉNIERIE TISSULAIRE ET BIOMATÉRIAUX

TISSUE ENGINEERING AND BIOMATERIALS

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

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

Objectifs de la formation

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

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

Programme

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

Compétences

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

Travail en autonomie

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

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

Bibliographie

Contrôle des connaissances

Note=100% examen final écrit



MACRO ENERGIE

MACRO ENERGY

Responsable(s): **Jean-Pierre CLOAREC**

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

Objectifs de la formation

Le modèle de développement des sociétés actuelles est basé sur une consommation d'énergie qui n'est pas soutenable à long terme. Ce cours vise donc à permettre à un ingénieur généraliste d'acquérir une vision globale du système énergétique qui est indispensable aussi bien à la compréhension du contexte actuel que des défis auxquels les générations futures devront faire face. Le cours apporte les connaissances fondamentales sur les aspects géopolitiques, économiques et techniques de filières énergétiques variées et de leur déploiement ou leur arrêt à l'échelle internationale et locale.

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

Programme

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

Notion de filière énergétique : impacts, évolutions.

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

Filières : énergies renouvelables ; pétrole; gaz.

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

Compétences

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

Travail en autonomie

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

-enjeux des ressources pour les énergies renouvelables (terres rares, métaux, ...)

-analyse de presse nationale ou internationale sur l'actualité énergétique

-formation à l'encadrement d'une négociation Energie/Climat

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

Bibliographie

Contrôle des connaissances



MICROSYSTÈMES, MICROCAPTEURS, MICROFLUIDIQUE

MICROSYSTEMS, MICROSENSORS, MICROFLUIDIC

Responsable(s): Emmanuelle LAURENCEAU, Ian O CONNOR

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

Objectifs de la formation

En partant de l'exemple d'un lab-on-chip pour l'analyse biologique, les problématiques liées à l'intégration de différentes composantes et fonctions sur un système miniaturisé seront développées et explicitées. Une introduction à la microfluidique (physique à l'échelle microfluidique, influence des lois d'échelle sur la miniaturisation des systèmes, hydrodynamique des systèmes microfluidiques, diffusion, mélange et séparation dans les microsystèmes) ainsi que des notions nécessaires à la compréhension des problèmes d'acquisition du signal de très faible amplitude seront présentées. Les cas des capteurs chimiques et biologiques seront tout particulièrement développés.

Mots-clés : Système miniaturisé, capteur et biocapteur, intégration, microfluidique

Programme

Microcapteurs chimiques, biologiques et physiques
Electrocinétique, diffusion et mélange dans des microsystèmes
Détection électronique, importance du bruit, contrôle électronique du déplacement de l'échantillon
BE1 : Etude bibliographique d'un biocapteur
BE2 : Microfluidique
BE3 : Traitement du signal électronique

Compétences

- Connaître les bases du fonctionnement d'un microcapteur
- Savoir élaborer un microsystème pour une application donnée
- Extraire des données
- Analyser une publication scientifique

Travail en autonomie

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

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

Bibliographie

Cooper Jonathan M., *BIOSENSORS*, Oxford University Press, 2004
Folch Albert *INTRODUCTION TO BIOMEMS*, CRC Press, 2013
Tabeling Patrick *INTRODUCTION À LA MICROFLUIDIQUE*, Belin, 2003

Contrôle des connaissances

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



NOUVELLES TECHNOLOGIES DE L'INFORMATION ET DE LA COMMUNICATION

NEW TECHNOLOGIES OF INFORMATION AND COMMUNICATION

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

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

Objectifs de la formation

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

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

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

Programme

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

Compétences

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

Travail en autonomie

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

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

Bibliographie

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

Contrôle des connaissances

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



OUVRAGES DE PRODUCTION D'ENERGIE

CONSTRUCTION OF ENERGY PRODUCTION

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

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

Objectifs de la formation

- Connaître les installations associées à la production d'énergie nucléaire, hydro-électrique et éolienne.
- Savoir appliquer les notions de base de conception et de sécurité

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

Programme

Ouvrages nucléaires

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

Compétences

- - Conception des aménagements - Evaluation de la Sécurité

Travail en autonomie

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

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

Bibliographie

Contrôle des connaissances

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



PHÉNOMÈNES COMPLEXES EN DYNAMIQUE DES STRUCTURES

COMPLEX PHENOMENA IN STRUCTURAL DYNAMICS

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

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

Objectifs de la formation

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

On se propose ici de donner des outils et d'aborder les méthodes classiques de l'ingénieur permettant d'introduire l'aléa et les non-linéarités dans les systèmes, et de décrire ainsi de manière plus réaliste le comportement des structures réelles et leur optimisation. Une attention particulière sera également accordée au processus de définition par l'ingénieur d'un modèle mathématique pertinent au regard des observations

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

Programme

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

Compétences

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

Travail en autonomie

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

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

Bibliographie

- A.H. Nayfeh and D.T. Mook, *NONLINEAR OSCILLATIONS*, John Wiley & Sons, 1979
A. Preumont *VIBRATIONS ALÉATOIRES ET ANALYSE SPECTRALE*, Presses Polytechniques Romandes, 1990
D.-J. Ewins *MODAL TESTING: THEORY, PRACTICE AND APPLICATION*, Study Press., 1984

Contrôle des connaissances

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



ENTREPRENEUR

ENTREPRENEURIAL COACHING

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

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

Objectifs de la formation

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

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

Programme

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

Compétences

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

Travail en autonomie

Objectifs : Travailler sur un projet de création d'entreprise

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

Bibliographie

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

Contrôle des connaissances

Contrôle continu sur avancement du projet



INTRAPRENEUR

BUSINESS DEVELOPMENT

Responsable(s): **Marie GOYON**

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

Objectifs de la formation

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

Le MOS est OUVERT A TOUS LES ELEVES.

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

Programme

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

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

Compétences

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

Travail en autonomie

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

Méthodes : Travail sur projet, coaching, terrain

Bibliographie

Contrôle des connaissances

Présentations orales et dossier



POLLUTION ATMOSPHÉRIQUE

ATMOSPHERIC POLLUTION

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

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

Objectifs de la formation

Mots-clés :

Programme

Compétences

Travail en autonomie

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

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

Bibliographie

Contrôle des connaissances



PROBLÈMES EN DOMAINES NON BORNÉS : ANALYSE MATHÉMATIQUE ET SIMULATION

PHYSICAL PROBLEMS IN UNBOUNDED MEDIA : MATHEMATICAL ANALYSIS AND NUMERICS

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

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

Objectifs de la formation

***** Cours fermé en 2022-2023 *****

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

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

Programme

Chapitre 1. Généralités pour les problèmes stationnaires et harmoniques.

Chapitre 2. Problèmes instationnaires

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

Compétences

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

Travail en autonomie

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

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

Bibliographie

J.-C. Nédélec, *ACOUSTIC AND ELECTROMAGNETIC EQUATIONS*, Springer, 2001
D. Givoli *NUMERICAL METHODS FOR PROBLEMS IN INFINITE DOMAINS*, Elsevier, 1992
L. Lehmann *WAVE PROPAGATION IN INFINITE DOMAINS*, Springer, 2007

Contrôle des connaissances

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



PROCÉDÉS GÉNÉRAUX DE CONSTRUCTION

TECHNIQUES FOR CONSTRUCTION

Responsable(s): **Eric VINCENS**

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

Objectifs de la formation

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

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

Programme

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

Compétences

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

Travail en autonomie

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

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

Bibliographie

Contrôle des connaissances

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



RESSOURCES, ÉNERGIE, CLIMAT, SOCIÉTÉS

RESSOURCES, ENERGY, CLIMATE, SOCIETIES

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

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

Objectifs de la formation

L'objectif de ce cours est de fournir les connaissances de base pour permettre aux élèves de comprendre 1) la distribution, disponibilité et exploitation des ressources naturelles, et l'impact de l'utilisation des ressources naturelles sur la biosphère et sur la qualité de vie; 2) une culture de base et des exemples d'outils et de méthodes sur les enjeux énergie & climat

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

Programme

Cours magistraux

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

Compétences

- Se familiariser avec les grandes classes de ressources naturelles et leur répartition sur terre
- Être conscient de l'impact de l'exploitation des ressources sur l'environnement et la société
- Acquérir une compréhension de base des liens entre l'exploitation des ressources et la croissance ou l'effondrement de la société.
- Se familiariser avec la complexité des solutions face aux enjeux climatiques et leur acceptation sociale et économique.

Travail en autonomie

Objectifs :

Méthodes :

Bibliographie

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

Contrôle des connaissances

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



STABILITÉ DES MACHINES TOURNANTES

STABILITY OF ROTATING MACHINES

Responsable(s): Laurent BLANC, Fabrice THOUVEREZ

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

Objectifs de la formation

Les machines tournantes comme les systèmes de propulsion (turboréacteurs...), de production d'énergie (éolienne, alternateur...) ou tout système nécessitant la mise en rotation d'un objet (pompe, gyroscope, centrifugeuse...) tiennent une place importante dans la vie quotidienne. Ces machines répondent aux équations de la dynamique et évoluent souvent dans un contexte multi-physique : interaction fluide structure, interaction mécatronique... Ce cours a donc pour objectif de fournir les éléments clés de modélisation de ce type de système en se concentrant sur les aspects stabilité. Ce point est en effet essentiel car beaucoup d'énergie est concentrée dans ces machines : leur stabilité est essentielle au bon fonctionnement et à la sécurité.

Mots-clés : Machine tournante, Stabilité, Vibration

Programme

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

Compétences

- Comprendre les spécificités de la dynamique des rotors
- Savoir mettre en équation un problème de machines tournantes
- Savoir analyser la dynamique et la stabilité d'une machine tournante
- Connaître les différents organes d'une machine tournante et leurs spécificités

Travail en autonomie

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

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

Bibliographie

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

Contrôle des connaissances

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



STRATÉGIE D'ENTREPRISE

STRATEGIC MANAGEMENT

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

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

Objectifs de la formation

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

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

Comprendre les leviers financiers de croissance

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

Programme

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

Compétences

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

Travail en autonomie

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

Méthodes : Travail de groupe sur les études de cas

Bibliographie

Frery F., *STRATÉGIQUE*, Pearson, 2014

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

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

Contrôle des connaissances

Etude de cas



SÛRETÉ DE FONCTIONNEMENT DES SYSTÈMES ET DES STRUCTURES

HEALTH MONITORING

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

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

Objectifs de la formation

Dans le domaine des transports et des grands ensembles technologiques une maintenance rigoureuse périodique ou en continu est indispensable. On décrira dans ce cours des méthodes de contrôle santé in-situ en continu, et les possibilités de déterminer les états de fonctionnement actuels et éventuellement la durée de vie restante ainsi que les méthodes pour adapter et accroître la durée de vie.

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

Programme

Les étapes de l'approche "Structural Health Monitoring"
Mesures et système de capteurs en monitoring de systèmes
Les composites dans l'aéronautique : application du SHM
Vers les matériaux intelligents
Les modèles de défauts et les modèles prévisionnels de défaillance

Compétences

- établir une méthodologie de surveillance
- identifier phénomènes d'endommagement
- analyser les résultats de mesures comparatifs

Travail en autonomie

Objectifs :

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

Bibliographie

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

Contrôle des connaissances

Test final écrit (savoir - coeff. 0,3)
Analyse documentaire et TP/BE (savoir faire - coeff. 0,6)
Travaux pratiques (méthodologie - coeff. 0,1)



VÉHICULES HYBRIDES : MODÉLISATION ET GESTION DE L'ÉNERGIE

HYBRID ELECTRIC VEHICLES : MODELLING AND ENERGY MANAGEMENT

Responsable(s): Arnaud BREARD

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

Objectifs de la formation

L'objectif de ce module est de présenter les véhicules électriques et hybrides ainsi que leurs composants. La modélisation, le dimensionnement et la gestion de l'énergie pour les véhicules hybrides et leurs composants sont étudiés. Douze heures sont consacrées à des BE pour développer des modèles et simuler des véhicules. Les sujets abordés couvrent le développement de modèle des véhicules électriques, la modélisation et la gestion de la Toyota Prius, l'optimisation de la gestion de l'énergie des véhicules hybrides série.

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

Programme

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

- 1) Les véhicules à motorisation hybride : généralités, définitions, classification et modélisation systémiques.
- 2) Les batteries pour les véhicules électriques et hybrides : introduction, modélisation, utilisation, dimensionnement, sécurité et vieillissement.
- 3) Les moteurs thermiques et électriques : présentation générale, les différents moteurs électriques et leurs commandes, les différents moteurs thermiques, les normes anti-pollution, application sur véhicules électriques et thermiques.
- 4) La gestion d'énergie dans les véhicules hybrides : définition, optimisation, application

Compétences

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

Travail en autonomie

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

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

Bibliographie

Lino Guzzella, Antonio Sciarretta, *VEHICLE PROPULSION SYSTEMS - INTRODUCTION TO MODELING AND OPTIMIZATION.*, Springer, 2013
Chris Mi, M. Abul Masrur, David Wenzhong Gao *HYBRID ELECTRIC VEHICLES: PRINCIPLES AND APPLICATIONS WITH PRACTICAL PERSPECTIVES.*, Wiley, 2011

Contrôle des connaissances

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



VISUALISATION INTERACTIVE DE DONNÉES

INTERACTIVE DATA VISUALIZATION

Responsable(s): Romain VUILLEMOT

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

Objectifs de la formation

Ce cours a pour objectif de présenter les outils et méthodes situées aux extrémités de la chaîne de traitement des Big Data: explorer visuellement des données avant de les modéliser, communication visuellement des résultats d'analyse. Cette étape est cruciale aussi bien pour les analystes de données, mais aussi pour les décideurs qui doivent comprendre des résultats complexes sans être experts, au moyen d'interfaces graphiques intuitives et de tableaux de bords.

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

Programme

- Introduction à la visualisation de données;
- Principes d'encodages visuels, perception, principes cognitifs et design;
- Typologie des graphiques, techniques d'interaction et d'animation;
- Études de cas, prototypage papier;
- Aspects algorithmiques et architectures logicielles de la visualisation;
- Cas d'études et utilisation d'outils de référence de l'industrie (Tableau, Raw, Google Fusion Table);
- Initiation et JavaScript avancé;
- Projet web de visualisation.

Compétences

Travail en autonomie

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

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

Bibliographie

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

Contrôle des connaissances

Examen écrit et projet web (+ soutenance)