

Acoustique – Licence 3^{ème} année

UNIVERSITE PIERRE ET MARIE CURIE

Volumes horaires globaux : 10h de cours, 10h de travaux dirigés et 12h de travaux pratiques

Objectifs de l'unité d'enseignement : L'objectif de cet enseignement est de présenter les bases de l'acoustique linéaire dans les fluides et d'en illustrer quelques phénomènes.

Contenu de l'unité d'enseignement :

Propagation dans les fluides parfaits :

- Etablissement des équations ;
- Ondes planes et sphériques ;
- Intensité acoustique et niveaux acoustiques ;
- Effet Doppler.

Réflexion / réfraction des ondes.

Etude des sons :

- Physiologie de l'oreille ;
- Représentation des sons dans les domaines temporel et spectral ;
- Numérisation.

TP numériques (programmation Matlab®) : synthèse de signaux sonores, représentation des sons, filtrage...

PRÉ-REQUIS : Notions élémentaires de mécanique des milieux continus ou de mécanique des fluides.

Références bibliographiques :

Fischetti : Initiation à l'acoustique, Belin

J. Jouhaneau : Notions élémentaires d'acoustique - Electroacoustique, Lavoisier

Potel & M. Bruneau : Acoustique générale, Ellipses

P. Guillaume : Musique et acoustique, Lavoisier

Compétences développées dans l'unité :

- Analyser et modéliser des phénomènes acoustiques simples et identifier les ondes correspondant à la situation.
- Ecrire des programmes Matlab® de génération et d'analyse de signaux sonores.

Energie et Environnement – Licence 2^{ème} année

UNIVERSITE PIERRE ET MARIE CURIE

Volumes horaires globaux : 20h de cours, 32h de travaux dirigés et 8h de travaux pratiques

Objectifs de l'unité d'enseignement : Sans énergie abondante et peu onéreuse, le niveau de vie en Europe au sens large (éducation, santé, alimentation, espérance de vie, protection sociale, loisirs) serait très inférieur à ce qu'il est aujourd'hui. Or, l'utilisation croissante et intensive de l'énergie fossile depuis plus de cent cinquante ans, aujourd'hui encore accélérée par la forte croissance démographique mondiale et l'élévation significative du niveau de vie dans les pays émergents, conduit à envisager l'épuisement des sources les plus faciles d'accès d'ici une à deux générations. Au péril économique s'ajoute le péril environnemental lié à l'augmentation de la concentration des gaz à effet de serre due, entre autres, à l'emploi des combustibles fossiles, dont les conséquences pourraient être considérables pour le climat, l'agriculture, la santé, etc. Il est donc urgent de changer de mode de production et de consommation de l'énergie. Les énergies renouvelables sont susceptibles de répondre à une partie de la demande énergétique en Europe, dans un contexte d'économie et de gestion intelligente de l'énergie.

Les objectifs que fixe l'UE sont destinés à introduire ces problématiques et à mieux cerner les réponses à apporter aux défis mêlant simultanément enjeux énergétiques et environnementaux :

Reprendre les notions de base de thermodynamique et de transferts d'énergie pour les appliquer à des questions liées aux préoccupations environnementales.

Recenser les besoins énergétiques actuels et potentiels dans le monde, les différentes sources d'énergie, décrire et comprendre les performances de chaque source.

Étudier le dimensionnement de différentes installations (solaires, système géothermal, centrale nucléaire...). Evaluer leur impact sur l'environnement.

Appréhender la physique des transferts de chaleur pour modéliser au premier ordre leur implication dans des phénomènes vitaux tel que l'effet de serre.

Comprendre les limitations inhérentes aux modèles proposés.

Contenu de l'unité d'enseignement :

- Rappels sur le concept d'énergie (définitions – rappels sur l'énergie – unités – équivalences – ordres de grandeur – conservation de l'énergie totale / dégradation de la qualité de l'énergie).
- Présentation des besoins énergétiques et potentiels dans le monde : consommation, panorama des sources d'énergie, implications et prévisions.
- Analyse de 3 chaînes de conversion d'énergies : 1) mécanique vers électrique (exemple de l'éolienne) ; 2) thermique vers mécanique puis électrique (exemple de la géothermie) ; 3) solaire vers électrique (exemple du photovoltaïque). Fondements physiques – avantages – inconvénients – cycle de vie – ordres de grandeur – étude de cas – efficacités globales et rendements de transformation
- Introduction à la physique des transferts thermiques. Applications aux transferts dans le domaine de l'énergétique.
- Thermodynamique et environnement : effet de serre, le climat comme machine thermique.
- Travaux pratiques : 2 TP parmi les 3 installations suivantes : chambre de combustion industrielle (énergie primaire), mini-centrale hydroélectrique, mini-centrale photovoltaïque

Pré-requis : « Eléments de Thermodynamique et Thermique » (LA200) du 1^{er} semestre

Références bibliographiques :

J.-P. Perez, "Thermodynamique, fondements et applications", Ed. Masson.

Y.A. Cengel et M.A. Bones, "Thermodynamics, an engineering approach", Ed. MacGraw-Hill College

F. Meunier, "Domestiquer l'effet de serre : énergies et développement durable", Ed. Dunod

Compétences développées dans l'unité :

- Formaliser la démarche de résolution d'un problème thermodynamique
- Quantifier et qualifier (notion de dégradation d'énergie) des bilans énergétiques
- Développer un sens critique sur les notions de gestion de l'énergie

Eoliennes, hydroliennes et turbomachines – Licence 3^{ème} année

UNIVERSITE PIERRE ET MARIE CURIE

Volumes horaires globaux : 10h de cours, 10h de travaux dirigés et 10h de projet

Objectifs de l'unité d'enseignement : Cette UE a comme objectif de donner aux étudiants les principes du fonctionnement des éoliennes et hydroliennes, sur la base de la dynamique des fluides des turbomachines.

Contenu de l'unité d'enseignement :

- Energie du vent, des courants marins et des marées. Développement des éoliennes.
- Théorie de volume de contrôle avec pertes et effets de mélange, approximations conduisant à la théorie de Betz.
- Méthode d'éléments d'aube (BEM) et applications à l'analyse du fonctionnement des éoliennes.

- Notions fondamentales d'aérodynamique des turbomachines : application à l'aérodynamique des éoliennes (repères absolu et relatif, puissance échangée entre le vent et le rotor, écoulements méridien et aube-à-aube, équilibre radial, modèles simplifiés d'écoulement à travers un rotor (S1-S2 ou disque actuateur), tourbillons d'extrémité, interaction avec le pylone).
- Caractéristiques statistiques du vent et application à l'estimation de production d'énergie.
- Problèmes de dimensionnement mécanique, interférences électromagnétiques, et notions de transformation, stockage et transmission de l'énergie électrique.
- Similitudes et différences des hydroliennes.
- Différentes conceptions classiques et exotiques.

Travaux pratiques : Mini-projet (avec suivi organisé en 3 séances de TP numériques) de conception avant-projet de différentes configurations, utilisant des logiciels spécifiques freeware avec interface graphique (<http://sourceforge.net/projects/aerodynamics/>).

Pré-requis : Bases de la Mécanique des Fluides acquises en S4 et en parallèle avec le module en S6.

Bibliographie :

- Gerolymos G.A., Vallet I. : Wind Turbine Aerodynamics (2016) in print
- Hansen M.O.L. : Aerodynamics of Wind Turbines (2008) Earthscan, London [UK]
- Burton T., Sharpe D., Jenkins N., Bossanyi E. : Wind Energy Handbook (2001) Wiley, Chichester [UK]
- Spera D.A.: Wind Turbine Technology (1994) ASME, New York [NY, USA]

Compétences développées dans l'unité : Introduction à l'énergie éolienne, application des connaissances en mécanique des fluides à un problème réel d'engineering et de CAO avant-projet.

Equations aux dérivées partielles de la mécanique 2 - Licence 3^{ème} année

UNIVERSITE PIERRE ET MARIE CURIE

Volumes horaires globaux : 26h de cours, 26h de travaux dirigés et 6h de travaux pratiques

Objectifs de l'unité d'enseignement : L'objectif de cet enseignement est d'étudier sur un plan mathématique les équations aux dérivées partielles qui régissent les problèmes classiques de la mécanique : équation de la chaleur, advection-convection-diffusion, ondes, élasticité statique et dynamique, Navier-Stokes. L'accent sera mis sur les formulations variationnelles des équations pour lesquelles on présentera des résultats d'existence et unicité des solutions, avec des applications sur des problèmes de la mécanique, en dimension 1 d'espace. Sur ces bases, la notion de solution approchée sera abordée et des méthodes d'approximation numérique seront introduites.

Contenu de l'unité d'enseignement :

- Cadre fonctionnel : espaces de Sobolev en dimension $n=1,2,3$. Notions de dérivée faible et de trace.
- Formulation variationnelle des problèmes aux limites elliptiques. Exemple type : conduction de la chaleur stationnaire, Théorème de Lax-Milgram. Conditions aux limites de type Dirichlet, Neumann et Robin (ou Fourier).
- Approximation variationnelle : solutions approchées, estimation d'erreur, principe de la méthode des éléments finis.

Pré-requis : Fonctions de plusieurs variables - Intégrales multiples - Eléments de topologie : convergence de fonctions, espaces de Hilbert, applications linéaires et continues

Références bibliographiques :

Haim Brezis, Analyse fonctionnelle, Masson 1983

P.A.Raviart et J.M. Thomas, Introduction à l'analyse numérique des équations aux dérivées partielles, Masson 1992

G. Allaire, Analyse numérique et optimisation, Edition Ecole Polytechnique, 2005

Compétences développées dans l'unité :

- Analyser un problème mathématique modélisant un problème de mécanique des milieux continus et vérifier s'il est bien posé.
- Etablir, par des raisonnements mathématiques dans un cadre abstrait, une formulation équivalente (faible), permettant de construire ensuite des solutions approchées.

Équilibre, stabilité et vibrations – Licence 3^{ème} année

UNIVERSITE PIERRE ET MARIE CURIE

Volumes horaires globaux : 26h de cours, 26h de travaux dirigés et 6h de travaux pratiques

Objectifs de l'unité d'enseignement : L'objectif de ce cours est double avec d'une part une sensibilisation aux notions d'équilibre et de stabilité de structures et d'autre part une introduction à la dynamique de systèmes discrets.

Les concepts de stabilité et d'équilibre sont d'une importance pratique fondamentale. Ils permettent de déterminer si une position d'équilibre perdurera sous l'effet de perturbations, tant dans une optique de dimensionnement que de contrôle d'une structure mécanique. La première partie du cours est consacrée à l'étude de l'équilibre et de stabilité de systèmes non linéaires à un 1 et n degrés de liberté.

La dynamique des systèmes mécaniques s'intéresse à des phénomènes variant au cours du temps dont on cherche à prédire l'évolution. La seconde partie du cours concerne l'étude des vibrations de systèmes de solides rigides amortis et non amortis à 1 et n degré de liberté. Des classes de solutions typiques sont dégagées et des méthodes générales de résolution applicables à des problèmes simples de dynamiques des structures sont présentées. Une ouverture sur les vibrations de milieux continus est faite en fin de cours en lien avec le module de mécanique des milieux continus.

Contenu de l'unité d'enseignement :

Partie équilibre et stabilité :

Degrés de liaison, degrés de libertés, paramétrages d'assemblages de corps rigides

Charges mortes, charges conservatives, travail et énergie potentielle

Equilibre et stabilité de systèmes non linéaires à un 1 degré de liberté

Branches d'équilibre, points de bifurcation, points limites et échanges de stabilité

Equilibre et stabilité de systèmes non linéaires à n degré de liberté

Petits mouvements autour d'une position d'équilibre et rôle de la stabilité

Partie vibration :

Vibrations linéaires des systèmes amortis à 1 degré de liberté

Vibrations libres et forcées sous excitations quelconques

Modélisation, Réponse en fréquence, résonance

Vibrations linéaires des systèmes conservatifs à n degrés de liberté

Modélisation, Vibrations libres et modes propres

Introduction aux vibrations des milieux continus

Travaux Pratiques expérimentaux

Modèle de bâtiment

Systèmes masse ressort

Étude de cordes vibrantes

Modèle de suspension

Pré-requis : Dynamique du solide des corps rigides - Fonctions à plusieurs variables - Systèmes différentiels

Références bibliographiques :

Michel del Pedro, Pierre Pahud, Mécanique Vibratoire, Systèmes discrets linéaires, Editeur : PPUD, 2009.

Georges Venizelos Vibrations des structures, Ellipse, 2011.

Nguyen Quoc Son, Stabilité des structures élastiques, Springer, 1995.

M. S. El Naschie ,Stress, stability and chaos in structural engineering : an energy approach, McGraw-Hill,1990.

E. Delangre, A. Chaigne, Dynamique et Vibrations, Edition de l'Ecole Polytechnique, Ellipse, 2008.

Compétences développées dans l'unité :

- Savoir formuler des problèmes simples de dynamique des solides et les résoudre.
- Savoir étudier des équilibres simples de systèmes mécaniques, analyser des phénomènes de stabilité.

Hydrodynamique, aérodynamique et mécanique du vol – Licence 2^{ème} année

UNIVERSITE PIERRE ET MARIE CURIE

Volumes horaires globaux : 24h de cours, 24h de travaux dirigés et 12h de projet

Objectifs de l'unité d'enseignement : L'enseignement optionnel proposé ici a pour objectif de mettre en application les connaissances vues en tronc commun dans l'UE « Statique et Dynamique des fluides ». Afin d'illustrer les lois de la mécanique des fluides, nous nous baserons sur des exemples pris dans les domaines appliqués de l'hydrodynamique navale et de l'aérodynamique. Les notions de la mécanique du vol seront aussi abordées. Les cours et les travaux dirigés seront suivis d'un projet dans lequel les étudiants devront mettre en pratique les notions acquises et être capables de répondre, dans une approche ingénierie, à des questions simples de conception (avion, voiture, voilier) que l'on se pose chaque fois qu'un corps solide se déplace dans un fluide afin de déterminer les formes optimales à donner au véhicule.

Contenu de l'unité d'enseignement :

- Hydrodynamique navale : flottabilité et stabilité des navires.
- Physique du voilier : bilan des forces, portance, traînée, polaire.
- Propulsion navale : application du théorème des efforts globaux.
- Analyse dimensionnelle et similitude, nombres sans dimension.
- Phénomène de circulation et de portance, effet Magnus, paradoxe de d'Alembert.
- Aérodynamique des profils d'ailes : analogie profil-tuyère, effets de la couche limite visqueuse, effet Coanda, condition de Kutta-Jukowski, décrochage, effets tridimensionnels, hyper-sustentation
- Application à l'aéronautique et la mécanique du vol (avions légers, hélicoptères...) : variations du facteur de charge, régimes du vol, performances

Travaux pratiques :

- TP (4 h) : Manipulation du logiciel XFOIL en vue de son utilisation dans le projet
- Projet (8 h) : Dimensionnement d'une voile, d'une maquette ou d'un prototype d'avion et de planeur. Analyse de l'aérodynamique de l'écoulement autour du profil, des régimes du vol et des performances.

Pré-requis : Analyse vectorielle et intégrales multiples

Références bibliographiques :

Le cours des Glénans (Chapitre : Quelques notions théoriques) – Seuil

R. GARRETT : The symmetry of Sailing - Sheridan House

P. REBUFFET : Aérodynamique expérimentale - Béranger Dunod

S. BONNET, J. VERRIERES : Mécanique du vol de l'avion léger - Cepadues

Compétences développées dans l'unité : Approfondissement des lois de la mécanique des fluides (du parfait au visqueux). Maîtrise de nouveaux outils pour la résolution de problèmes utilisant l'analyse dimensionnelle et la similitude. Exploration de nouveaux domaines tels que l'hydrodynamique navale, l'aérodynamique des voiles et des avions.

Interactions Fluide-Structure – Licence 2^{ème} année

UNIVERSITE PIERRE ET MARIE CURIE

Volumes horaires globaux : 20h de cours, 24h de travaux dirigés et 16h de projet

Objectifs de l'unité d'enseignement : Cet enseignement constitue une introduction à la modélisation du mouvement couplé de corps solides en immersion dans un fluide. L'application conjointe des lois en mécanique des solides rigides et mécanique des fluides permet alors de prédire le comportement de la structure sous l'influence de l'écoulement et de mettre en évidence des phénomènes instables potentiellement dangereux pour l'intégrité du système. Ce cours s'appuiera sur de nombreuses illustrations d'interactions fluide-structure (IFS) en mécanique et notamment dans les domaines du génie civil, génie nucléaire, de l'aéronautique et du génie biomécanique.

Contenu de l'unité d'enseignement :

- Sciences de l'ingénieur et interactions fluide-structure : Exemples de problématiques en génie civil, génie maritime, génie biomédical, transports, énergétique.
- Analyse dimensionnelle : Paramètres sans dimension en IFS, similitude, théorème de Vaschy-Buckingham. Applications : barrage élastique, tablier de pont, navire, aéronef.
- Caractérisation d'instabilités statiques : modèles masse-ressort, équations d'équilibre statique de solides rigides en présence d'un écoulement. Applications en aéronautique (déformée d'une aile d'avion) et en biomécanique.
- Instabilités dynamiques à un seul degré de liberté : Oscillateur harmonique, accrochage de la fréquence de résonance. Illustrations : vibrations induites par un tourbillon, ballotement d'un liquide dans un réservoir.
- Flottement par couplage de modes : modélisation de la dynamique de corps rigides soumis à un écoulement, équations de Lagrange, étude d'instabilités fluide-structure dynamiques : Application au flottement d'un tablier de pont ou d'une aile d'avion, étude de l'instabilité du « tuyau ».

Travaux pratiques :

- TP (8 h) : Mise en œuvre d'un modèle numérique sous Matlab pour le calcul de la réponse d'un système solide-fluide de type masse-ressort.
- Projet (8 h) : Applications au dimensionnement et à l'analyse des mécanismes d'interactions fluide-structure d'un ouvrage d'art ou d'une aile d'avion.

Pré-requis : Statique du solide, Principe fondamental de la statique du solide. Notions de Statique et dynamique des fluides.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

P. HEMON, Vibrations des structures couplées avec le vent, Les éditions de l'Ecole Polytechnique, 2006

E. DE LANGRE, Fluides et Solides, Les éditions de l'Ecole Polytechnique, 2001

Compétences développées dans l'unité : Approfondissement des lois de la statique et dynamique des solides indéformables. Modélisation et résolution mathématique de problèmes couplés solide-fluides, illustrations dans de nombreux domaines de la mécanique.

Matériaux et structures du génie civil – Licence 3^{ème} année

UNIVERSITE PIERRE ET MARIE CURIE

Volumes horaires globaux : 14h de cours et 16h de travaux dirigés

Objectifs de l'unité d'enseignement : L'objectif de cette unité est de faire découvrir aux étudiants des applications pratiques de la mécanique des solides dans le domaine des matériaux et des structures du génie civil. Les intervenants sont des professionnels du domaine, ingénieurs de recherche à l'IFSTTAR, Institut Français des Sciences et Technologies des Transports, de l'Aménagement et de Réseaux.

Contenu de l'unité d'enseignement :

- Formulation du béton (Thierry Chaussadent) - 4h
- Comportement mécanique du béton, des armatures en acier et principes de fonctionnement du béton armé (Approche Matériaux : Marc Quiertant) – 4h partie 1/2.
- Comportement mécanique du béton, des armatures en acier et principes de fonctionnement du béton armé (Approche Matériaux : Marc Quiertant) – 4h partie 2/2.
- Pathologies courantes des bétons (Othman Omikrine Metalsi) - 4h.
- Béton Armé calcul de structure partie 1/4 (Marc Quiertant – 3h)
- Béton Armé calcul de structure partie 2/4 (Marc Quiertant – 3h)
- Mécanique des sols et des roches (Sahar Hemmati) 2h.
- Maçonnerie (Jean-Francois Seignol) 2h.
- Aciers pour la construction, dont câbles (Dominique Siegert) 2h.
- Bois de construction (Cyril Douthe) 2h.

Pré-requis : Bases en mécanique des milieux déformables (MMC -3A004) et calculs de structures élastiques ou résistance des matériaux.

Mécanique des fluides – Licence 3^{ème} année

UNIVERSITE PIERRE ET MARIE CURIE

Volumes horaires globaux : 26h de cours, 26h de travaux dirigés et 6h de travaux pratiques

Objectifs de l'unité d'enseignement : Cet enseignement est dans la continuité de l'enseignement de Mécanique des Milieux Continus (MMC) du S5, sur lequel il s'appuie. Il vise à étendre et appliquer les connaissances acquises en MMC à l'étude plus particulière des écoulements de fluides. L'objectif est de donner aux étudiants des bases solides sur les lois de conservation générales applicables à l'étude des écoulements de fluides. Le contexte est volontairement limité aux écoulements monophasiques d'une substance pure, et étudie les différentes approximations rencontrées (incompressible, anélastique, compressible).

Contenu de l'unité d'enseignement :

Introduction à la mécanique des fluides (exemples d'applications, problèmes rencontrés). Lois de conservation (masse, quantité de mouvement, énergie) et de comportement (viscosité et conductivité thermique). Equations de Transport Dérivées (énergie cinétique, température statique, entropie – Lois intégrales de conservation (poussée, traînée, moment). Vitesse du son et nombre de Mach.

Ecoulements incompressibles : Simplification des Equations de Navier-Stokes - Equation de la température en écoulements incompressibles et approximation anélastique– Exemples de Solutions Exactes – Similitude (Nombres de Reynolds, Strouhal, Froude, ...) - Couche limite sur plaque plane (Approximation de Prandtl, solution de Blasius, épaisseurs intégrales et leur relation au coefficient de frottement)

Ecoulements compressibles : Rappels de thermodynamique et hypothèse d'équilibre local - Grandeurs thermodynamiques statiques et totales - Echauffement aérodynamique - Exemples de Solutions Exactes (Couette compressible, structure interne d'une onde-de-choc) – Ecoulements compressibles quasi-1D

Pré-requis : Bases de la Mécanique des Milieux Continus, 3A004

Références bibliographiques :

S. Candel : Dynamique des Fluides (1990) Masson, Paris

Compétences développées dans l'unité :

- Connaissances des lois et des équations générales de la mécanique des fluides ; lien avec les connaissances acquises en MMC ;
- Notions de similitude ; opérateurs (div, grad, rot) et notation indicielle

Programmation pour le calcul scientifique - Licence 2^{ème} année

UNIVERSITE PIERRE ET MARIE CURIE

Volumes horaires globaux : 20h de cours, 20h de travaux dirigés, 10h de travaux pratiques 10h projet.

Objectifs de l'unité d'enseignement : Le but de cette UE est de donner aux étudiants de deuxième année de Licence de Mécanique les bases de la programmation en langage Fortran 2003 ou en langage C, dans un environnement de type Unix (Linux), et de les préparer pour les UE de méthodes numériques et de calcul scientifique dispensées en troisième année de Licence de Mécanique et en Master. Le Fortran et le langage C sont des langages compilés très répandus dans le domaine du calcul scientifique et se doivent d'être maîtrisés par toute personne confrontée à la simulation numérique sur ordinateur. L'objectif de cette UE est l'acquisition des principes de base de la programmation impérative via la connaissance d'un de ces langages. Ceci s'accompagne d'une mise en œuvre pratique dans un environnement Linux et de la réalisation d'un projet numérique sur un sujet en lien avec la mécanique.

Contenu de l'unité d'enseignement : Les cours magistraux exposent les notions essentielles de programmation impérative et la syntaxe du langage, illustrées par de nombreux exemples. Les travaux dirigés s'attachent à développer chez l'étudiant la capacité à élaborer un algorithme et à le transcrire en langage de programmation. Les travaux pratiques le familiarisent avec leur mise en œuvre informatique. Enfin, un projet encadré individuel ou en binôme vise à développer l'autonomie et à compléter les connaissances en confrontant l'étudiant à la conception et à l'écriture d'un code numérique. A l'issue de l'UE, une bonne maîtrise de la programmation en langage Fortran ou C devrait être acquise. Points abordés : Connaissances de base sur Unix. Connaissances de base en programmation impérative (édition, compilation, structure d'un programme, variables, types, opérateurs). Tests, boucles. Tableaux. Pointeurs (langage C seulement). Gestion dynamique de la mémoire. Entrées-sorties. Procédures (fonctions...). Types dérivés/structures. Modularité et gestion de projet. Algorithmique (recherche, tri...).

Références bibliographiques :

Programmer en Fortran 90, guide complet. C. Delannoy, Eyrolles, 2008.

Cours IDRIS Fortran en ligne et sur l'apport de la norme 2003

Le langage C : norme ANSI. B.W. Kernighan, D.M. Richie, 2000

Programmer en langage C, cours et exercices corrigés. C. Delannoy, Eyrolles, 2002.

Cours IDRIS C en ligne

Signaux et contrôle de systèmes – Licence 3^{ème} année

UNIVERSITE PIERRE ET MARIE CURIE

Volumes horaires globaux : 14h de cours, 10h de travaux dirigés et 6h de travaux pratiques

Objectifs de l'unité d'enseignement : Cette UE a pour objectif de présenter les outils élémentaires de modélisation et d'analyse des signaux et systèmes linéaires à temps continu, qui seront en particulier appliqués à la commande automatique de systèmes simples. Il s'agit d'une part d'introduire les représentations temporelle et fréquentielle des signaux périodiques et non périodique ainsi que les

outils associés (série et transformée de Fourier). Sur cette base, cette UE introduit d'autre part la modélisation des systèmes linéaires (relations entrée/sortie dans les domaines temporel et fréquentiel) appliquée à des systèmes mécaniques simples. Parmi les nombreuses applications possibles, la commande linéaire de ces systèmes est présentée, à travers des illustrations applicatives acoustiques (traitement du signal audio), électro-mécaniques (moteur à courant continu) ou électronique (régulation de tension). Cette UE fournit par ailleurs une ouverture sur le tronc commun du Master SDI (UE commune électronique/mécanique de traitement numérique du signal) transverse à ses spécialités.

Contenu de l'unité d'enseignement :

Introduction

- Notion de signal et système
- Classification des signaux et signaux élémentaires

Etude et analyse des signaux à temps continu

- Etude des signaux périodiques (série de Fourier, théorème de Parseval)
- Etude des signaux non périodiques (transformée de Fourier)

Etude et Analyse des systèmes linéaires à temps continu

- Définitions et hypothèses
- Description des systèmes dans le domaine temporel (eq. différentielle, réponse impulsionnelle)
- Description des systèmes dans le domaine fréquentiel (réponse en fréquence, transformée de Laplace, fonction de transfert)
- Caractéristiques d'un système dans le domaine temporel (temps de réponse, de montée, dépassement)
- Caractéristiques d'un système dans le domaine fréquentiel (bande passante, résonance, diagramme de Bode)

Initiation à l'automatique linéaire à temps continu

- Principe de la boucle fermée et modélisation
- Etude de la stabilité (critère de Routh, marges de stabilité)
- Notions de précision, rejet de perturbation
- Correction élémentaire

Pré-requis : Mathématique pour l'ingénieur.

Bibliographie :

« Automatique, systèmes linéaires, non linéaires, à temps continu, à temps discret », Y. Granjon, Dunod 2003

Compétences développées dans l'unité : A l'issue de cette UE, les étudiants seront capables d'étudier les propriétés temporelles et fréquentielles de signaux et systèmes à temps continu.

Statique et dynamique des solides indéformables – Licence 2^{ème} année

UNIVERSITE PIERRE ET MARIE CURIE

Volumes horaires globaux : 26h de cours et 28h de travaux dirigés

Objectifs de l'unité d'enseignement : Étudier la statique des systèmes de solides. Prolonger les notions vues en statique, sous l'angle de la dynamique. Décrire le mouvement d'un solide rigide. Initier une vue d'ensemble des différentes formes : d'inertie (inertie de rotation du solide et conservation du moment cinétique) ; d'énergie (théorèmes énergétiques). Introduire de nouvelles actions mécaniques dues au mouvement. Visualiser et comprendre les phénomènes physiques à l'aide d'expériences de démonstration.

Contenu de l'unité d'enseignement :

- Cinématique du solide rigide : notion de torseur cinématique.
- Statique des systèmes de solides. Torseurs d'action.
- Cinétique du solide rigide : moment d'inertie, torseur cinétique.
- Dynamique du solide rigide : torseur dynamique, principe fondamental de la dynamique d'un système matériel en repère galiléen et non galiléen.
- Théorème de l'énergie cinétique pour un système de solides rigides, puissance des efforts de liaison.
- Équations de mouvements et linéarisation. Analyse des solutions.

Références bibliographiques :

Y. Berthaud, C. Baron, F. Bouchelaghem, J.L. Le Carrou, B. Daunay, É. Sultan, Mini manuel de mécanique des solides, Dunod, 2009.

Compétences développées dans l'unité :

- Analyse d'un problème de statique et de dynamique des solides.
- Écriture des équations de mouvement et détermination des inconnues efforts.

Statique et Dynamique des fluides – Licence 2^{ème} année

UNIVERSITE PIERRE ET MARIE CURIE

Volumes horaires globaux : 26h de cours, 26h de travaux dirigés et 8h de travaux pratiques

Objectifs de l'unité d'enseignement :

- Introduire la notion de pression, les efforts exercés par un fluide au repos.
- Décrire le mouvement d'un fluide.
- Introduire de nouvelles actions mécaniques dues au mouvement (forces de viscosité).
- Initier une vue d'ensemble des différentes formes d'inertie (forces d'inertie dans un écoulement de fluide et conservation de la quantité de mouvement) et d'énergie (et des théorèmes énergétiques).
- Visualiser et comprendre les phénomènes physiques à l'aide d'expériences de démonstration.

Contenu de l'unité d'enseignement :

- Statique des fluides : notions de pression, loi fondamentale de la statique des fluides, théorème d'Archimède.
- Cinématique d'un milieu déformable : description Lagrangienne et Eulérienne du mouvement, dérivée particulaire, trajectoires, lignes de courant.
- Dynamique des fluides parfaits : équation d'Euler, théorème de Bernoulli et applications (tube de Venturi, Formule de Torricelli, tube de Pitot), phénomène de circulation et de portance.
- Dynamique du fluide visqueux et incompressible : notion de viscosité, loi de Newton pour la viscosité, application à des écoulements simples (entraînement par une paroi mobile), nombre de Reynolds.

Références bibliographiques :

Guyon, Hulin, Petit, Hydrodynamique physique, CNRS éditions, 2001.

Guyon, Hulin, Petit, Ce que disent les fluides : la science des écoulements en images", Belin, 2005

Ryhming, Dynamique des fluides : Un cours de base du deuxième cycle universitaire, Presses Polytechniques et Universitaires Romandes - PPUR, 2004.

Acheson, Elementary Fluid Dynamics, Oxford University Press, 1990.

Carlier, Hydraulique générale et appliquée, Eyrolles, 1998.

Germain et Muller, Mécanique des milieux Continus, Masson, 1993

Compétences développées dans l'unité :

L'ambition de cette UE est de développer les compétences de base de la mécanique des fluides aussi bien au niveau du formalisme que des outils mathématiques. Il s'agira aussi de comprendre les notions

d'ordre de grandeur et d'approximation à travers l'exemple des fluides parfaits et des fluides visqueux newtoniens ; l'étudiant devra savoir comment choisir un modèle ou l'autre et le justifier.

Structures élastiques – Licence 3^{ème} année

UNIVERSITE PIERRE ET MARIE CURIE

Volumes horaires globaux : 24h de cours, 30h de travaux dirigés et 6h de travaux pratiques

Objectifs de l'unité d'enseignement : L'objectif de cette unité est de compléter et d'approfondir les concepts de bases de mécanique des milieux continus pour des milieux solides déformables. Dans une première partie, les méthodes de résolution de problèmes d'élasticité linéaire tridimensionnels par approches en déplacement et en contrainte seront formalisées, puis illustrées sur des problèmes classiques : traction, torsion, flexion. Les approximations de déformations et contraintes planes seront également détaillées.

La seconde partie de l'unité est consacrée à la modélisation des milieux curvilignes de type poutres et treillis. Les hypothèses géométriques sont tout d'abord formulées, la modélisation des efforts de cohésion est introduite et les équations de statique des poutres sont établies. La cinématique des poutres et les lois de comportement en théorie naturelle et de Bernoulli sont ensuite décrites. Enfin, les méthodes énergétiques sont présentées et appliquées au calcul de structures hyperstatiques.

Contenu de l'unité d'enseignement :

Partie 1 : Elasticité tridimensionnelle – méthodes de résolutions et problèmes classiques

Formulation et méthodes de résolution de problèmes d'élasticité linéarisés tridimensionnels: approche en déplacement, contraintes

Approximation contrainte et déformation planes

Résolution et analyse des problèmes classiques de traction, flexion, torsion

Partie 2 : Milieux curvilignes – Théorie des poutres

Statique des Poutres : Modèle géométrique, modélisation des efforts extérieurs et intérieurs, équations locales d'équilibre

Cinématique des poutres et Lois de comportement : Cinématique, déformation, Théorie naturelle (Timoshenko) - Hypothèse de Bernoulli, Relations de comportement, contraintes

Méthodes d'énergétique - Structures hyperstatiques : Energie de déformation élastique, théorème de Castigliano et application au calcul de déplacements, Théorème de Ménabréa et applications aux structures hyperstatiques

Travaux pratiques expérimentaux

Mesure de déformations,

Flexion de poutre

Cylindre sous pression.

Pré-requis : Bases de Mécanique des Milieux Continus indispensable. Analyse vectorielle et tensorielle.

Références bibliographiques :

G. Duvaut, Mécanique des Milieux Continus, Dunod 1990,

H. Dumontet, et al. , Exercices corrigés de mécanique des milieux continus, Dunod 1998.

J. Salençon, Mécanique des milieux Continus, Tomes 2 et 3, Edition Ecole Polytechnique, 2005.

S.P. Timoshenko, Résistance des matériaux, Tomes 1 et 2. Dunod, Paris, 1990.

Compétences développées dans l'unité :

- Savoir modéliser des problèmes simples d'équilibre de structures et poutres élastiques linéaires
- Savoir mettre en place une méthode de résolution de ces problèmes
- Capacité à analyser les solutions de ces problèmes

- Connaître les limites des modélisations proposées et la qualité des solutions approchées construites.

Thermodynamique et thermique – Licence 3^{ème} année

UNIVERSITE PIERRE ET MARIE CURIE

Volumes horaires globaux : 26h de cours, 26h de travaux dirigés et 6h de travaux pratiques

Objectifs de l'unité d'enseignement : Le premier volet de cette UE vise à consolider les connaissances de thermodynamique acquises en L2. A ces fins, le concept d'énergie et des propriétés internes des fluides (passage micro, macro, changement de phase...) sera développé. Les méthodes d'analyse, de comportement et d'évolution de systèmes en équilibres et réels seront développées. Le premier principe et le deuxième principe de la thermodynamique seront généralisés à un système quelconque (gaz, solution, solide, milieu paramagnétique) et à des systèmes ouverts et aux mélanges à espèces multiples. Diagrammes (p,v), (p,T), (h,s), (T,s), etc. Le second objectif du cours est de montrer le passage de concepts théoriques aux modèles utilisables par les ingénieurs en particulier via des exercices balayant une gamme d'applications la plus large possible (échangeurs, compresseurs, turbines, liquéfacteurs, moteurs à combustion interne, machines frigorifiques, turbopropulseurs et turboréacteurs, centrales thermiques, systèmes poly générés, piles à combustible, etc.). Une attention particulière est accordée aux phénomènes liés aux changements de phases de corps purs ou de mélanges, et aux mélanges réactifs rencontrés dans multiples et diverses applications relevant du domaine de la thermochimie partie intégrante de l'énergétique (combustion, propulsion, plasma, etc.). Le deuxième volet de cette UE s'intéresse au domaine des échanges thermiques et, tout particulièrement, à l'étude de la diffusion de chaleur en régime transitoire. Ce volet, s'appuyant sur des notions de transfert thermique abordées au niveau L2, une introduction générale sur les différents modes de transferts de chaleur, les propriétés thermo-physiques mises en jeu ainsi que sur les principales lois d'échange thermique en régime stationnaire seront brièvement rappelées. En rajoutant la dimension « temps », des notions nouvelles telles que la diffusivité thermique et la constante de temps thermique, épaisseur de pénétration thermique sont introduites. L'équation de la chaleur en régime transitoire n'étant pas toujours facile à intégrer (suivant la complexité des conditions aux limites et initiales), des solutions exactes ou approchées sont obtenues en utilisant des méthodes mathématiques (théorie des solutions affines, séparation des variables, transformée de Laplace, etc.). Deux exemples de problèmes transitoires, représentant des cas simplifiés, seront abordés : le bloc isotherme ($T = T(t)$) et la conduction instationnaire unidirectionnelle (dans un mur semi-infini et dans un mur d'épaisseur finie). Chacun de ces problèmes sera illustré par un ou plusieurs exemples d'application (temps de réponse d'un thermocouple, estimation de l'âge de la terre à partir du modèle de Kelvin, variations de température nocturnes au niveau de la mer, échanges thermiques au travers de parois d'épaisseurs fines ou dans des ailettes, étude d'échangeurs, climatisation, centrale thermique, thermique de l'habitat, etc.).

Contenu de l'unité d'enseignement :

THERMODYNAMIQUE

1er et 2eme principes: bilan d'énergie, d'entropie et d'exergie. Transformations thermodynamiques d'un système, transferts d'énergie (énergie, travail, chaleur, masse), irréversibilités ; phénomènes irréversibles et production d'entropie.

Coefficients calorimétriques

Généralisation des fonctions thermodynamiques. Potentiels thermodynamiques U,F,G,H et équilibre.

Changement de phase - caractérisation d'un mélange. Equilibre d'un corps pur sous deux phases

Notions de mélanges

Energie et conversion de l'énergie, analyse de systèmes de conversion d'énergie (ordre de grandeur des énergies et puissances déployées, souplesse d'utilisation, intermittence de l'énergie disponible, nuisances...).

Machine de conversion d'énergie. Etudes des principaux cycles thermodynamiques (Rankine, Hirn, Brayton, Otto, Stirling, Diesel, Atkinson, machine frigorifique et de climatisation etc.).

Oxydo réduction et électro-chimie, équilibre des réactions d'oxydo réduction- application aux systèmes de stockage de l'énergie (pile à combustible).

Notion de potentiel chimique, pression osmotique d'équilibre directe et inverse. Thermodynamique chimique, équation de Gibbs généralisée, loi de déplacement d'équilibre, température adiabatique de combustion, notions de cinétique chimique.

THERMIQUE

Thermique instationnaire unidirectionnelle $T(x,t)$: Equation de la chaleur en régime transitoire. Diffusion de la chaleur, diffusivité thermique.

Modèle du bloc isotherme. Nombre de Biot, nombre de Fourier. Temps caractéristique de relaxation thermique, constante de temps thermique. Analogie électrique.

Milieu conducteur dans un liquide avec effets convectifs à la surface.

Applications : Chauffage par four Micro-onde. Refroidissement de laves volcaniques par rayonnement, convection et conduction. Fil électrique rayonnant.

Mur semi infini. Température uniforme imposée – Flux uniforme imposé.

Epaisseur de pénétration thermique. Solutions affines.

Applications : Réchauffement de l'eau d'un lac, âge de la formation de la terre, modèle de Kelvin, refroidissement d'une galerie dans une mine de sel

Milieu conducteur d'épaisseur finie

Mur d'épaisseur finie soumis à des conditions de température ou de flux sur ses deux faces

Méthode de séparation de variables : $T(x,t) = f(x) g(t)$

Variation totale d'entropie - Variation externe d'entropie - Production d'entropie

Solutions cylindriques ou sphériques de type exponentielles décroissantes : Source linéaire d'énergie, source ponctuelle d'énergie.

Applications : Explosion nucléaire en sous-sol, étincelle dans l'air

Résolution de l'équation de la chaleur par les méthodes utilisant la transformée de Laplace et la transformée de Fourier. Applications : Mur semi infini - Température de surface variant sinusoidalement

Pré-requis : Notions de base en thermodynamique générale, mécanique des fluides, transferts thermiques. Le cours ne revient plus sur des notions supposées connues de Licence 2.

Références bibliographiques :

M. J. Moran, H., N. Shapiro, "Fundamentals of Engineering Thermodynamics", 1999, 4th edition Wiley.

J.P. Perez « Thermodynamique, Fondements et applications », Enseignement de la physique, 2nd édition 1997, Masson.

Lucien Borel, Daniel Favrat, « Thermodynamique et énergétique - Volume 1, De l'énergie à l'exergie », édition revue et augmentée Editeur : PPUR

Lucien Borel, Daniel Favrat, Dinh Lan Nguyen, Magdi Batato, « Thermodynamique et énergétique - Tome 2, Problèmes résolus et exercices », édition revue et augmentée, Editeur : PPUR

Barney L. Capehart, Wayne C. Turner, William J. Kennedy, "Guide to energy management" Fifth Edition 2006 by The Fairmont Press

Smith, J.M., H.C. Van Ness, and M.M. Abbott, "Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics," 7th ed., McGraw-Hill, New York (2005).

Chen, W.Y., "Study Guide for Chemical Engineering Thermodynamics," University of Mississippi, revised, 2006.

F. Meunier, « Aide mémoire, Thermodynamique de l'Ingénieur, Energétique, environnement » 2004
Dunod

Hubert Lumbroso , « Thermodynamique » Ediscience

Franck P. Incropera, David P. De. Witt « Fundamentals of Heat and Mass Transfer » Ed John Wiley & Son 1990

J.F. Sacadura « Initiation aux Transferts Thermiques » Ed Technique et documentation Lavoisier 1980

Compétences développées dans l'unité : Ce cours doit être utilisé comme un socle de connaissances pour l'étudiant sur l'utilisation de l'énergie et sur la fourniture de nouvelles solutions énergétiques. Nous fournirons des exemples appliqués tout au long des chapitres afin d'établir des points de repère relatifs aux ordres de grandeurs, aux unités (puissance rendement, énergie, pression et température...).