Descriptif des Programmes 2013

3ème ANNEE - Semestre 5
(Automne – Fall)

OUTILS MATHEMATIQUES POUR L'INGENIEUR 1 (24h CM, 24h TD ; 3 ECTs ; Option)

Objectifs pédagogiques :

Acquérir et renforcer les outils de base du calcul matriciel, de résolution d'équations différentielles ordinaires et du calcul vectoriel. L'accent sera mis sur les applications.

Programme :

1. Calcul matriciel : Rang d'une matrice ; Matrice inverse et systèmes d'équations ; Matrices et changement de base ; Matrices semblables ; Déterminants et application à la résolution des systèmes linéaires ; Règle de Cramer ; Valeurs propres et vecteurs propres d'une matrice ; Détermination des valeurs propres d'une matrice carrée et recherche des valeurs propres ; Diagonalisation d'une matrice.

2. Equations différentielles ordinaires : Equations différentielles du premier ordre ; équations différentielles à variables séparées ; équations différentielles linéaires du premier ordre ; équations différentielles linéaire du second ordre à coefficients constants : résolution de l'équation sans second membre, résolution de l'équation complète, méthode des variation des constantes ; équations différentielles d'ordre supérieur : ramener à une système d'équations différentielles du premier ordre.

3. Calcul vectoriel : Fonctions vectorielles ; Courbes paramétrées, Coordonnées curvilignes ; Dérivées partielles ; Intégrales de fonctions : R2,R3 –> R ; Champs vectoriels ; Courbes et surfaces paramétriques ; Formules de Stokes et d'Ostrogradski .

METHODES NUMERIQUES DE BASE (16h CM, 16h TD, 16h TP ; 3 ECTs)

Objectifs pédagogiques :

Mettre en œuvre les notions théoriques de base des méthodes numériques dans l'environnement Matlab. Les exercices d'applications portent sur des problèmes issus de la physique et des sciences pour l'ingénieur.

Programme :

- Racines d'équations algébriques non linéaires
- Interpolation et approximation numériques
- Intégration et dérivation approchées
- Equations et systèmes différentiels ordinaires (approximation et stabilité numérique)
- Systèmes d'équations linéaires et non linéaires : méthodes directes et méthodes itératives.

INFORMATIQUE 1 (12h CM, 36h TP ; 3 ECTs)

Objectifs pédagogiques :

Acquisition-consolidation de fondamentaux informatiques : concepts et structures de l'algorithmique, initiation à un langage de programmation.

Programme :

- Nécessité de l'apprentissage de la programmation (plus généralement du développement) pour la formation des ingénieurs.
- Algorithmie : symbolique, définition de tâches, exemples.
- Présentation des divers langages de programmation. Choix d'un langage moderne : java.
- Structure d'un programme java à travers un exemple
    - Définition d'une classe
    - Commentaires, la fonction main
    - Comment compiler un programme java. (fichier source .java, fichier bytecode .class et machine virtuelle)
- Déclaration de variables et définition de constantes
    - Rôle de la déclaration
- Types de base (entier, réel, booléen, chaîne de caractères)
- Entrées/Sorties Standards simples.
- Opérateurs
- Conversions implicites et explicites de types
- Instructions simples, instructions de contrôle
- Fonctions : déclarations, appel et passage de paramètres
- Les tableaux à taille fixe (déclaration, initialisation et utilisation)
- Notion de tableaux dynamiques.
- Programmation modulaire.

TECHNOLOGIE MECANIQUE (48h CM/TD ; 3 ECTs ; Option)

Objectifs pédagogiques :

Le but général est de mener l'élève à savoir lire et comprendre les dessins techniques rencontrés dans les services mécaniques des entreprises.

A l'issue de cette UE l'étudiant doit être capable de :

- Connaître les règles fondamentales du dessin industriel
- Réaliser un dessin de définition d'une pièce simple
- Décoder les éléments de cotation et chaînes de cotes
- Identifier les éléments de base de technologie (visserie, roulements, engrenages ...)
- Lire le dessin d'ensemble d'un mécanisme
- En faire un schéma cinématique normalisé

Remarque : Cette UE s'adresse aux débutants en technologie, il n'est pas question de faire de la conception ou du dimensionnement, nous sommes ici au niveau compréhension / décodage.

Programme :

- Etude des règles du tracé (vues, coupes, sections) et réalisation de dessin de pièces
- Etude des éléments de cotation (ISO, position, forme, rugosité ...) et notion de cotation fonctionnelle (chaîne de cotes)
- Etude des éléments de technologie classiques (vis, clavettes, goupilles, anneaux élastiques, bague de guidage, roulements, engrenages ...) et identification de ces éléments sur des plans.
- Etude des normes de la schématisation cinématique.
- Notion d'analyse structurelle des mécanismes (isostatisme et hyperstatisme).
- Etude de mécanismes de difficulté croissante (guidages, actionneurs, transmissions mécaniques, variateurs, embrayages freins, boites de vitesses ...) avec schématisation, analyse structurelle et d'éventuels petits calculs (rapport de réduction, force, couple, puissance, pression, débit ...)

MECANIQUE GENERALE (10h CM, 22h TD ; 2 ECTs)

Objectifs pédagogiques :

Le but général est de mener l'élève à savoir mettre en équation et résoudre des problèmes de mécanique pour l'ingénieur. On s'appliquera à étudier des problèmes concrets et à donner un sens aux résultats numériques (ordre de grandeur).

A l'issue de cette UE l'étudiant doit être capable de :

- Modéliser un problème concret de mécanique générale (ce que l'on cherche, ce que l'on connaît)
- Bien poser les hypothèses pour mettre en équation.
- Utiliser des théorèmes bien identifiés pour une résolution rigoureuse
- Porter un œil critique sur les résultats quantifiés.

Remarque : on veillera à développer une certaine autonomie de l'étudiant dans l'étude de systèmes existants (treuil, variateur, véhicule ...) avec des résultats à quantifier et critiquer (pression maxi, temps d'embrayage, rendement théorique ...)

Programme :

- Modélisation des efforts dans le plan et dans l'espace (action de liaison, pression, frottement, résistance au roulement ...).
- Statique du solide, notion d'isostatisme, hyperstatisme.
- Cinématique du solide (roulement, pivotement, glissement), composition de mouvement.
- Cinétique et dynamique du solide (opérateur d'inertie, équation du mouvement, position d'équilibre).
- Energétique (travail, puissance, énergies cinétique et potentielle), théorème de l'énergie cinétique, équilibre, rendement.

MECANIQUE ANALYTIQUE (16h CM, 16h TD ; 2 ECTs)

Objectifs pédagogiques :

Comprendre le principe des puissances virtuelles dans le cas des solides indéformables, et faire le lien avec la mécanique générale (théorèmes généraux). On insiste particulièrement sur le choix du champ de vitesses virtuelles le mieux adapté, en fonction du problème abordé, pour obtenir les équations souhaitées (lois de mouvement ou certaines inconnues de liaison) de la manière la plus efficace.

Programme :

- Principe des puissances virtuelles
- Définitions du champ de vitesses virtuelles (ou déplacements virtuels), des puissances virtuelles développées par les actions mécaniques et les quantités d'accélération
- Configuration d'un système (paramètres), formes des relations de liaison (holonomes, non holonomes)
- Champ de vitesse virtuelle rigidifiant (compatible avec l'état solide), compatible avec les liaisons, exemples
- Calcul des puissances virtuelles développées par les actions mécaniques
- Calcul des puissances virtuelles développées par les quantités d'accélération
- Equations de Lagrange : Choix du champ de vitesses virtuelles en fonction du problème posé (exemples)
- Intégrales premières.

THERMODYNAMIQUE (16h CM, 16h TD ; 2 ECTs ; *course Material in English)

Objectifs pédagogiques :

- Compréhension physique et mise en œuvre pratique des deux premiers principes de la thermodynamique,
- Application aux machines thermiques.
- Introduction à la thermodynamique des milieux homogènes et des mélanges fluides inertes.

Programme :

- Systèmes fermés, ouverts, isolés, transformations adiabatiques ; Equilibre ; Variables d'état indépendantes ; Processus thermodynamiques
- Les deux principes fondamentaux de la thermodynamique et les 2 potentiels thermodynamiques associés : énergie interne et entropie
- Intérêt pratique et définition de quelques potentiels thermodynamiques dérivés : enthalpie, énergie libre (potentiels de Helmholtz et de Gibbs ; Introduction élémentaire à la thermodynamique des milieux continus (équilibre et stabilité)
- Changements de phase, chaleur latente, etc.
- Notions élémentaires sur les mélanges fluides inertes
- Etude de quelques cycles d'intérêt pratique pour les moteurs, pompes et réfrigérateurs.

MECANIQUE DES MILIEUX CONTINUS (16h CM, 16 TD ; 2 ECTs)

Objectifs pédagogiques :

Introduction à la mécanique des milieux déformables. Etude des lois qui décrivent le comportement des fluides et solides utilisés en ingénierie. Applications élémentaires.

Programme :

- Description unidimensionnelle ; chaîne de masses et de ressorts
- Equations de conservation ; tenseur des contraintes
- Fluides parfaits : équation d'Euler, de Bernoulli, acoustique linéaire
- Fluides visqueux : équation de Navier-Stokes, écoulements de Poiseuille et de Couette
- Solides élastiques en petites déformations ; Sollicitations en cisaillement, compression, traction, torsion etc.

MECANIQUE DES FLUIDES 1 (16h CM, 16h TD, 16h TP ; 3 ECTs ; *course given in English)

Objectifs pédagogiques :

Etablir les principes fondamentaux de la dynamique et de l'énergétique pour la mécanique des fluides et les appliquer sur un ensemble de problèmes concrets.

Programme :

- Hydrostatique
- Analyse dimensionnelle
- Ecoulements incompressibles uni-dimensionnels : Bernoulli, théorie de l'hélice propulsive, pompes et turbines, pertes de charges

- Ecoulements compressibles unidimensionnels : écoulements isentropiques, chocs, écoulements de Fanno

English version:

Title: Basic Concepts in Fluid Mechanics (UnderGrad)

Objectives:

Introduction to the fundamental principles of dynamics and energy conservation for fluid mechanics and application to a set of practical problems.

Program Description:

- Hydrostatics
- Dimensional Analysis
- 1D Incompressible Flows: Bernoulli equation, theory of propeller, pumps and turbines, pressure losses
- 1D Compressible Flows: isentropic flow, shock, Fanno flow

AUTOMATIQUE (16h CM, 16h TD/TP ; 2 ECTs)

Objectifs pédagogiques :

Connaître les méthodes de base de synthèse de correcteurs et de lois de commande pour les systèmes commandés continus. On présentera les méthodes de synthèse de correcteurs classiques et de correcteurs d'ordre plus élevés pour les systèmes monovariables. Pour les systèmes multivariables, il sera donné une introduction de la représentation d'état et de la synthèse de commande par retour d'état et de sortie. Finalement des logiciels de conception assistée par ordinateur (Matlab®, Scilab® ...) seront présentés et utilisés en Travaux Dirigés.

Programme :

1. Introduction
   - Définitions, principes, objectifs
   - Classes de modèles dynamiques, schémas de commande
   - Contexte génie mécanique, exemples : commande de mécanismes, structures flexibles, actionneurs électriques
2. Asservissement des systèmes continus
   - Modèles dynamiques entrée-sortie de systèmes mécaniques actionnés
   - Transformation de Laplace, fonction de transfert
   - Propriétés, caractérisation des systèmes entrée-sortie : ordre, pôles, zéros, stabilité ...
   - Représentations graphiques des systèmes entrée/sortie monovariables : diagrammes de Nyquist, Bode, Black.
   - Asservissement linéaire : objectifs de commande (stabilité, précision, rapidité, rejet de perturbation), Critères de stabilité en boucle fermée (Critères de Nyquist, critère du revers), marges de stabilité
   - Synthèse de correcteurs contrôleurs classiques (famille du PID), commande par modèle de référence, commande à modèle interne, prédicteur de Smith
3. Commande par retour d'état : une introduction
   - Définition, modèles des systèmes multi-entrées, multisorties

- Propriétés : modes propres, pôles, commandabilité, observabilité
- Commande par retour d'état : placement de pôles, commande optimale LQR, rejet de perturbations
- Synthèse d'observateur d'état et retour de sortie

3ème ANNEE - Semestre 6
(Printemps – Spring)

OUTILS MATHEMATIQUES POUR L'INGENIEUR 2 (24h CM, 24h TD ; 3 ECTs)

Objectifs pédagogiques :

Savoir manipuler les transformées intégrales et les appliquer à des exemples issus de la physique et la mécanique. Initiation aux modèles probabilistes et statistiques fondamentaux, et traitement élémentaire de tableaux de données.

Programme:

Module Transformées intégrales :

- Généralités sur les transformées intégrales et leurs formules d'inversion : cadre commun et motivation des exemples d'applications.
- Transformée de Fourier : définition, formules de réciprocité de Fourier, propriétés de la transformation de Fourier, produit de convolution, convolution de deux fonctions, calcul de quelques transformées simple, formules de Parseval et de Plancherel, applications aux équations fonctionnelles, équations intégrales et équations aux dérivées partielles
- Transformée de Laplace : définition, transformation inverse, (formule de Bromwich), exemples, propriétés (linéarité, formule du retard, translation sur p, homothétie, dérivation et intégration de l'original, ... de l'image), transformées usuelles et recherche d'un original, convolution, théorèmes valeur initiale et valeur finale, applications du calcul symbolique aux équations fonctionnelles et aux systèmes d'équations différentielles constants ou polynomiaux.

Module Méthodes probabilistes et statistiques :

- Statistiques descriptives : échantillons unidimensionnels et bidimensionnels (histogrammes), corrélation et régression linéaire
- Modèle probabiliste : variables aléatoires, lois classiques et modélisation (loi binomiale, Poisson, normale Xi2), indépendance, conditionnement, LGN, TCL
- Introduction aux intervalles de confiance et aux tests d'hypothèse.

METHODES NUMERIQUES POUR LA MECANIQUE 1 (16H CM, 16h TP ; 2 ECTs)

Objectifs pédagogiques :

Bases de la méthode des différences finies, de la consistance et de la stabilité des schémas numériques.

Programme:

- Classification des équations aux dérivées partielles
- Méthodes des différences finies : consistance et stabilité
- Etude de convergence des schémas numériques : explicites, implicites, semi-implicites
- Applications :
    - résolution de l'équation de la chaleur 1D, 2D, 3D
    - résolution de l'équation des ondes
    - méthode des caractéristiques
- Technique de résolution des ODE et stabilité des méthodes : Euler, Runge-Kutta, prédicteur-correcteur, etc...

PHENOMENES DE TRANSFERTS (24h CM, 24h TD, 16h TP ; 4 ECTs)

Objectifs pédagogiques :

Donner aux élèves une méthodologie générale d'approche des lois de conservation de la matière, de l'énergie et de la quantité de mouvement et des phénomènes de transferts de matière et de chaleur.

Programme:

- Etablissement de bilans macroscopiques et intégraux
- Passage aux bilans microscopiques
- Applications aux bilans de matière, d'énergie et de quantité de mouvement
- Mécanismes de transferts par convection / diffusion / rayonnement (énergie)
- Diffusion :
    - Diffusion stationnaire : problèmes unidimensionnels, analogie électrique, calcul de résistances
    - Approche de quelques problèmes de diffusion instationnaire
- Convection :
    - Approche dimensionnelle de la convection
    - Corrélations pour le calcul des coefficients de transferts en convection forcée et en convection naturelle
- Rayonnement : rayonnement du corps noir, le corps gris, échanges thermiques par rayonnement dans quelques géométries simples.

MECANIQUE DES FLUIDES 2 (24h CM, 16h TP ; 3 ECTs ; *course given in English)

Objectifs pédagogiques :

Approfondir les principes de bases de la mécanique des fluides.

Programme :

- Cinématique
- Equations de Navier-Stokes
- Ecoulements de Stokes
- Ecoulements à nombre de Reynolds élevés : couches limites
- Écoulements tournants
- Introduction à la Turbulence.

English version:

Title: Fluid Mechanics (UnderGrad)

Objectives:

In-depth study of the basic principles of fluid mechanics

Program Description:

- Kinematics
- Navier-Stokes equation
- Stokes flow
- High-Reynolds flow – boundary layers
- Introduction to rotating flow
- Introduction to turbulence

MECANIQUE VIBRATOIRE (16h CM, 16h TD, 16h TP ; 3 ECTs)

Objectifs pédagogiques :

- Savoir modéliser un système réel pour l'étude de ses vibrations (discrétisation, approximations, approche continue)
- Savoir analyser les phénomènes vibratoires subis par une structure (causes, conséquences, contrôle)

Programme:

- Introduction aux vibrations : réponse libre d'un système à 1 degré de liberté
- Réponse d'un système à 1 degré de liberté à une excitation harmonique
- Réponse forcée d'un système à 1 degré de liberté
- Systèmes à plusieurs degrés de liberté
- Méthodes de suppression des vibrations
- Systèmes à paramètres distribués
- Test de vibration et analyse modale expérimentale
- Introduction aux phénomènes non linéaires

RESISTANCE DES MATERIAUX (16h CM, 16h TD, 16h TP ; 3 ECTs)

Objectifs pédagogiques :

Décrire la réponse d'une poutre à des sollicitations mécaniques statique, et donner les ingrédients de base du dimensionnement d'éléments de type « poutre » soumis à des sollicitations données.

Programme:

- Introduction (Objectif de la RDM - Poutres - Liaisons - Comportement mécanique d'un solide - Exemple d'une barre en traction - Autres sollicitations simples)
- Cadre, démarche et méthodes de la RDM (Hypothèses de base - Méthode générale - Diagramme des efforts internes)
- Traction / Compression
- Cisaillement
- Flexion des poutres (Contraintes en Flexion pure - Flexion simple - Déformation des poutres en flexion - Flexion des poutres hyperstatiques)
- Torsion des poutres cylindriques
- Sollicitations composées (Retour sur le Principe de superposition - Exemple de la Flexion déviée - Contraintes normales et tangentielles maximales)
- Critères de défaillance (Notion de critère de défaillance - Introduction à l'énergie de déformation - Energie de distorsion - Critère de Tresca - Critère de von Mises).

CONCEPTION ASSISTEE PAR ORDINATEUR (16h CM, 16h TD, 32h TP ; 4 ECTs)

Objectifs pédagogiques :

Acquérir les éléments nécessaires pour appréhender les pratiques industrielles dans le domaine de la CAO et du PDM. Prise en main d'un logiciel de CAO.

Programme:

- Les enjeux de la CAO.
- Historique d'évolution de la CAO
- Présentation des systèmes actuels de DAO, CAO et PDM.
- Modélisation des courbes et des surfaces.
- Les modèles de représentation et de conception (CSG, BREP, approche fonctionnelle).
- Les applications 'métiers'.
- La gestion des données (PDM)
- L'intégration de la CAO dans l'entreprise.
- Liaison CAO et PDM.

4ème ANNEE - Semestre 7
(Automne – Fall)

OUTILS MATHEMATIQUES POUR L'INGENIEUR 3 (16h CM, 16h TD ; 2 ECTs)

Objectifs pédagogiques : Acquérir les outils de base de l'analyse complexe et des distributions.

Programme :

1. Module Analyse complexe :
   - Fonctions analytiques et fonctions holomorphes
   - Conditions de Cauchy-Riemann
   - Chemins et topologie dans le plan
   - Théorème de Cauchy, formules intégrales de Cauchy et conséquences (Théorème de Liouville, principe du maximum, zéros d'une fonction analytique, prolongement analytique)
   - Singularités isolées d'une fonction holomorphe
   - Développement en séries de Laurent et théorème des résidus
   - Lemmes de Jordan et applications au calcul d'intégrales
   - Fonctions multiformes (logarithme et puissance)
   - Transformations conformes

2. Module Distributions :
   - Généralités et propriétés
   - Fonction de Dirac, fonction de Heaviside, fonction signe et valeur principale
   - Produit de convolution pour les distributions
   - Fonction de Green
   - Application des fonctions de Green à la résolution d'équations différentielles.

METHODES NUMERIQUES POUR LA MECANIQUE 2 (16h CM, 16h TD, 16h TP/Projet ; 3 ECTs)

Objectifs pédagogiques: Méthodes des éléments finis 1D, 2D, 3D.

Programme :

- Techniques d'approximation. Formulations variationnelles, équivalence des formulations
- Introduction aux méthodes des éléments finis 1D, 2D, 3D :
  - formulations variationnelles, minimisation de l'énergie, principe des travaux virtuels,
  - transformation du problème,

- approximation par la méthode de Galerkin (P1, P2, triangulaire quadrilatère)
- Programmation, performances des différentes méthodes.

ACOUSTIQUE (16h CM, 16h TD, 16h TP ; 3 ECTs)

Objectifs pédagogiques : Donner à l'étudiant les notions de base de l'acoustique

Programme :

- Notions de base sur la physique des ondes.
- Définition et caractérisation du son.
- Equations de l'acoustique linéaire.
- Onde plane : progressive/rétrograde, de direction quelconque, monochromatique.
- Onde sphérique : impédance, champs acoustiques proche et lointain, puissance acoustique d'une source.
- Réflexion, transmission/absorption : ondes stationnaires, tube de Kundt (mesures d'absorption et d'impédance).
- Mesures quantitatives du son : filtres, niveau de pression sonore, densité spectrale.

MECANIQUE DES FLUIDES 3 (32h CM, 16h TP/Projet ; 3 ECTS ; *course given in English)

Objectifs pédagogiques : Approfondir les principes de bases de la mécanique des fluides.

Programme :

- Cinématique
- Écoulements potentiels
- Écoulements tournants
- Ondes de gravité
- Théorie des surfaces portantes.

English version:

Title: Advanced Fluid Mechanics (Grad)

Program Description:

- Kinematics
- Potential Flows
- Vortex Dynamics
- Gravity Waves
- Theory of airfoils

MECANIQUE DES STRUCTURES (16h CM, 16h TD, 16h TP/Projet ; 3 ECTs)

Objectifs pédagogiques : Aspects théoriques et pratiques pour la mise en œuvre de la méthode des éléments finis pour l'analyse statique et dynamique d'une structure mécanique.

Programme :

- Analyse des structures : déplacements, déformations, contraintes, relations et hypothèses de linéarité. Expression de l'équilibre local et global d'une structure par les travaux virtuels et théorèmes énergétiques.
- Généralités sur la méthode des éléments finis : notions de maillage, d'interpolation nodale des déplacements, conditions de complétude et de compatibilité.
- La bibliothèque des EF : ressorts, barres, treillis, rotules, poutres, flexion avec et sans cisaillement, torsion, élasticité 2D et 3D, isoparamétrie, structures axisymétriques.
- Assemblage et équilibre nodal, application des conditions limites.
- Calcul des contraintes.
- La dynamique par les EF : modélisation des masses (cohérentes ou concentrées).
- Résolution de l'équation matricielle de l'équilibre : méthode modale ou intégration numérique directe.
- Introduction aux notions d'erreurs, de précision et de convergence. Classification des erreurs : convergence le Patch test, précision : base de critères à posteriori.
- Introduction à l'utilisation d'un logiciel de calcul par éléments finis.

MECANIQUE DES SYSTEMES MULTICORPS (16h CM, 16h TD, 16h TP ; 3 ECTs)

Objectifs pédagogiques : Etude des méthodes utilisées pour générer et résoudre automatiquement les équations des systèmes multicorps rigides.

Programme :

- Classification des mécanismes et des différents types de problèmes à résoudre.
- Etude des différents paramétrages et de la forme des contraintes associées.
- Cinématique : systématisation de l'analyse géométrique et cinématique : problème de position initiale, sous espace des mouvements admissibles, méthode de projection.
- Dynamique : systématisation du calcul de la matrice de masse et des vecteurs des efforts donnés.
- Forme matricielle des équations du mouvement en coordonnées indépendantes puis dépendantes, Newton-Euler, multiplicateurs de Lagrange, méthode de projection et réduction du paramètrage.
- Résolution numérique : passage des équations algébro-différentielles aux équations différentielles, stabilisation des contraintes.
- Utilisation de logiciels industriels pour la simulation du fonctionnement de systèmes réels dans le cadre des TP.

INFORMATIQUE 2 (16h CM, 16h TD, 16h TP/Projet ; 3 ECTs)

Objectifs pédagogiques : Approfondir les éléments nécessaires pour l'utilisation d'un langage orienté objet dans les applications industrielles, présenter les environnements d'utilisation et de développements courants.

Programme :

Programmation orientée objet : étude du langage C++ et des outils de développement associés, réalisation de dossiers d'analyse et de programmation, mise en œuvre de bibliothèques.

TRAITEMENT DU SIGNAL (16h CM, 16hTD ; 2 ECTs)

Objectifs pédagogiques : Acquérir les bases du traitement des signaux.

Programme :

- Signaux et systèmes linéaires, réponse fréquentielle
- Corrélations temporelles et statistiques
- Densités spectrales, fonction de transfert
- Echantillonnage, repliement, restitution

4ème ANNEE - Semestre 8
(Printemps – Spring)

STAGE ASSISTANT-INGENIEUR (Non présentiel, 6 mois ; 30 ECTs)

5ème ANNEE - Semestre 9
(Automne – Fall)

COUPLAGE FLUIDE-STRUCTURE (30h CM, 16h TP ; 2 ECTs)

Objectifs Pédagogiques :

Base des méthodes d'analyse des couplages vibro-acoustique, aéro-elastique et hydro-élastique.

Programme :

Effets de surface libre : ondes de gravité, modes propres de ballottement ; couplage avec les modes vibratoires de structures, ondes de capillarité.
Couplage acousto-mécanique : couplage dans les circuits tubulaires, formulation lagrangienne et discrétisation par éléments finis.
Effets dissipatifs en milieu ouvert de fluide et de structures. Rayonnement des ondes a l'infini, ondes de cisaillement visqueux, couplage dissipatif avec les vibrations de structures.

VIBRATIONS ET ACOUSTIQUE (32h CM ; 2 ECTs)

Objectifs pédagogiques :

Compléter les cours de Mécanique des Structures en abordant l'étude des vibrations de structures (analyse modale) pouvant être considérées comme bidimensionnelles : membranes précontraintes, plaques, coques cylindriques.

Programme :

Acoustique :

- Sources acoustiques : équation des ondes avec terme source
- Fonction de Green en espace libre, monopôles, dipôles et quadripôles.
- Méthodes intégrales : formulation intégrale des problèmes de rayonnement et de diffraction, conditions de Sommerfeld, théorème de Green et résolution par formulations intégrales et méthodes directes.
- Rayonnement de plaques : rayonnement des ondes de flexion d'une plaque infinie, rayonnement du piston plat baffé, méthodes d'éléments finis de frontière, formule de Rayleigh.
- Introduction à l'acoustique des conduits : résolution de l'équation d'Helmholtz, théorie monodimensionnelle (circuits acoustiques).

Vibrations :

- Prise en compte des effets secondaires sur le schéma modal de poutres en flexion : cisaillement transverse, inertie rotationnelle et précontraintes.
- Modélisation du champ de déplacements à plusieurs fonctions inconnues (préparation à l'étude des coques cylindriques) et formulation non linéaire d'un problème d'élastodynamique en vue d'une modélisation des précontraintes induites par des chargements, par des conditions de montage et/ou thermiques.

METHODES NUMERIQUES POUR LA MECANIQUE (48h CM ; 3 ECTs)

Objectifs pédagogiques :

Mise en œuvre de la méthode des volumes finis pour la simulation des écoulements.

Programme :

Méthodes des volumes finis pour les problèmes de diffusion 1D, 2D, 3D.
Méthodes des volumes finis pour les problèmes de convection-diffusion :

- Schémas centrés, décentrés, hybrides, QUICK
- Propriétés de ces schémas de discrétisation : stabilité et consistance.

Résolution des problèmes couplés : vitesse-pression :

- Maillage décalé
- Equation de la pression : schémas SIMPLER, SIMPLEC, PISO
- Traitement des conditions aux limites : cas de frontières curvilignes

Applications :

- Problème de Stokes.
- Résolution de l'équation de Navier-Stokes dans un cas simple.

BASES PHYSIQUES DE LA TURBULENCE (32h CM, 16h TP ; 3 ECTs)

Objectifs pédagogiques :

Compréhension des mécanismes physiques à l'origine de la transition vers la turbulence et les bases physiques et théoriques des différents modèles utilisés pour la simulation des écoulements turbulents.

Programme :

Caractérisation et définition des écoulements turbulents à partir de l'observation.
Petites oscillations d'un fluide : équations de Navier Stokes et leur linéarisation.
Description statistique des écoulements turbulents et concepts de base associés.
Le modèle de turbulence homogène associé à un gradient de vitesse moyenne uniforme et constant.
Notions sur les écoulements turbulents libres.
Notions sur les écoulements turbulents de paroi.
Méthode prédictionnelle des écoulements turbulents : le modèle K-ε.
Application à des exemples concrets de configurations industrielles traités par un logiciel de CFD.

PLAQUES ET COQUES (32h CM, 16h TP ; 3 ECTs)

Objectifs pédagogiques :

Montrer l'intérêt des différents types d'éléments finis dans la modélisation numérique des plaques et coques.

Programme :

Théorie des plaques : effets de membrane, de flexion, de cisaillement.
Plaques rectangulaires et circulaires : principes de solutions approchées ; Eléments finis de plaques.
Intégration réduite et formulations hybrides ; Théorie des coques : formulation en coordonnées curvilignes.
Applications à des géométries simples.
Principaux éléments finis.
Les TP sont des exemples traités par un logiciel industriel EF.

ENERGETIQUE DE LA PROPULSION (32h CM, 16h TP/Projet ; 3 ECTs)

Objectifs pédagogiques :

Comprendre la physique de la combustion et de l'énergie motrice, intégrer les applications liées aux moteurs à combustion interne.

Programme :

Combustion :

Domaines d'application, rôle et problèmes posés. Notions sur la théorie cinétique de gaz. Thermodynamique de la combustion. Chimie de la combustion. Réactions en chaînes. Importants mécanismes cinétiques de la combustion d'hydrocarbure, explosion thermique, auto-allumage, période d'induction. Conditions critiques d'inflammation et d'extinction. Propagation des flammes dans un milieu prémélangé, structure des flammes turbulentes de prémélange. Flamme de diffusion laminaire et turbulente. Combustion

« riche », combustion « pauvre ». Combustion de sprays. Combustion d'une goutte isolée, conditions d'une flamme stable. Dispersion turbulente de gouttes. Combustion d'un ensemble de gouttes, interaction turbulence/dispersion/vaporisation/chimie. Différents types et régimes de flamme-jet.

Moteurs :

Forces motrices et puissance de propulsion, cycles, compression polytropique et isothermique, système bielle/manivelle, les forces et la dynamique du piston, pertes, moteurs à deux et à quatre temps. Cycles moteurs (théoriques et réels). La thermodynamique appliquée aux moteurs d'Otto, de type Diesel et à cycle mixte ; calculs simplifiés du fonctionnement d'un moteur. Transferts thermiques aux parois. Ecoulements turbulents dans un moteur à piston, « des solutions pour obtenir encore plus de la turbulence ». Suralimentation des moteurs à piston ; calculs pratiques. Injection du fuel liquide, structure et paramètres des sprays, distributions statistiques; physique d'atomisation primaire et secondaire. Pollutions générées dans le cylindre d'un moteur à piston, formation secondaire de polluants dans l'atmosphère, « démarches pour réduire les pollutions ». Nouveaux concepts des moteurs à piston (HCCI, injection multiple, taux de compression variable, etc.) et les chalenges possibles.

DYNAMIQUE RAPIDE ET CHOCS (32h CM ; 2 ECTs)

Objectifs pédagogiques :

Principes théoriques de base de la simulation en dynamique rapide et des notions importantes pour pouvoir utiliser avec discernement les codes de calcul dynamique. Ce cours est avant tout appliqué à la dynamique des chocs automobiles.

Programme :

Mise en évidence de l'intérêt de la simulation dans le contexte (historique, législatif, industriel, scientifique) des chocs automobiles
Problématique de la dynamique des chocs : définition des non linéarités
Rappel sur la méthode des éléments finis pour les structures et présentation de la sous-intégration, des modes « hourglass » et de leurs stabilisations
Présentation et comparaison des schémas de résolution (implicite et explicite)
Comportement plastique et résolution implicite/explicite
Gestion du contact et résolution implicite/explicite.

FATIGUE ET RUPTURE (32h CM ; 2 ECTs)

Objectifs pédagogiques :

Eléments sur les mécanismes physiques de déformation et de rupture dans les différentes classes de matériaux de structure (métaux et alliages, céramiques, composites).

Programme :

Lois d'endommagement en déformation, en fluage et en fatigue. Formulation thermodynamique

Modes de fissure et critères de propagation de fissures. Modèles de propagation par rupture fragile ou ductile en fluage et par fatigue
La fiabilité en mécanique : définitions de base, approche probabiliste de la fatigue et de la rupture. Fiabilité des structures et des pièces mécaniques
Maintenance, sécurité : fonctions "de" et "dans" l'entreprise par des intervenants extérieurs.

MECANIQUE NON LINEAIRE (32h CM, 16h TP/Projet ; 3 ECTs)

Objectifs pédagogiques :

Présentation des différentes catégories de non-linéarité (hypothèses de grands déplacements, de grandes déformations, lois de comportement non linéaires). Illustration par des problèmes résolus par la méthode des éléments finis à l'aide de codes de calcul.

Programme :

Statique non linéaire : grands déplacements. Tenseurs des déformations et contraintes associés (Green Lagrange et Almansi, Cauchy, Piola-Kirchhof I et Piola-Kirchhof II).Equilibre global et incrémental. Raideurs sécantes et tangentes. Application aux poutres. Formulation des problèmes de contact. Résolution de problèmes non linéaires : forces ou déplacements imposés, Newton-Raphson, longueur d'arc, gradient projeté. Cas particulier des câbles et structures tendues et instabilités locales. Présentation des types de comportement (élasto-visco-plastique) des solides à partir de modèles analogiques. Présentation phénoménologique 1D de la plasticité. Limite d'élasticité, écrouissage. Généralisation à un état de contraintes quelconque. Calcul de structure élastoplastique par la méthode des éléments finis.

OPTIMISATION DES MATERIAUX ET STRUCTURES COMPOSITES (32h CM, 16h TP/Projet ; 3 ECTs)

Objectifs pédagogiques :

Donner les éléments d'une conception améliorée des structures composites.

Programme :

Micro-mécanique des composites : modélisation de l'interaction fibre-matrice à l'échelle micro, mécanismes de rupture et d'endommagement des fibres et de la matrice, homogénéisation à l'échelle du feuillet élémentaire
Macro-mécanique des composites : élasticité des milieux anisotropes, critères de rupture en milieu anisotropes
Structures composites : théorie des plaques stratifiées, des plaques sandwichs et des poutres composites ; Flambement et instabilité
Durabilité, fiabilité des matériaux et des structures composites : fatigue, fluage, vibration et choc , effets couplés
Optimisation du comportement mécanique des structures composites : Statique, instabilité et vibration.

BIOMECANIQUE DES FLUIDES (32h CM ; 2 ECTs ; *course given in English)

Objectifs pédagogiques :

La compréhension et la modélisation des phénomènes relevant des écoulements de fluides dans la science du vivant essentiellement orientée vers la biologie et médecine humaine. Ce cours sera porté principalement sur l'étude des écoulements sanguins.

Programme :

Introduction aux écoulements sanguins. Ecoulements sanguins dans les artères et les veines. Ecoulements stationnaires et instationnaires dans des coudes ou des bifurcations. Méthodes numériques pour la biomécanique des fluides. Ecoulements sanguins dans des capillaires étroits. Exposés par les étudiants sur la base de la lecture d'articles récents.

English version:

Title: Biofluid Mechanics (Grad)

Program Description:

- Fluid mechanics of large blood vessels: Blood pulse propagation, flow in curved tubes, entree flow into the aorta
- Fluid mechanics of the microcirculation: Fahraeus-Lindqvist effect, squeezing of red blood cells through capillaries lined with glycocalyx layer
- Peristaltic transport
- Fluid mechanics of cilia: flagellar hydrodynamics, primary cilia and development, mucus transport by cilia
- Brief introductions to (i) respiratory fluid mechanics and (ii) adhesion of white blood cells
- Introduction to numerical techniques for fluid-structure interaction problems

DYNAMIQUE DES GAZ ET AERO-ACOUSTIQUE (32h CM ; 2 ECTs)

Objectifs pédagogiques :

Modélisation des écoulements compressibles et étude des mécanismes de production du bruit d'origine aérodynamique.

Programme :

Ecoulement isentropique de fluide parfait non conducteur de chaleur. Ondes de choc normales.
Ecoulement plan, stationnaire, isentropique et supersonique. Méthode des caractéristiques.
Mécanismes de production du bruit d'origine aérodynamique, analogie acoustique selon les formalismes de Lighthill et de Ffowcs Williams-Hawkings.
Applications au bruit de jet et aux bruits éoliens.

Effets d'amplification associés au mouvement des sources sonores.
Mécanismes d'interaction rotor-stator et application au bruit de raies des machines tournantes.

ECOULEMENTS COMPLEXES ET POLYPHASIQUES (32h CM ; 2 ECTs)

Objectifs pédagogiques :

Modélisation des écoulements de fluides à rhéologie complexe et des écoulements à phases dispersées.

Programme :

Exemples de fluides complexes. Echelles de description d'un milieu hétérogène Passage à une description continue. Fluides newtoniens généralisés, fluides viscoplastiques, fluides viscoélastiques.
Effets non linéaires : modèles d'Olroyd, de Reiner-Rivlin, de Criminale-Ericksen-Filbey. Applications des fluides non newtoniens.
Aspects qualitatifs des différents types d'écoulement à 2 phases. Description locale des échanges interfaciaux. Ecoulements à phases dispersées (bulles, gouttes, solides). Approche statistique des écoulements diphasiques et problème de fermeture des équations moyennées. Modèles monodimensionnels.

TURBOMACHINES (32h CM, 16h TP/Projet ; 3 ECTs)

Objectifs pédagogiques :

Définir les principaux outils (équations, modélisation) qui permettent de déterminer la géométrie d'une turbomachine répondant à un objectif de performance précis.

Programme :

Equations de base en repère fixe et mobile. Ecoulement en grille compresseur (analyse dans le plan aube à aube) : corrélations, critères de charge. Analyse dans le plan méridien : équilibre radial. Eléments de conception d'une machine axiale. Particularités des compresseurs centrifuges et des turbines. Introduction aux compresseurs supersoniques (chocs droits et obliques).

5ème ANNEE - Semestre 10

(Printemps – Spring)

STAGE INGENIEUR (Non présentiel, 6 mois ; 30 ECTs)

Objectifs pédagogiques :

Ce projet apporte la démonstration de la pertinence de la formation de l'ingénieur puisque ce stage de fin d'étude est une mise en situation finale dans un contexte industriel réel, pendant une période suffisante pour s'approprier un sujet de développement. Les élèves partent souvent à l'étranger en particulier grâce au soutien financier de la région Rhône Alpes.