

Analyse et simulations des mécanismes et structures – Licence 2^{ème} année

UNIVERSITE PIERRE ET MARIE CURIE

Volumes horaires globaux : 24h de cours et 36h de travaux dirigés / travaux pratiques

Objectifs de l'unité d'enseignement : Cet enseignement propose une introduction aux calculs et à la simulation des mécanismes et des structures tels qu'ils se pratiquent dans les bureaux d'études (industries mécaniques, robotiques...). Deux parties complémentaires sont proposées. L'une plus orientée sur la modélisation et le calcul cinématique, statique ou dynamique de systèmes industriels multi-corps présentant des cycles (chaînes cinématiques fermées de solides indéformables). L'autre plus orientée vers le calcul de structures formées de poutres curvilignes élastiques déformables (ossatures) et servant de bâtis ou d'architectures à la plupart des mécanismes ou produits industriels. L'objectif essentiel de cet enseignement est de donner aux étudiants, à l'aide de logiciels spécifiques de CAO, une bonne capacité de simulation et de résolution numérique de problèmes industriels. Une approche analytique de base est néanmoins donnée pour faciliter une interprétation correcte des résultats et pour permettre de vérifier que les problèmes numériques sont bien posés et cohérents.

Contenu de l'unité d'enseignement :

Partie modélisation et simulation des systèmes multi-corps (10h Cours – 20h TD/TP)

Rappels de cinématique et statique du corps rigide : Torseurs cinématiques et torseurs d'efforts – Cas des mouvements permis et des efforts transmissibles par les liaisons parfaites - Composition des mouvements - Vitesse de glissement et condition de roulement sans glissement - Principes fondamentaux – Cas particulier des mécanismes plans : centre Instantané de rotation, base et roulante.

Modélisation des mécanismes ou chaînes cinématiques : Schéma cinématique, graphe topologique, nombre cyclomatique - Mobilité générale et mobilité cinématique d'un mécanisme - Notion d'hyperstatisme - Relations cinématique et statique d'entrée-sortie d'un mécanisme.

Dynamique des systèmes linéaires périodiques : modes et fréquences propres

Applications industrielles à l'aide de logiciels : selon le parcours de licence dans laquelle l'UE est enseignée, de nombreuses applications seront traitées soit sur MSC Adams (parcours général), soit sur SolidworksMotion et son complément Méca 3D (parcours à orientation professionnelle).

Partie calculs de structures (12h Cours – 18h TD/TP)

Définition de la Rdm (Résistance des matériaux) : Définition d'un milieu poutre et hypothèses de la Rdm - Exemples de structures élancées, treillis ou ossatures - Conditions aux limites : modélisation des liaisons et des chargements extérieurs - Définition et modélisation des efforts de cohésion - Divers types de sollicitations - Tracé des diagrammes d'efforts intérieurs.

Calcul des grandeurs de la Rdm : Notions de contraintes - Relations entre efforts de cohésion et contraintes - Modélisation des déformations - Calculs des déplacements - Application aux cas de sollicitations simples dans le cas de poutres rectilignes (traction-compression, flexion/modèle de Bernoulli, ...) - Concentrations de contraintes.

Vérification du dimensionnement (résistance/rigidité) : vue d'ensemble des essais et propriétés des matériaux - Critères de résistance – Vérification aux Etats Limites Ultimes (ELU) et aux Etats Limites de Service (ELS).

Simulations numériques : Conditions à respecter pour bien modéliser un problème à partir de logiciels (Rdm-Ossatures, SolidWorks Simulation) - Résolution d'applications concrètes variées en ossatures planes ou spatiales - Exploitation et interprétation des résultats - Cette partie proposera un volet optimisation qui s'appuiera sur l'exploitation rationnelle des contraintes à satisfaire et des objectifs à atteindre (cahier des charges) en vue d'acquiescer une méthodologie et des techniques modernes d'optimisation (indicateurs de volume, ...).

Pré-requis : Connaissances de bases des UE enseignées au S3 : « statique et dynamique des solides indéformables » du parcours général de L2 ou « Bases de mécanique des solides et des fluides » du parcours à orientation professionnelle.

Le contenu de cette UE pourrait avantageusement compléter l'apprentissage des logiciels de DAO/CAO enseignées au semestre S3 dans les UE « Conception et Design en mécanique » ou « Calculs Assistés par Ordinateur de systèmes mécaniques » mais ne nécessite pas d'avoir suivi ces UE.

Références bibliographiques :

Simulation des mécanismes

Structure et cinématique des mécanismes (coll. Étude des mécanismes et des machines), ARAKELIAN Viguen, Ed. HERMES

Cinématique des Mécanisme, Gilbert Bals, Ed. Eyrolles

Analyse des structures

R. Boudet et P. Stephan, vous avez dit « Résistance des matériaux qu'en savez-vous ? », Ed. Cepadues, 1998

M. Del-pedro et T. Gmur, Eléments de mécanique des structures, PPUR, 2001

W. A Nash, Strength of materials, Shaum's outline series, Ed. Mc Graw-Hill

R. Parnes, Solid Mechanics in Engineering, Wiley, 2001,

Y. Debarb (Notice Rdm le Mans – disponible en pdf sur le net)

Michael F. Ashby, Materials Selection in Mechanical Design 3^{ème} édition, Ed. Eyrolles, 2005,

Michel Provost & Philippe De Kemmeter, Comment tout ça tient ?, Ed. Alice, 2011.

Bases de la mécanique des milieux continus – Licence 3^{ème} année

UNIVERSITE PIERRE ET MARIE CURIE

Volumes horaires globaux : 22h de cours, 26h de travaux dirigés et 12h de travaux pratiques

Objectifs de l'unité d'enseignement : Cet enseignement a pour objectif de fournir les concepts de base de la mécanique des milieux continus (indispensables pour la poursuite d'études en mécanique) et les illustrer sur des exemples de comportements simples de milieux fluides et solides.

Contenu de l'unité d'enseignement :

- Introduction au calcul tensoriel ; utilisation du calcul indiciel.
- Représentation des milieux continus : échelles, descriptions lagrangiennes et eulérienne.
- Tenseurs des déformations
- Tenseurs des taux de déformation.
- Equations de conservation : conservation de la masse, conservation de la quantité de mouvement et introduction du tenseur des contraintes.
- Elasticité linéaire : loi de comportement, équation de Navier et résolution de problèmes élémentaires
- Fluides newtoniens : loi de comportement, équation de Navier-Stokes, applications à des exemples d'écoulements incompressibles parallèles
- Travaux pratiques : identification de caractéristiques élastiques, mesure de viscosité.

Pré-requis : Principes fondamentaux de la statique et de la dynamique des fluides et des solides.

Fonctions de plusieurs variables et opérateurs (gradient, divergence, rotationnel).

Références bibliographiques :

G. DUVAUT – Mécanique des Milieux Continus - Dunod -1989.

H. DUMONTET & al. - Exercices corrigés de Mécanique des Milieux Continus - Dunod -1989.

P. GERMAIN, P. MULLER- Introduction à la Mécanique des Milieux Continus - Masson -1994.

J. COIRIER –Mécanique des Milieux Continus : cours et exercices corrigés, Dunod, 2001.

COMPÉTENCES DÉVELOPPÉES DANS L'UNITÉ

Capacité à formuler les équations et conditions aux limites d'un problème simple de mécanique des milieux continus solides (élasticité linéaire) et fluides (newtonien)

Capacité à résoudre des problèmes simples de mécanique des milieux continus

Capacité à analyser et interpréter les solutions en termes de déplacement, déformations, contraintes (milieu solide) ou vitesses, taux de déformation et contraintes (milieu fluide)

Bases de la thermodynamique – Licence 2^{ème} année

UNIVERSITE PIERRE ET MARIE CURIE

Volumes horaires globaux : 12 h de cours, 15h de travaux dirigés et 3h de travaux pratiques.

Objectifs de l'unité d'enseignement : L'objectif de ce module est d'acquérir les notions de base en thermodynamique macroscopique, nécessaires dans une formation de mécanique. L'accent sera porté sur les concepts fondamentaux de la thermodynamique et sur la méthodologie propre à cette discipline (apprendre à définir un système, à effectuer un bilan énergétique, un bilan entropique...), en commençant par des problèmes académiques, pour aller progressivement vers les applications.

Contenu de l'unité d'enseignement :

- Systèmes thermodynamiques : variables d'état, état d'équilibre, équation d'état (gaz parfait, gaz réel, liquide, solide)
- Équivalence travail-chaleur, coefficients thermoélastiques et calorimétriques.
- 1er principe de la thermodynamique (conservation de l'énergie) appliqué à un système fermé : étude des systèmes incompressibles et des gaz parfaits,
- 2ème principe de la thermodynamique (principe d'évolution) appliqué à un système fermé : irréversibilité, entropie,
- Changement d'état du corps pur : diagramme d'équilibre, chaleur latente, loi de Clausius-Clapeyron.

Pré-requis : Enseignements de tronc commun du L1, notamment en mathématiques.

Références bibliographiques :

J.P. Perez, Thermodynamique, Fondements et applications, éd DUNOD, 2001. (contient des exercices résolus)

J.N. Foussard & E. Julien, Thermodynamique, bases et applications. éd DUNOD, 2005. (contient des exercices résolus)

Hubert Lumbroso, Thermodynamique, problèmes résolus, 3^{ème} édition, Mc Graw-Hill, 1984.

Calculs Assistés par Ordinateur de systèmes mécaniques – Licence 2^{ème} année

UNIVERSITE PIERRE ET MARIE CURIE

Volumes horaires globaux : 20h de cours et 40h de travaux pratiques

Objectifs de l'unité d'enseignement : Cette Unité d'enseignement doit permettre à l'étudiant d'acquérir à la fois des connaissances en CAO (Calculs Assistés par Ordinateur) et une prise de recul nécessaires pour la modélisation et la re-conception (ou l'amélioration) de systèmes mécaniques industriels. Cet enseignement optionnel complète l'approche analytique proposée dans l'unité d'enseignement "Statique et dynamique des solides indéformables" également enseignée au semestre S3, mais en tronc commun. Elle est néanmoins davantage orientée vers les outils et les applications industriels et devrait permettre de faciliter l'assimilation des concepts théoriques de base de la mécanique. Par comparaison des résultats, l'étudiant apprendra donc à s'interroger et à interpréter plus justement les solutions de problèmes issues de deux approches complémentaires : calculs analytiques et simulations numériques.

Seules quelques notions et fonctions de base de DAO (Dessin Assisté par Ordinateur) seront présentées pour réaliser des modèles numériques de pièces mécaniques simples. La plupart des fichiers pièces étant donnés, la création d'assemblages et de sous-assemblages sera par contre abordée en détails pour apprendre à l'étudiant à concevoir des maquettes numériques de mécanismes industriels optimales servant aux simulations numériques (modélisation isostatique ou hyperstatique des problèmes).

Cette formation permettra à l'étudiant de comprendre l'utilité de constructions isostatiques, d'étudier des problèmes qui nécessitent un usage pertinent des différents types de liaisons modélisées et d'appréhender des phases de re-conceptions technologiques de systèmes réels.

Contenu de l'unité d'enseignement :

Modélisation théorique :

Modélisation des liaisons dans les mécanismes industriels, schéma cinématique minimal, graphe de structures – Exemples d'applications (système bielle-manivelle de micro-moteur, bride de serrage hydraulique, butée micrométrique...)

Degré de libertés d'un système Hyperstatisme/isostatisme

Modélisation numérique en CAO sous Solidworks :

Explications des bases du système orthogonal de projection des vues planes (système européen) et de la mise en plan d'un objet. Notion de dessin de définition (pièce seules) et d'ensemble (assemblage de pièces).

Connaissance du vocabulaire de base du logiciel Solidworks : gestion de l'arbre de création (feature manager), fonctions élémentaires de création de volume 3D (volumes ou enlèvements de matière par extrusion ou révolution), ...

Utilisation de la bibliothèque d'éléments standards manufacturés (Toolbox / Tracepart)

Réalisations d'assemblages de pièces d'un mécanisme sous Solidworks (méthode de création ascendante à partir de fichiers donnés de pièces) – Contraintes de positionnement (liaisons)–Gestion intelligente de l'arbre de création de l'assemblage – Création de sous-assemblages virtuels – Gestion de configurations d'assemblages ...

Simulations numériques des mouvements - Calculs cinématiques, statiques ou dynamiques :

Utilisation du logiciel SolidWorksMotion et/ou du complément Méca 3D de Solidworks

Détermination des degrés de mobilités d'un mécanisme en vue d'une re-conception isostatique éventuelle.

Recherche des lois entrée/sortie d'un mécanisme

Obtention de courbes résultats (positions, vitesses, accélérations, efforts, moments...)

Visualisation des trajectoires, enveloppes, champs de vecteurs vitesse, CIR ...

Création de fichiers d'animation au format .avi

Critères de choix prépondérants dans la réalisation d'une solution technologique.

Initiation à la FAO par imprimante 3D.

Références bibliographiques :

Jean-Louis Fanchon, Guide de mécanique, Ed. Nathan

P. Agati et M. Rossetto, Liaisons et mécanismes, Ed. Dunod

Chevalier, Guide du dessinateur industriel, Ed. Hachette Technique

Hazard, Mémotech, Dessin industriel, Ed. Casteilla

Conception et Design en mécanique - Licence 2^{ème} année

UNIVERSITE PIERRE ET MARIE CURIE

Volumes horaires globaux : 20h de cours et 40h de travaux dirigés

Objectifs de l'unité d'enseignement : Après avoir formé les étudiants aux bases fondamentales du dessin technique, l'unité d'enseignement s'ouvre sur les enjeux pour les entreprises du design de produits et propose une mise en pratique de la démarche de gestion d'un projet en équipe pour la re-conception d'un objet existant :

Les bases fondamentales du dessin technique enseignées permettent d'exploiter et de réaliser des documents techniques (plans d'ensemble simples, plans de définition de pièces non complexes, perspectives, schémas techniques, éclatés ...). Les deux approches complémentaires du dessin industriel : la représentation plane (ou 2D) des pièces ou mécanismes et leur représentation tridimensionnelle (ou 3D) sont développées. A l'issue de cette unité d'enseignement l'étudiant pourra utiliser de façon réfléchie les modeleurs industriels (SolidWorks).

Le design industriel contribue à l'innovation des formes et de l'esthétique d'objets tout en respectant leur fonctionnalité. Dans une première étape de création pure, il s'agit d'apporter à l'objet designé une valeur ajoutée forte sans prendre en compte les contraintes économiques, mais en respectant un cahier des charges fonctionnel précis. Cette valeur ajoutée s'obtient par une recherche esthétique des formes, des matériaux, des couleurs et des textures. Dans une seconde étape, il faut vérifier la compatibilité de ces choix avec une production en série. Un objet industriel peut être beau, utile et pratique tout en restant accessible au plus grand nombre de consommateurs. Dans cette unité d'enseignement, les étudiants seront confrontés à la démarche du designer à travers un projet sur des thèmes ciblés mené en équipes pluridisciplinaires (6 étudiants maximum par groupe). Au sein du groupe de travail, le partage des tâches et la mutualisation des compétences de chacun permet d'optimiser la réalisation des projets proposés, tout en s'initiant aux méthodes de travail de l'entreprise et aux outils de base de la gestion de projet.

Contenu de l'unité d'enseignement :

Dessin Assisté par Ordinateur (20h cours – 20h TP)

Bases du dessin industriel : système de projection européen, vues planes, coupes et sections...

Connaissance et représentation normalisée des composants standards mécaniques : éléments filetés, roulements, engrenages ...

Information de base sur les modes d'obtention des pièces réalisées, cotation fonctionnelle

Apprentissage et pratique d'un code industriel de DAO/CAO 3D (SolidWorks) : Méthodes de construction de modèles 3D de pièces en tenant compte de leur morphologie – Configuration de pièces – Notion d'ateliers métier (soudure, tôlerie...) – Assemblage de pièces (méthodes ascendante et descendante) – Création de vues éclatées animées – Utilisation d'une bibliothèque d'éléments standards (Toolbox, Tracepart) – Mise en plan à partir de volume 3D.

Design industriel (20 h de projet en salle informatique)

Transversalité et problématique du design, culture iconographique élargie, démarche réflexive et critique (sous forme de documentation distribuée aux étudiants).

Outils concrets et conceptuels de travail en équipe (brainstorming, mapmind...).

Notions de cahier des charges fonctionnel, analyse de l'existant, démarche de choix d'une solution

Techniques graphiques, esquisses et avant-projets.

Mise en œuvre pratique, en équipe, sur un projet industriel avec SolidWorks. Le partage des tâches permettra d'aborder, selon les besoins, de nouvelles fonctionnalités du logiciel de DAO/CAO : atelier surfacique de création de pièces, rendus photo-réalistes à l'aide du complément PhotoView 360, initiation à la FAO par imprimante 3D (prototypage rapide) et réalisation du prototype designé dans le projet industriel, utilisation d'un logiciel de dessin vectoriel (Inkscape) pour la réalisation de certains habillage de pièces (logotypes, images signalétiques...), sensibilisation à divers problèmes (sécurité, résistance, fabrication, recyclage des produits, brevets)...Remarques : selon les besoins spécifiques de chaque groupe de projet, des tutoriaux complémentaires seront distribués pour apprendre rapidement les nouvelles fonctionnalités utiles du logiciel.

Références bibliographiques :

Dessin Assisté par ordinateur

Jean-Louis Fanchon, Guide des Sciences et Technologies industrielles, Afnor, Ed. Nathan

René Bourgeois et René Cognet, Dessin technique, Ed. Foucher

Robert Durot et all, Normadess, Ed. Dunod

Chevalier, Guide du dessinateur industriel, Ed. Hachette Technique

Hazard, Mémotech, Dessin industriel, Ed. Casteilla

Design

D. Quarante, Eléments de design industriel, Ed. Polytechnica, 1994

Charlotte et Peter Fiell, Design industriel A-Z, Ed. Tasken 2006

Product Design, teNeus, 2004 - Product Design Now, Ed. Maomao, 2007

AZ- Design, Ed. Aubanel, 2002

F. Julian et J. Albarracin, Design industriel dessin de conception, Ed. Eyrolles, 2005.

H. Emery, Studio Pro TP de modélisation 3D SolidWorks

Revue Technologie n°157, spécial design industriel, 2008.

Écoulements de fluides – Licence 3^{ème} année

UNIVERSITE PIERRE ET MARIE CURIE

Volumes horaires globaux : 24h de cours et 24h de travaux dirigés

Objectifs de l'unité d'enseignement : L'objectif de ce cours est de présenter un panorama actuel de la mécanique des fluides, et de montrer qu'elle régit un grand nombre de phénomènes de notre environnement : dynamique de cyclones, raz-de-marée, écoulement dans les artères...

Une dizaine de facettes-clés de la mécanique des fluides seront présentées dans cet enseignement. En partant d'observations expérimentales, l'accent sera porté sur la modélisation des phénomènes en jeu en isolant les mécanismes physiques importants.

Contenu de l'unité d'enseignement : Qu'est-ce qu'un fluide ? Présentation des phénomènes de transport. Retour sur le concept de viscosité. Les clés de la modélisation : ordre de grandeur et nombres sans dimension.

Description du mouvement, volumes de contrôles et forces exercées par les fluides. Notion de rhéologie.

Les écoulements dominés par la viscosité. Réversibilité, nage en milieu visqueux, sédimentation.

Lubrification, films minces et écoulements sanguins.

Les forces de traînée et de portance. Retour sur le paradoxe de d'Alembert. Décollement de couche limite. L'approximation de fluide parfait.

Les écoulements dominés par l'inertie. Écoulements potentiels, écoulements tourbillonnaires.

Turbulence. Faits expérimentaux et analyse par les travaux de Prandtl et Taylor.

Surfaces libres et ondes de surface.

Écoulements compressibles.

Tension de surface.

Fluides complexes et granulaires.

Pré-requis : Cours de mécanique des fluides niveau L2

Références bibliographiques :

Guyon, E., Hulin, J. P., & Petit, L. (2005). Ce que disent les fluides. Editions Belin.

Homsy, G. M. (2000). Multi-media fluid mechanics. Cambridge University Press.

Tritton, D. J. (1988). Physical fluid dynamics. Oxford, Clarendon Press

Bird, R. B., Stewart, W. E., & Lightfoot, E. N. (2007). Transport phenomena. John Wiley & Sons.

Compétences développées dans l'unité : L'objectif de cet enseignement est d'une part de proposer un approfondissement de la culture en mécanique des fluides, mais aussi de fournir une palette d'outils théoriques pour modéliser un problème, identifier les mécanismes physiques clés, interpréter les résultats de façon critique au regard du problème initial et des hypothèses formulées.

Equations aux dérivées partielles de la mécanique – 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 cet enseignement est de présenter une introduction à la théorie des équations aux dérivées partielles (EDP) avec des applications à la mécanique. On enseigne à la fois les aspects fondamentaux liés à la classification et les propriétés des solutions ainsi que les aspects méthodologiques de résolution des EDP.

Contenu de l'unité d'enseignement :

- Equations de premier ordre, caractéristiques
- Equations d'ordre 2, classification, forme standard
- Equation des ondes, solution de d'Alembert
- Equation de la chaleur, solution fondamentale
- Séparation des variables, séries de Fourier
- Equation de Laplace, fonctions harmoniques
- Solutions par transformées de Fourier et Laplace

Pré-requis : Fonctions de plusieurs variables. Calcul différentiel et intégral. Séries de fonctions. Equations différentielles.

Références bibliographiques :

Martin, Equations aux dérivées partielles : exercices résolus, Dunod, Paris, 1992.

H. Reinhard. Equations aux dérivées partielles : cours et exercices corrigés. Dunod, Paris, 2001.

W.A. Strauss, Partial Differential Equations. Wiley, New York 2007.

Y. Pinchover and J. Rubinstein, An Introduction to Partial Differential Equations, Cambridge, UK, 2005.

Compétences développées dans l'unité :

- Analyser un problème pour une équation aux dérivées partielles : type d'équation, forme standard, propriétés des solutions, problème bien posé.
- Résoudre les problèmes posés pour les EDP par différentes méthodes : solution de type d'Alembert, solutions fondamentales, séparation des variables, transformations intégrales.

Méthodes numériques pour la mécanique – Licence 3^{ème} année

UNIVERSITE PIERRE ET MARIE CURIE

Volumes horaires globaux : 20h de cours, 20h de travaux dirigés, 12h de travaux pratiques, 8h de projet

Objectifs de l'unité d'enseignement : Le but est de former les étudiants aux techniques numériques utilisées en sciences de l'ingénierie mécanique. Les méthodes numériques sont présentées, ainsi que leur fondement mathématique (précision, consistance, stabilité, convergence, etc ...). Cet enseignement comporte aussi une partie importante de mise en œuvre pour la résolution de problèmes de mécanique. L'objectif est de permettre aux étudiants d'associer à la résolution d'un problème donné la méthode numérique appropriée et de réaliser le programme correspondant (Fortran 90 ou C++).

Contenu de l'unité d'enseignement :

- Interpolation polynômiale (Lagrange, Hermite)
- Formules de quadrature (Newton-Cotes, Gauss)

- Dérivation (développements de Taylor, différences divisées)
- Résolution des équations différentielles ordinaires (méthodes d'Euler, de Runge-Kutta)
- Racines d'équations non linéaires (méthodes de point fixe, Newton)
- Résolution des systèmes linéaires :

1) méthodes directes (élimination de Gauss, factorisations)

2) méthodes itératives (méthodes de relaxation, des gradients conjugués, ...)

- Extraction des valeurs propres (Householder, puissances itérées et inverses, Jacobi)

Pré-requis : Souhaité : des bases de programmation en C ou fortran.

Références bibliographiques :

P. Lascaux et R. Théodor, Analyse numérique matricielle appliquée à l'art de l'ingénieur, tomes 1&2, Masson S.A, 1986.

J-P Nougier, Méthode de calcul numérique, Masson S.A, 1989.

R. Théodor, Initiation à l'analyse numérique, Masson S.A, 1989.

J.P. Demailly, Analyse numérique et équations différentielles, Presses Universitaires de Grenoble, 1991

F. Jędrzejewski, Introduction aux méthodes numériques, Springer, 2001

Compétences développées dans l'unité :

- Constituer une boîte à outils numériques et savoir choisir l'outil adapté
- Maîtriser les méthodes de base de l'analyse numérique et savoir les programmer
- Travailler en binôme sur un projet numérique modélisant un problème de mécanique ; faire un rapport

Outils statistiques pour la mécanique et analyse de données – Licence 2^{ème} année

UNIVERSITE PIERRE ET MARIE CURIE

Volumes horaires globaux : 28h de cours, 8h de travaux dirigés et 12h de travaux pratiques

Objectifs de l'unité d'enseignement : Toutes les mesures sont sujettes à incertitude. L'analyse des erreurs des données est l'étude de ces incertitudes. Cette analyse est vitale pour toute expérience scientifique. Cette unité est consacrée à une initiation à l'analyse des données pour apprendre à estimer les incertitudes ainsi qu'à les réduire pour tirer des conclusions plus appropriées. L'Unité est pensée comme complément des autres Unités dans lesquelles des expérimentations sont menées, et particulièrement en lien direct avec l'unité Techniques expérimentales UE 2A101.

Contenu de l'unité d'enseignement : La première partie est consacrée à l'introduction à l'analyse des erreurs dans les données. Le cours est conçu pour des étudiants qui n'ont jamais suivi de cours à ce sujet, et on introduira : la propagation des erreurs, l'usage de la statistique élémentaire, leur justification en termes de distribution normale. Beaucoup d'exemples seront proposés pour comprendre les techniques.

La deuxième partie traite des arguments plus avancés : la méthode de moindre carrés, Ajustement d'une loi paramétrique (minimisation du χ^2 , application avec une loi linéaire et exponentielle), estimation des erreurs commises et de leur propagation, le coefficient de corrélation, la distribution de Poisson et binomiale. Les mesures expérimentales obtenues dans les TP de L2101 seront utilisées pour l'analyse des données.

Pré-requis : Outils mathématiques : dérivation, différentiation, géométrie plane.

Références bibliographiques :

Taylor, J. R., Incertitudes et analyse des erreurs dans les mesures physiques, Dunod (2000).

Compétences développées dans l'unité :

Avoir une première compréhension des incertitudes dans les mesures expérimentales et dans les données numériques.

Avoir acquis une première familiarité avec les notions de base de la statistique.

Être capable de calculer la propagation de l'erreur dans l'analyse des mesures.

Être capable de faire une première analyse statistique des données pour établir l'intervalle de confiance.

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

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.

Statistique et transformées linéaires pour la mécanique – Licence 3^{ème} année

UNIVERSITE PIERRE ET MARIE CURIE

Volumes horaires globaux : 22h de cours, 22h de travaux dirigés et 12h de travaux pratiques

OBJECTIFS DE L'UNITÉ D'ENSEIGNEMENT : Ce cours a pour but de présenter des outils mathématiques pour la mécanique basés sur les statistiques et les transformées linéaires (Fourier et Laplace). Ce cours est scindé en deux blocs d'importance égale. Le premier bloc est une introduction au calcul de probabilité, la discipline qui étudie les lois qui gouvernent les phénomènes aléatoires et qui est de plus en plus centrale pour la physique, la mécanique et les sciences de l'ingénieur. Ce cours vise à présenter les concepts fondamentaux et certains résultats importants, sans être formel. Pour rendre plus claires les motivations, une partie du cours est consacrée à illustrer l'importance de ces concepts dans les applications, notamment en mécanique et physique. Il sera possible de retrouver des résultats connus de thermodynamique comme des conséquences simples du calcul de probabilité. Notamment des notions de théorie cinétique des gaz seront données dans ce cadre. Le lien avec la simulation numérique sera clairement présenté dans le cours ainsi qu'à l'aide des TP.

Le deuxième bloc a pour but de présenter une série d'outils basés sur le principe de "transformée" ou de "décomposition" qui permettent de résoudre de nombreux problèmes classiques de mécanique. Les problèmes abordés seront des problèmes linéaires, i.e. on pourra toujours leur appliquer le principe de superposition. Un grand nombre de problèmes différents issus de différentes branches de la mécanique (thermique, acoustique, fluide, solide, ...) seront abordés.

Contenu de l'unité d'enseignement :

- Introduction et Exemples : Des exemples pris de la mécanique et de la physique seront présentés pour clarifier l'importance de maîtriser les concepts du calcul de probabilité.
- Axiomes : Un peu d'histoire. Ensembles. Définition de probabilité et de densité de probabilité. Variables aléatoires discrètes et continues. Concept de indépendance. Quelques exemples. Probabilité et monde réel.
- Quelques résultats avec un peu de formalisme : Faux paradoxes et probabilité conditionnée. Valeurs moyennes. Valeurs moyennes conditionnées. Fonctions génératrices. Composition de probabilité et probabilité marginale. Quelques distributions remarquables. Applications en thermodynamique. Entropie.
- Systèmes avec beaucoup de variables, théorèmes limites : Loi des grands nombres ; Théorème central de la limite ; Fluctuations en mécanique statistique (optionnel), Quelques Applications en finance. Fonctions de Gamma et approximation de Stirling (optionnel). Introduction aux processus stochastiques : Mouvement Brownien. Random walk. Applications numériques.
- Séries de Fourier
- Transformées de Fourier
- Transformées de Laplace

Pré-requis : Combinatoire, Séries, intégrales, nombres complexes, Résolution d'équations différentielles ordinaires à coefficients constants.

Références bibliographiques :

Reichl LE (1998), A Modern Course in Statistical Physics., Wiley

Gnedenko BV (1976), The theory of probability, MIR Ed. Moscow

Peliti L (2012) Statistical Mechanics in a Nutshell. Princeton University Press

Renyi A (2000), Calcul des probabilités, Jacques Gabay Ed.

Einstein A (1956), Investigations on the Theory of the Brownian Motion, Dover Publications

Marchiano R., note de cours, Transformées de Fourier et de Laplace : Résolution de problèmes classiques en mécanique

COMPÉTENCES DÉVELOPPÉES DANS L'UNITÉ :

- Capacité à faire le lien entre l'aléatoire et la mécanique
- Savoir reconnaître un système linéaire (identification des entrées et des sorties)
- Comprendre la notion de transformée