



### Présentation

L'objectif de cette UE est de permettre à chaque élève d'approfondir deux sujets dans deux UE scientifiques différentes. Un élève suit une action de formation dans les UE INF ou MTH ou STI ou ECS, et une action de formation au choix dans les UE PCM ou IDM ou FLE ou GM ou MSS. L'affectation se fait selon un système de mise, selon les vœux de l'élève et son classement de l'élève en S5, en fonction des places disponibles.

### Semestre

S07

### Programme

### Compétences visées par l'UE

- Être capable d'approfondir ses connaissances dans un domaine particulier
- Appréhender les problèmes ouverts de la discipline
- Mettre en place une démarche scientifique pour résoudre un problème
- Formaliser un problème d'ingénierie
- Être capable d'utiliser des concepts ou des principes pour modéliser un problème de la discipline

### Débouchés

### Pré-requis

Cours vus en Unité d'enseignements de Tronc Commun

### Evaluation

APPRO 1 : 50% - APPRO 2 : 50%

### Site web de l'option

### Informations complémentaires



## VIBRATION DES SYSTÈMES MÉCANIQUES

### VIBRATION ANALYSIS

Responsable(s): **Olivier DESSOMBZ**

| Cours : 12.0 | TD : 16.0 | TP : 4.0 | Autonomie : 12.0 | BE : 4.0 | Projet : 0.0 | Langue du cours : FR

### Objectifs de la formation

---

Dans le cadre de la mécanique générale et de la mécanique des structures, le cours constitue une introduction à la mécanique des vibrations et une ouverture vers les phénomènes non linéaires et la stabilité des systèmes mécaniques.

**Mots-clés :** Vibrations, systèmes discrets/continus, amortissement, synthèse modale, systèmes non-linéaires

### Programme

- Systèmes discrets : Réponse vibratoire des systèmes. Isolation et amortissement des systèmes. Synthèse modale.
- Systèmes continus : Calcul des modes de poutres. Construction de modèles discrets. Application de la méthode des éléments finis.
- Systèmes non linéaires.
- Stabilité des systèmes mécaniques.

### Compétences

- Savoir mettre en équations un système mécanique dans le cadre des petits mouvements.
- Savoir calculer les modes propres normaux et s'en servir en synthèse modale.
- Appréhender les grandes méthodes d'approximation, en particulier les éléments finis.
- Savoir prendre en compte des non-linéarités en mécanique vibratoire.

### Travail en autonomie

**Objectifs :** Permettre aux étudiants d'assimiler les notions et les concepts vus en cours et en BE.

**Méthodes :** Mise en forme des résultats et rédaction.

### Bibliographie

J-F. Imbert, *ANALYSE DES STRUCTURES PAR ÉLÉMENTS FINIS (3ÈME ED)*, Cépaduès éditions, 1991  
M. Géradin & D. Rixen *THÉORIE DES VIBRATIONS. APPLICATION À LA DYNAMIQUE DES STRUCTURES*, Masson, 1993  
P. Pahut & M. Del Pedro *MÉCANIQUE VIBRATOIRE. SYSTÈMES DISCRETS LINÉAIRES*, Presses polytechniques et universitaires romandes, 2003

### Contrôle des connaissances

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



## TRANSITION VERS LA TURBULENCE

### TURBULENCE AND INSTABILITY

Responsable(s): **Christophe BAILLY, Andrea MAFFIOLI**

| Cours : 20.0 | TD : 16.0 | TP : 0.0 | Autonomie : 12.0 | BE : 0.0 | Projet : 0.0 | Langue du cours : FR

#### Objectifs de la formation

Les écoulements sont très souvent en pratique des écoulements turbulents. On peut mentionner les domaines des transports, de l'énergie, des procédés industriels, les applications environnementales dans l'atmosphère et l'océan, et les écoulements biologiques. Le but de ce cours est de décrire le passage de l'état laminaire à la turbulence développée pour les principales classes d'écoulements, à savoir les écoulements cisailés libres (couche de mélange, jet, sillage, panache) et ceux contraints par la présence de parois (conduites, couches limites). L'un des ingrédients essentiels de cette transition est la perte de stabilité du régime laminaire sous l'action de faibles perturbations. Cet aspect sera décrit dans la première partie du cours. La seconde partie

**Mots-clés :** Écoulement laminaire, stabilité, transition vers la turbulence, intermittence, entrainement, écoulements cisailés, écoulements de paroi

#### Programme

Introduction générale

- Stabilité des écoulements :
- notions et outils de base. Instabilités locales et globales. Seuils d'instabilité et paramètres adimensionnels. Linéarisation.
- écoulements plans parallèles. Equation d'Orr- Sommerfeld.
- instabilités non visqueuses: équation de Rayleigh. Profils linéaires par morceaux. Profils monotones et modes neutres.
- effets de faibles non linéarités

#### Compétences

- Connaître quelques résultats fondamentaux de la mécanique des fluides.
- Maîtriser les concepts de stabilité linéaire des écoulements.
- Posséder une bonne compréhension de la phénoménologie des écoulements turbulents.

#### Travail en autonomie

**Objectifs :** Les travaux à réaliser en autonomie permettent d'illustrer le cours sur des études de cas.

**Méthodes :** Résolution analytique de cas simples pour la stabilité des écoulements.  
Résolution de l'équation de Rayleigh sur ordinateur pour la couche de mélange.  
Analyse de signaux turbulents mesurés (statistiques, intermittence).

#### Bibliographie

GODRÈCHE C., MANNEVILLE P., *HYDRODYNAMIC AND NON LINEAR INSTABILITIES*, Cambridge University Press, 1998  
SCHMID, P.J., HENNIGSON, D.S. *STABILITY AND TRANSITION IN SHEAR FLOWS*, Springer, 2001  
BAILLY, C., COMTE-BELLOT, G. *TURBULENCE*, Springer, 2015

#### Contrôle des connaissances

Rendus des séances d'autonomie (50 %) et test écrit (50 %).



## THERMIQUE ET COMBUSTION

### THERMICS AND COMBUSTION

Responsable(s): Mathieu CREYSSELS, Andrea MAFFIOLI, Mikhail GOROKHOVSKI

| Cours : 20.0 | TD : 18.0 | TP : 10.0 | Autonomie : 0.0 | BE : 0.0 | Projet : 0.0 | Langue du cours : FR

#### Objectifs de la formation

Décrire et quantifier les phénomènes de transfert d'énergie, en particulier les transferts thermiques, qui sont essentiels à la fois à la production d'énergie (turbines, moteurs, turboréacteurs) et à la limitation de la consommation d'énergie en vue d'un développement plus durable (moteurs plus efficaces et bâtiments basse consommation ou à énergie positive). Le cours fournit des connaissances et des compétences essentielles pour les applications industrielles ou environnementales mettant en jeu des phénomènes thermiques tels que : l'échange d'énergie en environnement calme, les incendies, les explosions, les brûleurs, les moteurs ou turboréacteurs.

**Mots-clés :** Energie, transferts thermiques, convection, rayonnement, échangeurs de chaleur, combustion, flammes, moteurs, développement plus durable

#### Programme

Transfert thermique :

- 1) Description des modes de transfert thermique (conduction / convections naturelle, forcée et mixte / rayonnement)
- 2) Formulation des équations couplées dynamique et thermique.
- 3) Les coefficients de transfert thermique et les nombres sans dimension.
- 3) Transferts thermiques par conduction en régime stationnaire et non-stationnaire.
- 4) La convection forcée en régimes laminaire et turbulent.
- 5) Les échangeurs de chaleur. Calcul des efficacités thermiques.

#### Compétences

- Connaître les différents modes de transfert thermique (conduction, convection, rayonnement).
- Décrire le phénomène de combustion et la physique des flammes.
- Savoir estimer et calculer numériquement un transfert thermique (utilisation des outils Matlab ou python).
- Utiliser l'outil de simulation Fluent afin de modéliser numériquement un écoulement avec transfert thermique.

#### Travail en autonomie

Objectifs :

Méthodes :

#### Bibliographie

Jean Taine, Franck Enguehard, Estelle lacona, *TRANSFERTS THERMIQUES*, Dunod, 2021  
Theodore L. Bergman, Adrienne S. Lavine, Frank P. Incropera, David P. DeWitt *FUNDAMENTALS OF HEAT AND MASS TRANSFER*, Wiley, 2019  
Irvin Glassman, Richard A. Yetter, Nick G. Glumac *COMBUSTION*, Elsevier, 2014

#### Contrôle des connaissances

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



## SYSTÈMES MÉCANIQUES POLYARTICULÉS

### MULTI-BODY MECHANICAL SYSTEMS

Responsable(s): Emmanuel RIGAUD, Bertrand HOUX

| Cours : 12.0 | TD : 12.0 | TP : 14 | Autonomie : 10 | BE : 0.0 | Projet : 0.0 | Langue du cours : FR

#### Objectifs de la formation

Les systèmes mécaniques polyarticulés représentent un large spectre d'applications pratiques depuis les systèmes ouverts, catégorie à laquelle se rattachent les robots industriels, jusqu'aux systèmes fermés omniprésents dans de nombreux mécanismes (bielle-manivelle, suspension automobile, essuie vitre, caténaire, etc.). Le cours et les TDs présentent et mettent en œuvre les méthodes générales de description, de modélisation et d'analyse, puis les outils de conception, de dimensionnement et de synthèse de ces systèmes. Les activités de bureaux d'études permettent de simuler intégralement et de visualiser le comportement d'un robot industriel et d'un système d'essuie-vitre automobile.

**Mots-clés :** Robot, Mécanismes, Modèles géométriques, modèles cinématiques, modèles dynamiques

#### Programme

- Architecture générale d'un système mécanique articulé et éléments de construction (actionneurs, organes de transmission, capteurs).
- Modélisation de la structure mécanique articulée chaînes cinématiques ouvertes : cas de la robotique (modèles géométriques, cinématiques et dynamiques).
- Chaînes cinématiques fermées : cas des mécanismes.
- Bureau d'études robot + bureau d'études essuie-vitre de véhicule automobile.
- À partir d'un cahier des charges, analyser les performances d'un système dont l'architecture est imposée ou dimensionner le système mécanique sur une application mettant en évidence la problématique de la synthèse (solutions sous contraintes).

#### Compétences

- Connaître les éléments technologiques et les règles de construction des systèmes mécaniques.
- Maîtriser les méthodes de modélisation géométriques et cinématiques des systèmes mécaniques polyarticulés.
- Modèle dynamique : appliquer les approches énergétiques pour calculer les efforts nécessaires à la mise en action des systèmes mécaniques polyarticulés.
- Mettre en œuvre les outils permettant la simulation intégrale et la visualisation du comportement des systèmes mécaniques polyarticulés.

#### Travail en autonomie

**Objectifs :** Mettre en œuvre les outils de la simulation intégrale et la visualisation du comportement des systèmes mécaniques polyarticulés.

**Méthodes :** Une fois les outils présentés et les modèles construits, l'autonomie (encadrée) permet d'évaluer les performances des systèmes mécaniques modélisés et de faire une synthèse de ces performances sous la forme de compte-rendu illustré.

#### Bibliographie

KHALIL W., DOMBRE E., *MODÉLISATION, IDENTIFICATION ET COMMANDE DES ROBOTS* .. Hermès, 1999

#### Contrôle des connaissances

Note = 50 % savoir + 50 % savoir-faire  
Note de savoir = 100 % examen terminal  
Note de savoir-faire = 100 % contrôle continu (comptes-rendus écrits des deux bureaux)



## STRATÉGIES DE RÉOLUTION DE PROBLÈMES

### PROBLEM RESOLUTION STRATEGIES

Responsable(s): Alexandre SAIDI

| Cours : 8.0 | TD : 0.0 | TP : 28.0 | Autonomie : 12.0 | BE : 0.0 | Projet : 0.0 | Langue du cours : FR

#### Objectifs de la formation

Approfondir les connaissances des élèves en analyse, algorithmes, méthodes de résolution performantes et programmation. Parmi les objectifs de cours, il est important dans ce cours est de donner aux élèves les connaissances et les méthodes et outils pratiques nécessaires à la mise en œuvre de l'activité de conception d'algorithmes et de leur programmation. L'étude d'exemples de problèmes réputés complexes et les solutions proposées en informatique compléteront ce cours.

Mots-clés :

#### Programme

- Analyse et calcul de complexité des algorithmes récursivité (CAML).
- Introduction courte aux TDAs et les types de données remarquables stratégies de résolution algorithmique.
- Stratégie Diviser et Régner Programmation Dynamique.
- Approche Greedy (approche Gloutonne / gradient).
- Algorithmes à essais successifs, Back Tracking (AES et BT).
- Branch and Bound (B & B).
- Résolution de l'équation caractéristique pour le calcul des complexités.
- Exemples de calcul de complexité : les tris performants compléments.

#### Compétences

- La résolution des problèmes non triviaux en Informatique nécessite une démarche Mathématique rigoureuse. Une fois le problème posé, les phases de recherche d'un modèle, l'étude algorithmique de la solution et le calcul de sa complexité sont les éléments importants de cette démarche. La phase de preuve (et de justesse de la solution proposée) qui complète cette démarche n'est pas détaillé dans ce cours même si des références en seront données. Prouver la justesse de ce qui est écrit est néanmoins abordé.
  - Dans un souci de rapport théorique / pratique équilibré, l'objectif de ce cours est de

#### Travail en autonomie

Objectifs : Travail sur les mini-projets (BEs).

Méthodes :

#### Bibliographie

D.E. Knuth, The art of Programming, Addison Wesley (réédition), 2000.  
R. Neapolitan, K. Naimipour, Foundations of Algorithms, Health & Company, 1996.  
P. Dohornoy, Complexité et Décidabilité, SMAI , Springer-Verlag, 1993. , Michel Sakarovitch, Optimisation Combinatoire, Herman Ed., 1984.

#### Contrôle des connaissances

Note des BEs (mini-projets) et test écrit (pondération 50 % - 50 %)



## PHYSIQUE DES SEMICONDUCTEURS ET DES DIÉLECTRIQUES

### DIELECTRIC AND SEMICONDUCTOR PHYSICS

Responsable(s): Christelle MONAT

| Cours : 13 | TD : 16.0 | TP : 0.0 | Autonomie : 13 | BE : 6 | Projet : 0.0 | Langue du cours : FR

#### Objectifs de la formation

Les matériaux semiconducteurs sous-tendent les technologies modernes que nous utilisons quotidiennement, que ce soit pour les outils de calcul, les moyens de communication, l'éclairage ou la conversion d'énergie. Après avoir présenté les mécanismes physiques dans les semiconducteurs et les propriétés électroniques et optiques qui en découlent, l'AF décrira différentes applications de ces matériaux en microélectronique et en optoélectronique.

**Mots-clés :** Semiconducteurs, diélectriques, composants, microélectronique, optoélectronique

#### Programme

- 1/ Propriétés cristallines et élaboration des matériaux semiconducteurs
- 2/ Structure de bandes électroniques des semiconducteurs
- 3/ Conduction électrique d'un matériau semiconducteur
- 4/ Phénomènes de transport de charges dans les semiconducteurs
- 5/ Jonction PN et applications
- 6/ Jonction métal/ semiconducteur et applications
- 7/ Composants optoélectroniques pour la détection de lumière
- 8/ Composants optoélectroniques pour l'émission de lumière

#### Compétences

- Etre capable d'expliquer la distinction entre les propriétés des métaux, isolants et semiconducteurs et l'origine de ces différences
- Etre capable de manipuler les concepts (électron, trou, diagramme de bandes...) décrivant les propriétés physiques des matériaux semiconducteurs
- Etre capable de décrire les principes physiques liés au transport électrique et à l'interaction électron/photon dans les semiconducteurs
- Savoir expliquer le fonctionnement des grandes familles de composants semiconducteurs (transistors, photodiode, cellule solaire, diode laser)

#### Travail en autonomie

**Objectifs :** Travail en groupe pour approfondir un domaine particulier ou émergent en lien avec la physique des semiconducteurs et ses applications en microélectronique/ optoélectronique

**Méthodes :** Des sujets de synthèse seront proposés à des petits groupes (sujets possibles : cellule photovoltaïque, transistor à un photon, LED bleues, graphène et matériaux 2D, photonique silicium etc...).

#### Bibliographie

Henry Mathieu, *PHYSIQUE DES SEMICONDUCTEURS ET DES COMPOSANTS ÉLECTRONIQUES*, 5ème édition, Dunod,, 2009  
Emmanuel ROSENCHER *OPTOÉLECTRONIQUE*, Masson, 1998

#### Contrôle des connaissances

Note = 80% savoir + 20% savoir-faire  
Note de savoir = 100% examen terminal  
Note de savoir-faire = 100% examen terminal (restitution orale)



## OUTILS MATHÉMATIQUES AVANCÉS POUR LES PROBABILITÉS ET L'APPRENTISSAGE

### PROBABILITY THEORY AND INTRODUCTION TO RANDOM PROCESSES

Responsable(s): Elisabeth MIRONESCU, Philippe MICHEL

| Cours : 18.0 | TD : 14 | TP : 0.0 | Autonomie : 12 | BE : 4 | Projet : 0.0 | Langue du cours : FR

#### Objectifs de la formation

L'objectif de l'action de formation est de donner aux élèves désireux de poursuivre leurs études d'ingénieurs vers des champs qui demandent un niveau avancé en mathématiques\* la possibilité d'approfondir les notions de base vues en S5 dans l'UE MTH avec des outils théoriques puissants et d'apprendre les bases des théories qui seront mises en application dans le parcours électif (S8 - S9 - option Mathématiques et Ingénierie du Risque).

(\*) modélisation, analyse numérique des équations aux dérivées partielles, problèmes inverses, statistique et probabilités, machine learning, finance ou bio-mathématique...

**Mots-clés :** Théorie de la mesure et intégration, topologie, analyse fonctionnelle, théorie des probabilités, équations aux dérivées partielles, analyse numérique

#### Programme

- 1) Théorie de la mesure, intégration, théorie des probabilités.
- 2) Topologie, analyse fonctionnelle.
- 3) Chaînes de Markov.

#### Compétences

- Comprendre et démontrer les éléments théoriques de l'analyse et des probabilités.
- Donner des exemples et des contre-exemples.
- Modéliser avec les bons jeux d'hypothèses.
- Comprendre et mettre en œuvre de méthodes numériques probabilistes.

#### Travail en autonomie

**Objectifs :** Travail de démonstration et rédaction.

**Méthodes :**

#### Bibliographie

- N. Imnios, V. Girardin, *PROBABILITÉS EN VUE DES APPLICATIONS*, Vuibert, 2008  
H. Brézis *ANALYSE FONCTIONNELLE*, Dunod, 2020  
P. Billingsley *PROBABILITY AND MEASURE*, Wiley, 1995

#### Contrôle des connaissances

Savoir (75 %) : contrôle final  
Savoir-faire (25 %) : contrôle continu





## OUTILS MATHÉMATIQUES AVANCÉS POUR L'ANALYSE DES ÉQUATIONS AUX DÉRIVÉES

### NUMERICAL APPROXIMATION FOR ODES AND PDES

Responsable(s): Laurent SEPPECHER, Hélène HIVERT

| Cours : 18 | TD : 18 | TP : 0 | Autonomie : 12 | BE : 0.0 | Projet : 0.0 | Langue du cours : FR

#### Objectifs de la formation

L'objectif de l'action de formation est de donner aux élèves désireux de poursuivre leurs études d'ingénieurs vers des champs qui demandent un niveau avancé en mathématiques\* la possibilité d'approfondir les notions de base vues en S5 dans l'UE MTH avec des outils théoriques puissants et d'apprendre les bases des théories qui seront mises en application dans le parcours électif (S8 - S9 - option Mathématiques et Ingénierie du Risque).

(\*) modélisation, analyse numérique des équations aux dérivées partielles, méthode des éléments finis, problèmes inverses, statistique et probabilités, machine learning, finance ou bio-mathématique...

**Mots-clés :** Théorie de la mesure et de l'intégration, théorie des probabilités, topologie, analyse fonctionnelle, équations aux dérivées partielles, analyse numérique des EDP

#### Programme

- 1) Théorie de la mesure, intégration, théorie des probabilités.
- 2) Topologie, analyse fonctionnelle.
- 3) Analyse numérique des EDP.

#### Compétences

- Comprendre et démontrer les éléments théoriques de l'analyse et des probabilités.
- Donner des exemples et des contre-exemples.
- Modéliser mathématiquement, notion de problèmes bien posés.
- Comprendre et mettre en œuvre les méthodes numériques d'approximation des EDP.

#### Travail en autonomie

**Objectifs :** Travail de rédaction et de démonstration.

**Méthodes :**

#### Bibliographie

N. Limnios, V. Girardin, *PROBABILITÉS EN VUE DES APPLICATIONS*, Vuibert, 2008  
H. Brezis *ANALYSE FONCTIONNELLE - THÉORIE ET APPLICATIONS*, Dunod, 2005  
G. Allaire *ANALYSE NUMÉRIQUE ET OPTIMISATION*, Editions de l'Ecole polytechnique, 2005

#### Contrôle des connaissances

Savoir (75 %) : examen final  
Savoir-faire (25 %) : contrôle continu, exercices théorique et code en Matlab



## MULTIMÉDIA : CONCEPTS ET TECHNOLOGIES

### MULTIMEDIA : CONCEPTS AND TECHNOLOGIES

Responsable(s): Emmanuel DELLANDREA, Mohsen ARDABILIAN

| Cours : 16.0 | TD : 0.0 | TP : 18.0 | Autonomie : 14.0 | BE : 0.0 | Projet : 0.0 | Langue du cours : FR

### Objectifs de la formation

Familiarisation avec les concepts fondamentaux du multimédia et les différentes technologies, systèmes et méthodes d'analyse multimédia. La communication est l'un des facteurs du développement de l'industrie et de l'individu dans les sociétés modernes. Le changement rapide des sociétés et des technologies émergentes témoigne de l'évolution croissante de la nature des supports et environnements, aussi bien que des messages véhiculés. Il est plus facile aujourd'hui de transmettre une idée par une combinaison de textes, images ou et vidéo que par un simple document texte. Un document multimédia suit ainsi un cycle de vie et subit au passage des transformations. Ce cours décrit les concepts fondamentaux en les situant dans un panorama global.

**Mots-clés :** Interactivité, Information, Média, Numérique, Vidéo, Audio, Texte, Audiovisuel, Système, Contenu, Analyse par le contenu, Compression, Standard, Norme

### Programme

- 1) Les terminologies et concepts de base : La perception visuelle et auditive. L'échantillonnage et quantification. L'acquisition du son, image et vidéo. Les systèmes d'acquisition.
- 2) Analyse multimédia et ses applications : Analyse multimodale par le contenu (modalité visuelle, modalité auditive, modalité temporelle). Les principes de codage et de compression. Indexation automatique. Structuration automatique (résumé, chapitrage, etc.)
- 3) Présentation des standards et normes de description, compression et synchronisation : H.26x, JPEGs, MPEGs, SMIL et autres.

### Compétences

- Appréhender le principe général des différents procédés de codage et compression appliqués aux images, audio et vidéo.
- Être capable d'identifier les techniques de codage et de compression les plus adaptées en fonction de la nature des données multimédia.
- Comprendre le principe des méthodes d'analyse multimédia.
- Savoir mettre en œuvre des méthodes d'analyse audio/vidéo (segmentation, classification).

### Travail en autonomie

**Objectifs :** Permettre aux étudiants d'assimiler les notions et les concepts vus en cours et en BE.

**Méthodes :** Séances d'encadrement et de questions réponses avec les enseignants.

### Bibliographie

- P. Bellaïche, , *LES SECRETS DE L'IMAGE VIDÉO.*, Eyrolles., 2002  
T. Vaughan. *MULTIMEDIA-MAKING IT WORK (5ÈME ÉDITION)*, McGraw-Hill., 2002  
N. Chapman & J. Chapman. *DIGITAL MULTIMEDIA.*, Wiley., 2000

### Contrôle des connaissances

Note = 63 % savoir + 37 % savoir-faire  
Note de savoir = 100 % examen terminal  
Note de savoir-faire = 100 % contrôle continu



## ENDOMMAGEMENT ET RUINE DES MATÉRIAUX

### DAMAGE AND RUIN OF MATERIALS

Responsable(s): Vincent FRIDRICI, Bruno BERTHEL

| Cours : 22 | TD : 14 | TP : 0.0 | Autonomie : 12.0 | BE : 0.0 | Projet : 0.0 | Langue du cours : FR

#### Objectifs de la formation

La sécurité des structures, la nouvelle approche liée aux cindyniques (science des risques) et les concepts d'économie circulaire (prenant en compte le développement durable) maintiennent au plus haut niveau les exigences liées à la durabilité des structures. La prise en compte des fonctions essentielles de la structure doit intervenir dès les 1ères étapes de la conception. L'ingénieur doit être capable de prendre du recul afin de faire des choix appropriés de matériaux, en se basant sur les sollicitations soumises. Les objectifs de ce module sont donc de donner, dans la continuité des modules de tronc commun de l'UE IDM (et en partie des UE GM et MSS), des connaissances approfondies sur l'endommagement des matériaux dans les structures mécaniques.

**Mots-clés :** Endommagement des matériaux, mécanique de la rupture, fatigue, corrosion, tribologie

#### Programme

- Les grandes étapes de la vie d'une structure (2h).
- Déformation plastique et endommagement (2h).
- Mécanique de la rupture (4h).
- Endommagement par fatigue (6h).
- Éléments d'expertise des ruptures (2h).
- Tribologie et usure des contacts (4h).
- Corrosion (4h).
- Éléments de contrôle non destructif (2h) : Conférences industrielles (nucléaire, transport ...) (4h) ; point au début et à mi-parcours sur le travail en autonomie (2h).

#### Compétences

- Comprendre des enjeux industriels majeurs liés au risque de ruine des structures.
- Appréhender les différents mécanismes d'endommagement des matériaux.
- Formaliser des outils prédictifs et mise en place de solutions palliatives.

#### Travail en autonomie

**Objectifs :** Ce travail vise à comprendre les différents types d'endommagements et à en appréhender les enjeux dans un secteur industriel précis ou pour un matériau donné.

**Méthodes :** Étude bibliographique en binômes et si possible l'application des concepts vus en cours sur le sujet étudié. Ce travail est accompagné d'une présentation du choix du sujet au début et d'un bilan à mi-parcours auprès d'un enseignant de l'AF.

#### Bibliographie

JP. BAILON, JM DORLOT, *DES MATÉRIAUX*, Presses internationales Polytechnique, 2000  
C. BATHIAS, J.-P. BAILON *LA FATIGUE DES MATÉRIAUX ET DES STRUCTURES*, Hermès - Lavoisier, 1997  
J.-M. GEORGESFROTTEMENT, *USURE ET LUBRIFICATION*, Eyrolles, 2000

#### Contrôle des connaissances

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



## ELECTROCHIMIE ET CHIMITRONIQUE.

### ELECTROCHEMISTRY AND CHEMITRONICS

Responsable(s): Naoufel HADDOUR

| Cours : 12.0 | TD : 12.0 | TP : 8.0 | Autonomie : 12.0 | BE : 4 | Projet : 0.0 | Langue du cours : FR

#### Objectifs de la formation

L'objectif du cours est de comprendre la physicochimie des transferts électroniques aux interfaces électrode/électrolyte et les concepts du génie électrochimique. Il s'appuie sur un exemple concret de traitement d'un effluent industriel. Ce cours est principalement mené sous forme d'apprentissage par problème, en travail de groupe, avec une évaluation individuelle en fin de projet.

**Mots-clés :** Modèle Butler-Volmer, Cellules en flux, corrosion, électrolyse, batterie

#### Programme

Cet enseignement sera présenté sous forme d'une étude de cas pour aborder les notions suivantes :

- 1) Thermodynamique électrochimique : Réactions redox spontanées et forces. Tensions maximales et minimales pour les systèmes galvaniques et électrolytiques.
- 2) Cinétique électrochimique : Modèle Butler-Volmer avec et sans limitations de transport. Analyse du tracé de Tafel. Voltamétrie linéaire et cyclique.
- 3) Modes de transport de matière/Fluidique : Diffusion, migration et convection d'espèces électroactives dans différents systèmes.
- 4) Réacteurs électrochimiques : Architecture, caractérisation et dimensionnement.

#### Compétences

- Différencier les réactions galvaniques et électrolytiques.
- Déterminer l'efficacité thermodynamique électrochimique et la tension d'un système redox.
- Déterminer les modèles cinétiques clés à utiliser pour caractériser les dispositifs électrochimiques.
- Optimiser des électrodes et des conditions de fonctionnement pour des applications spécifiques.

#### Travail en autonomie

Objectifs :

Méthodes :

#### Bibliographie

Fabien MIOMANDRE, Saïd SADKI, Pierre AUDEBERT, *ÉLECTROCHIMIE DES CONCEPTS AUX APPLICATIONS*, Dunod, 2011  
Hartmut WENDT, Gerhard KREYSA *GÉNIE ÉLECTROCHIMIQUE*, Dunod, 2001  
François COEURET, Alain STORCK *ÉLÉMENTS DE GÉNIE ÉLECTROCHIMIQUE*, ParisTec et doc, 1993

#### Contrôle des connaissances

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



## COMPORTEMENT ANÉLASTIQUE DES STRUCTURES

### INELASTIC BEHAVIOUR OF STRUCTURES

Responsable(s): Cécile NOUGUIER, Francesco FROILIO

| Cours : 12.0 | TD : 6.0 | TP : 0.0 | Autonomie : 20.0 | BE : 0.0 | Projet : 10.0 | Langue du cours : FR

#### Objectifs de la formation

---

Élargir le champ de connaissances concernant les structures à comportement élastiques et anélastiques.

**Mots-clés :** Anisotropie, élasto-plasticité, thermo-élasticité, visco-élasticité

---

#### Programme

- Cours 1 et 2 : Éléments d'élasto-plasticité et notions d'anisotropie.
- Cours 3 et 4 : Méthode des déplacements et son application en thermo-élasticité des structures.
- Cours 5 et 6 : Plasticité dans les structures.

#### Compétences

- Situer l'élasticité linéaire dans un cadre théorique plus large.
- Utiliser des éléments de visco-thermo-élasticité ou élasto-plasticité pour l'analyse de structures.
- Structurer un problème mécanique en vue de sa résolution en mode projet.
- Utiliser des méthodes de résolution diverses : analytiques et numériques.

#### Travail en autonomie

**Objectifs :** Calcul analytique et/ou numérique de structures anélastiques.

**Méthodes :** Les élèves seront répartis sur 3 groupes de projet (8 élèves par groupe) ; le temps total alloué à chaque projet est de 30h (1/3 encadrée et 2/3 en autonomie).

#### Bibliographie

J. Lemaitre, J-L. Chaboche, *MÉCANIQUE DES MATÉRIAUX SOLIDES*, Dunod, 2001  
Albiges, Coin, Journet *ETUDE DES STRUCTURES PAR LES MÉTHODES MATRICIELLES*, Eyrolles, 1969  
S. Timoshenko *RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX*, Dunod, 1968

#### Contrôle des connaissances

Note = 60 % savoir + 40 % savoir-faire.  
Note de savoir = 100 % examen terminal.  
Note de savoir-faire = 100 % évaluation projet.



## CHIMIE MOLÉCULAIRE ET SUPRAMOLÉCULAIRE

### MOLECULAR AND SUPRAMOLECULAR CHEMISTRY

Responsable(s): Christelle YEROMONAHOS, Naoufel HADDOUR

| Cours : 12.0 | TD : 18.0 | TP : 0.0 | Autonomie : 18.0 | BE : 0.0 | Projet : 0.0 | Langue du cours : FR

#### Objectifs de la formation

Les métabolites sont des molécules de bas poids moléculaire, caractéristiques de nombreuses pathologies, mais noyés dans le sang parmi des grosses molécules. Leur détection pour le diagnostic clinique est un challenge. La fonctionnalisation chimique de surface pourrait permettre de capturer sélectivement des métabolites, à partir d'une goutte de sang, et d'augmenter la sensibilité de la détection (spectrométrie de masse).

L'objectif du cours est de comprendre pourquoi certains métabolites ont une affinité particulière avec certaines molécules de fonctionnalisation. Comment effectuer des choix pour modifier la nature chimique de la surface pour sélectionner au mieux les métabolites ciblés.

**Mots-clés :** Interactions intermoléculaires, simulations de dynamique moléculaire, diagnostic clinique innovant

#### Programme

Cet enseignement sera présenté sous forme d'une étude de cas.

Dans un premier temps, les propriétés physico-chimiques des molécules uniques seront présentées (structure, balance hydrophile-hydrophobe, charges).

Dans un deuxième temps, les propriétés physico-chimiques des structures supramoléculaires seront analysées à partir des propriétés des molécules uniques qui les constituent par la modélisation moléculaire (énergie d'interactions...).

Les résultats de cette analyse seront employés pour concevoir un outil d'analyse biomédicale.

#### Compétences

- C2N1 : Définit un système et ses frontières, identifie les phénomènes mis en jeu et propose un modèle simple. Formule les hypothèses.
- C2N3 : Caractérise la complexité d'un système, identifie les interactions et les sources d'incertitude.
- C1I1 : Réalise un état de l'art et met en œuvre des méthodes de créativité, sur un problème ouvert sur des questions techniques-scientifiques-économiques, et formalise le résultat.

#### Travail en autonomie

**Objectifs :** Modélisation moléculaire sur ordinateur

**Méthodes :**

#### Bibliographie

Franck, *CHIMIE PHARMACEUTIQUE*, De Boeck, 2005  
J.-M. Lehn *LA CHIMIE SUPRAMOLÉCULAIRE, CONCEPTS ET PERSPECTIVES*, De Boeck, 1997  
Trong Anh *INTRODUCTION À LA CHIMIE MOLÉCULAIRE*, Ellipses, 1994

#### Contrôle des connaissances

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



## CAPTEURS INTELLIGENTS COMMUNICANTS : SYSTÈMES D'INTERFACE

### COMMUNICANT AND INTELLIGENT SENSORS

Responsable(s): Cédric MARCHAND, David NAVARRO

| Cours : 16.0 | TD : 10.0 | TP : 8.0 | Autonomie : 14.0 | BE : 0.0 | Projet : 0.0 | Langue du cours : FR

#### Objectifs de la formation

---

L'objectif de ce cours est de décrire les différents systèmes composant une chaîne d'acquisition électronique (capteurs, circuits de traitement des signaux et données, actionneurs). Le cours s'appuie sur des applications modernes de systèmes de capteurs intelligents, communicants.

**Mots-clés :** Capteur, chaîne d'acquisition, microcontrôleur

---

#### Programme

- 0 - Introduction
- 1 - Capteurs
- 2 - Filtrage
- 3 - Conversion
- 4 - Modulation
- 5 - Microcontrôleurs

#### Compétences

#### Travail en autonomie

**Objectifs :** Appliquer les acquis des séances de cours et TDs à la préparation théorique des séances de TP. Rédaction des rapports finaux.

**Méthodes :** Exercice fourni avant le TP.

#### Bibliographie

B.P. Lathi, *MODERN ANALOG AND DIGITAL COMMUNICATION SYSTEMS.*, Oxford university press, 1998  
F. Cottet. *TRAITEMENT DU SIGNAL ET ACQUISITION DE DONNÉES*, Dunod, 2009  
H. Mathieu, H. Fanet. *PHYSIQUE DES SEMICONDUCTEURS ET DES COMPOSANTS ÉLECTRONIQUES*, Dunod, 2009

#### Contrôle des connaissances

Note = 50 % savoir + 50 % savoir-faire.  
Note de savoir-faire = 50 % TP1 + 50 % TP2.



## BIOMÉCANIQUE DES TISSUS VIVANTS ET BIOMATÉRIAUX PROTHÉTIQUES

### BIOMECHANICS OF LIVING TISSUE AND PROSTHETIC BIOMATERIALS

Responsable(s): Clotilde MINFRAY, Thierry HOC, Vincent FRIDRICI

| Cours : 20.0 | TD : 4.0 | TP : 4.0 | Autonomie : 18.0 | BE : 0.0 | Projet : 0.0 | Langue du cours : FR

#### Objectifs de la formation

Dans la problématique de développement de dispositifs prothétiques pour le biomédical et notamment en chirurgie orthopédique, il est nécessaire de connaître les propriétés des matériaux vivants pour choisir des substituts et les utiliser à bon escient. Ce module propose une étude détaillée des propriétés mécaniques de différents tissus vivants (os, peau, cellule, organe...). Le choix de matériaux bio-compatibles pour des prothèses sera ensuite abordé en discutant les problèmes engendrés par les sollicitations mécaniques et le milieu environnant (endommagement, biocompatibilité...). Le but est d'utiliser des notions de mécanique et science des matériaux pour justifier les choix faits de nos jours en terme de prothèses et de reconstruction osseuse.

**Mots-clés :** Biomécanique, Biomatériaux, Tissus vivants (os), prothèses articulaires

#### Programme

- Biomécanique.
- L'os : un matériau anisotrope vivant.
- Les tissus mous.
- De la cellule à l'organe.
- Biomatériaux.
- Les grandes classes de matériaux de substitutions (céramiques, métaux et polymères).
- Les propriétés des biomatériaux : biocompatibilité, frottement et usure, fatigue.
- BE : Synthèse d'un article scientifique concernant les biomatériaux.

#### Compétences

- Identifier les lois de comportement mécanique des tissus vivants (modèle rhéologique).
- Savoir expliquer le processus de repousse osseuse.
- Être capable d'appréhender les notions de biocompatibilité des matériaux.
- Connaître les grandes familles de matériaux utilisés dans les prothèses orthopédiques.

#### Travail en autonomie

**Objectifs :** Étude de cas dont le but est d'approfondir un sujet au choix.

**Méthodes :** Travail à faire en autonomie par groupe de 2 avec rapport écrit et présentation orale.

#### Bibliographie

B.D. Ratner , *BIOMATERIALS SCIENCE - THIRD EDITION. ACADEMIC PRESS, 2013*

#### Contrôle des connaissances

Note = 50 % savoir + 50 % savoir-faire.  
Note de savoir = 100 % examen terminal.  
Note de savoir-faire = 80 % examen terminal (étude de cas) + 20 % contrôle continu.





## ARCHITECTURES NUMÉRIQUES DE TRAITEMENT DE L'INFORMATION

### *DIGITAL ARCHITECTURES FOR COMPUTING AND INFORMATION PROCESSING*

Responsable(s): **Ian O CONNOR**

| Cours : 18 | TD : 10.0 | TP : 8.0 | Autonomie : 12 | BE : 0.0 | Projet : 0.0 | Langue du cours : FR

#### Objectifs de la formation

---

Mots-clés :

---

#### Programme

#### Compétences

#### Travail en autonomie

Objectifs :

Méthodes :

#### Bibliographie

#### Contrôle des connaissances



## ARCHITECTURES EMBARQUÉES ET INFORMATIQUE INDUSTRIELLE

### EMBEDDED SYSTEMS ARCHITECTURES

Responsable(s): David NAVARRO, Cédric MARCHAND

| Cours : 16.0 | TD : 10.0 | TP : 8.0 | Autonomie : 14.0 | BE : 0.0 | Projet : 0.0 | Langue du cours : FR

#### Objectifs de la formation

L'objectif de ce cours est de décrire les types de systèmes les plus courants dans les domaines de l'électronique embarquée et d'informatique industrielle (calculateurs). Les cours et TD permettront l'étude de calculateurs légers modernes, l'accent sera porté sur les architectures internes et la programmation de ces systèmes. Les travaux pratiques s'appuieront sur des applications concrètes dans les domaines de l'automobile et la domotique.

Mots-clés : Électronique embarquée, microcontrôleurs, architecture

#### Programme

- Introduction sur l'électronique analogique, numérique et mixte (alimentations, oscillateurs, monostable, astable, conception de cartes...)
- Architecture des composants configurables : CPLD, FPGA
- Architecture des microcontrôleurs (1)
- Architecture des microcontrôleurs (2)
- Architecture et programmation des microcontrôleurs (3) et des DSP (processeurs spécialisés)
- Architecture des processeurs, des mémoires et leur gestion
- Architecture matérielle et logicielle des réseaux de capteurs sans fil

#### Compétences

#### Travail en autonomie

Objectifs :

Méthodes :

#### Bibliographie

C. Tavernier, Dunod, 978-2-10-049978-6, *MICROCONTRÔLEURS PIC - DESCRIPTION ET MISE EN ŒUVRE*

#### Contrôle des connaissances

Examen écrit sans document ou appareil (2h), contrôle et notation de la préparation des TPs (autonomie), séances de TP notées. Note = 70 % savoir + 30 % savoir-faire (note de savoir = 100 % examen terminal / note de savoir-faire = 100 % contrôle continu - TP).



## APPLICATIONS CONCURRENTES, MOBILES ET RÉPARTIES EN JAVA

### SOFTWARE ENGINEERING: MODEL AND PROCESS BASED SOFTWARE DEVELOPMENT

Responsable(s): Stéphane DERRODE, Alexandre SAIDI

| Cours : 16 | TD : 0.0 | TP : 0.0 | Autonomie : 10 | BE : 22 | Projet : 0.0 | Langue du cours : FR

#### Objectifs de la formation

Après la découverte de la programmation objet en tronc commun, ce cours vise à poursuivre l'apprentissage de la programmation objet en étudiant : les interfaces homme-machine, ou comment offrir à l'utilisateur une belle interface ergonomique ; la concurrence, ou comment utiliser plusieurs cœurs d'un microprocesseur pour faire un calcul en parallèle ; la programmation répartie, ou comment faire travailler ensemble des ordinateurs distants sur un réseau. C'est l'un des principes du fonctionnement du cloud computing ; la programmation mobile, ou comment programmer sous Android.

**Mots-clés :** Informatique, Java, Android, concurrence, parallélisme, programmation répartie, IHM, interface utilisateur

#### Programme

- Le langage Java
- Programmation par événement (interfaces homme-machine, IHM)
- Programmation concurrente (processus, parallélisme du calcul)
- Programmation distribuée (Java RMI)
- Programmation des appareils informatique mobile (Android, Android Studio)

#### Compétences

- Savoir programmer en Java une application répartie sur plusieurs ordinateurs reliés par un réseau.
- Savoir développer une application concurrente utilisant plusieurs processeurs.
- Savoir programmer une interface utilisateur (IHM) ergonomique et fluide.
- Savoir développer une application Android.

#### Travail en autonomie

**Objectifs :** Réaliser plusieurs travaux de groupe visant à produire une application fonctionnelle en s'appuyant sur les concepts étudiés en cours.

**Méthodes :** Projets par groupe de 2 élèves, à réaliser en séances et en autonomie.

#### Bibliographie

Luigi Zaffalon, *PROGRAMMATION CONCURRENTE ET TEMPS RÉEL AVEC JAVA*, Presses Polytechniques Romandes, 2007  
Reto Meier *DÉVELOPPEMENT D'APPLICATIONS AVANCÉES*, Pearson France, 2012  
Serge Ungar, Nazim Benbourahla *DES FONDAMENTAUX DU DÉVELOPPEMENT JAVA À LA MISE EN PRATIQUE D'UNE APPLICATION SOUS ANDROID*, ENI, 2012

#### Contrôle des connaissances

Note = 50 % savoir + 50 % savoir-faire  
Note de savoir = 100 % examen terminal  
Note de savoir-faire = 33 % pour chacun des 3 CR de mini-projet



## ANALYSE DE DONNÉES ET RECONNAISSANCE DES FORMES

### DATA ANALYSIS AND PATTERN RECOGNITION

Responsable(s): Emmanuel DELLANDREA, Liming CHEN

| Cours : 14.0 | TD : 20.0 | TP : 0.0 | Autonomie : 14.0 | BE : 0.0 | Projet : 0.0 | Langue du cours : MI

#### Objectifs de la formation

L'analyse de données et la reconnaissance des formes ont pour but d'analyser et d'expliciter les concepts contenus dans des quantités importantes de données, issues de nombreuses sources. Ces méthodes ont des retombées applicatives sans cesse croissantes dans des domaines aussi divers que la vision par ordinateur, l'analyse du signal, la robotique, la médecine, la finance, le commerce électronique ou des applications militaires. Cet enseignement a donc pour objectif d'introduire les principes et techniques fondamentaux de l'analyse de données et de la reconnaissance de formes, et en particulier les approches descriptives (description automatique des concepts contenus dans les données), ainsi que les approches prédictives.

**Mots-clés :** Analyse de données, Reconnaissance de formes, apprentissage automatique, classification, régression, réseaux de neurones

#### Programme

- Analyses factorielles (ACP, AFC, ACM)
- Analyses discriminantes (LDA)
- Modèles linéaires pour la régression
- Régression logistique pour la classification
- Problème de sur-apprentissage et la régularisation
- Réseaux de neurones: représentation et apprentissage
- Conseils et pratiques pour appliquer l'apprentissage automatique
- Conception de systèmes d'apprentissage automatique

#### Compétences

- Comprendre le principe des principales méthodes d'analyse de données et de reconnaissance de formes.
- Savoir choisir la méthode d'analyse de données ou de reconnaissance de formes à mettre en œuvre en fonction des données et des objectifs de l'étude.
- Savoir mettre en œuvre les principales méthodes d'analyse de données et de reconnaissance de formes, et exploiter leurs résultats.
- Appréhender les principes de l'apprentissage statistique pour la régression et classification.

#### Travail en autonomie

**Objectifs :** Comprendre et assimiler les notions de cours mises en œuvre dans les TD.

**Méthodes :** Séances de questions/réponses avec les enseignants faisant suite aux TD pour aider à la réalisation des devoirs à rendre.

#### Bibliographie

Christopher M.Bishop, *PATTERN RECOGNITION AND MACHINE LEARNING*, Springer, 2006  
Richard O.Duda, Peter E.Hart, David G.Stork *PATTERN CLASSIFICATION*, John Wiley & Sons, 2001  
Trevor Hastie, Robert Tibshirani, Jerome Friedman *THE ELEMENTS OF STATISTICAL LEARNING*, Springer, 2011

#### Contrôle des connaissances

N1 : note de savoir (examen écrit)  
N2 : note de savoir-faire (moyenne des trois devoirs à rendre)  
Note AF =  $0.5 * N1 + 0.5 * N2$



## MÉCANIQUE QUANTIQUE ET APPLICATIONS

### QUANTUM MECHANICS AND APPLICATIONS

Responsable(s): Anne-Segolene CALLARD, José PENUELAS

| Cours : 18.0 | TD : 18.0 | TP : 0.0 | Autonomie : 12.0 | BE : 0.0 | Projet : 0.0 | Langue du cours : FR

#### Objectifs de la formation

La mécanique quantique est une des théories physiques la plus prédictive et des plus étendues qu'on connaisse. Elle permet de décrire les atomes et les constituants de la matière, mais elle est aussi nécessaire pour comprendre les assemblages de molécules, la nature de la lumière et la structure des solides. La mécanique quantique, une science fondamentale, est aussi à l'origine de grandes applications qui fondent notre société moderne : la plupart des produits de hautes technologies sont directement issus de concepts quantiques (ordinateur, laser, GPS, IRM...). L'objectif de ce cours est de proposer une introduction à la mécanique quantique et à ses principes généraux en utilisant notamment le formalisme de Dirac.

**Mots-clés :** Équation de Schrödinger, état quantique, postulats de la mécanique quantique, superposition, formalisme de Dirac, Hamiltonien, espace de Hilbert, spin, fermions, bosons, particules indiscernables

#### Programme

- Retour sur la dualité onde/ corpuscule - Construction de la théorie quantique.
- La mesure/ Évolution dans le temps des systèmes.
- Les postulats de la mécanique quantique.
- Les systèmes à deux états.
- Le moment cinétique.
- Le spin  $\frac{1}{2}$ .
- RMN.
- Les particules identiques.
- Les fermions, les bosons.

#### Compétences

- Être capable d'appréhender le domaine d'application de la mécanique quantique et la limite quantique/classique.
- Savoir appliquer les postulats de la théorie quantique.
- Être capable d'utiliser le formalisme de Dirac pour décrire un système quantique.
- Être capable de décrire l'état d'un système de plusieurs particules avec spin.

#### Travail en autonomie

**Objectifs :** Comprendre et assimiler le cours.

**Méthodes :** Séances de questions réponses, corrections d'annales de test en séance, exercices à traiter en autonomie.

#### Bibliographie

J-L Basdevant, J. Dalibard., *MÉCANIQUE QUANTIQUE*, Ed. de l'Ecole Polytechnique, 2002  
C. Cohen-Tannoudj i. et al. *MÉCANIQUE QUANTIQUE I*, Hermann, 1973  
C. Cohen-Tannoudj i. et al. *MÉCANIQUE QUANTIQUE II*, Hermann, 1973

#### Contrôle des connaissances

Note = 100 % savoir.  
Savoir = 90 % examen terminal + 10 % contrôle continu.



## MATÉRIAUX ET TRAITEMENTS DE SURFACE INNOVANTS

### *MATERIALS AND INNOVATIVE SURFACE TREATMENTS*

Responsable(s): **Stephane BENAYOUN, Stéphane VALETTE**

| Cours : 16.0 | TD : 16.0 | TP : 4.0 | Autonomie : 12 | BE : 0.0 | Projet : 0.0 | Langue du cours : FR

### Objectifs de la formation

---

Mots-clés :

---

#### Programme

#### Compétences

#### Travail en autonomie

Objectifs :

Méthodes :

#### Bibliographie

#### Contrôle des connaissances



## MATÉRIAUX AMORPHES POUR STRUCTURES FONCTIONNELLES INNOVANTES

### AMORPHOUS MATERIALS FOR INNOVATIVE FUNCTIONAL STRUCTURES

Responsable(s): Michelle SALVIA, Maria-Isabel DE BARROS BOUCHET

| Cours : 12.0 | TD : 14.0 | TP : 4.0 | Autonomie : 0.0 | BE : 0.0 | Projet : 0.0 | Langue du cours : FR

#### Objectifs de la formation

Les matériaux amorphes sont des matériaux de synthèse ou naturels utilisés dans un grand nombre d'applications. Pour ces matériaux, l'essor industriel et technologique a souvent précédé les préoccupations scientifiques en termes de caractérisation, de relation structures-propriétés et de modélisation du comportement et du cycle de vie. Actuellement, la science des verres est un domaine riche d'évolutions, aux multiples retombées technologiques dans des secteurs industriels divers (transports, génie civil, médical, agro-alimentaires)... Ce cours propose un approfondissement des connaissances centrées sur les particularités de ces matériaux et sur leurs applications. Intervenant extérieurs et visite d'un centre de recyclage.

**Mots-clés :** Verre, état vitreux, oxydes, polymères, élastomères, transition vitreuse, semi-cristallinité, comportement rhéologique, recyclage

#### Programme

- L'état amorphe de la matière : origines de l'ordre et du désordre.
- Procédés de fabrication.
- Réseaux et phénomènes de cristallisation.
- Méthodes de caractérisation : analyses thermiques, rayon X, Infrarouge.
- Structure et comportement rhéologique.
- Propriétés fonctionnelles : optiques, mémoire de forme, amortissement, isolation thermique, conduction électrique et applications innovantes dans différents secteurs industriels.
- Cycle de vie, caractérisation et recyclabilité d'un emballage (ex : bouteille de soda).

#### Compétences

- Acquérir des connaissances sur la structure et les techniques de caractérisation des matériaux amorphes dans l'objectif de mieux comprendre leurs propriétés.
- Définir les techniques de caractérisation et d'identification à mettre en œuvre en fonction du matériau à analyser.
- Avoir des notions concernant le recyclage des matériaux amorphes.
- Utiliser des connaissances acquises pour analyser la problématique de leur cycle de vie et en faire une analyse critique.

#### Travail en autonomie

**Objectifs :** Maîtrise de toutes les étapes de la vie d'une pièce en matériau amorphe depuis sa mise en œuvre jusqu'à son devenir après usage.

**Méthodes :** L'autonomie consiste à préparer les enseignements pratiques, rédiger les comptes-rendus et réaliser un projet bibliographique ayant trait à une problématique liée à la recyclabilité de ces matériaux. L'ensemble de ces activités se fait en groupe.

#### Bibliographie

Powell, Peter C, *ENGINEERING WITH POLYMERS*, Chapman & Hall, 1992  
Jerzy, Zarzycki *GLASSES AND THE VITREOUS STATE*, Cambridge University Press, 1991  
Duval, Claude *PRÉSENTATION MATIÈRES PLASTIQUES ET ENVIRONNEMENT - RECYCLAGE, VALORISATION, BIODÉGRADABILITÉ, ÉCO-CONCEPTION*, Dunod, 2009

#### Contrôle des connaissances

0.5 : savoir (test : QCM + exercices); 0.3 : savoir-faire (exposé oral du projet) ; 0.2 : méthodologie (compte-rendu TP).



## INGÉNIERIE MÉCANIQUE

### MECHANICAL ENGINEERING

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

| Cours : 4.0 | TD : 4.0 | TP : 0.0 | Autonomie : 16.0 | BE : 24.0 | Projet : 0.0 | Langue du cours : FR

### Objectifs de la formation

Étudier le dimensionnement de systèmes et structures mécaniques présents dans divers domaines d'application (génie civil, aéronautique, automobile...) en liant les aspects technologique, statique et dynamique.

Mots-clés : Dimensionnement, méthodologie et modélisation

#### Programme

Cours / TD :

- Introduction à la problématique du dimensionnement.
- Dimensionnement dynamique.

Études de Synthèse :

- Deux études permettent de montrer les liens existants entre les différents aspects du dimensionnement d'un système ou d'une structure mécanique.
- Exemples de thèmes abordés : dimensionnement d'un pont, dimensionnement d'une pince de levage, dimensionnement d'un embrayage automobile.

#### Compétences

- Connaître les bases du dimensionnement des structures mécaniques et les mettre en œuvre lors de BE s'appuyant sur des problèmes concrets.
- Travailler en groupe et savoir restituer lors des séances de BE.
- Savoir coupler les connaissances acquises dans plusieurs domaines de la mécanique.
- Savoir analyser et mettre en forme une problématique mécanique pour proposer un dimensionnement et en faire une synthèse.

#### Travail en autonomie

Objectifs : Travail sur les BE, mise en forme des résultats et rédaction.

Méthodes : Étude des systèmes proposés en BE, préparation des exposés d'évaluation.

#### Bibliographie

Georges Spinnler, *CONCEPTION DES MACHINES, TOMES 1, 2 & 3*, Presses polytechniques et universitaires romandes, 1997  
Daniel Gay & Jacques Gambelin *DIMENSIONNEMENT DES STRUCTURES, UNE INTRODUCTION*, Hermès science publications, 1999  
Claude Chèze *DIMENSIONNEMENT DES STRUCTURES*, Ellipses, 2012

#### Contrôle des connaissances

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





## ESTIMATION ET TRANSMISSION DE L'INFORMATION

### OPTIMAL FILTERING AND INFORMATION TRANSMISSION

Responsable(s): Eric BLANCO, Julien HULLERY, Laurent BAKO

| Cours : 12.0 | TD : 18.0 | TP : 4.0 | Autonomie : 14.0 | BE : 0.0 | Projet : 0.0 | Langue du cours : FR

#### Objectifs de la formation

L'essor des systèmes de communication et de traitement de l'information a entraîné l'émergence de nouveaux services. Cet essor est basé sur une appropriation toujours plus grande par le monde industriel de la théorie de l'information et des méthodes de traitement du signal dont les bases théoriques ont été présentées en Tronc Commun (STI tc2). L'enseignement complète l'exposé des bases et des méthodes du traitement du signal de façon à acquérir une panoplie complète d'outils permettant d'aborder la modélisation, l'analyse et le filtrage des signaux, ainsi que le fonctionnement des canaux de communication. Ces principes se retrouvent dans des applications comme les télécommunications, les capteurs logiciel ou le positionnement GPS.

**Mots-clés :** Signaux aléatoires, Filtre générateur, Filtre de Wiener, Filtre de Kalman, Théorie de l'information, Entropie d'une source, Capacité d'un canal, Théorèmes du codage

#### Programme

Partie 1 : Filtrage optimal  
1- Signaux aléatoires  
2- Filtrage de Wiener  
3- Filtrage de Kalman  
Partie 2 : Transmission de l'information  
1- Éléments de théorie de l'information  
2- Sources : entropie et codage  
3- Canal : capacité et codage

#### Compétences

- Modéliser un signal et mettre en forme un processus générateur.
- Concevoir un filtre optimal dans les domaines temporel ou fréquentiel.
- Réaliser un codage de source.
- Calculer les performances limites d'un système de communication.

#### Travail en autonomie

**Objectifs :** Réalisation et évaluation d'un système complet de transmission d'information à travers un canal, via la mise en œuvre des étapes de codage/décodage, modulation/démodulation et égalisation du canal.

**Méthodes :** Définition d'un cahier des charges, modélisation signaux/système, mise en œuvre sous matlab/simulink, mise en place d'un protocole d'évaluation des solutions proposées.

#### Bibliographie

T. Assefi, *STOCHASTIC PROCESSES AND ESTIMATION THEORY WITH APPLICATIONS*, John Wiley & Sons, 1979  
T. Cover, J. Thomas *ELEMENTS OF INFORMATION THEORY*, John Wiley & Sons, 2006  
O. Rioul *THÉORIE DE L'INFORMATION ET DU CODAGE*, Hermes Sciences, 2007

#### Contrôle des connaissances

Note = 70 % savoir + 30 % savoir-faire  
Note de savoir = 80 % examen terminal + 20 % contrôle continu  
Note de savoir-faire = 100 % examen terminal (oral)



## ELECTRONIQUE DE PUISSANCE

### POWER ELECTRONICS

Responsable(s): Christian VOLLAIRE, Arnaud BREARD

| Cours : 16 | TD : 10 | TP : 6.0 | Autonomie : 12 | BE : 4 | Projet : 0.0 | Langue du cours : FR

### Objectifs de la formation

À la fin de ce module, les élèves devront :

- comprendre l'intérêt et le rôle de l'électronique de puissance ;
- connaître les concepts fondamentaux qui gouvernent cette discipline ;
- connaître les principales structures de convertisseurs électroniques de puissance ;
- être capables de tracer les allures des courants et des tensions dans un convertisseur électronique de puissance à partir d'un schéma de principe ;
- être capables de choisir les interrupteurs électroniques de puissance pour un convertisseur et un cahier des

**Mots-clés :** Electronique de puissance, conversion statique de l'énergie électrique, efficacité énergétique des systèmes, composants électroniques passifs et actifs

### Programme

- Composants passifs en électronique de puissance
  - Rôles et importance
  - Composants inductifs
    - Technologie
    - Dimensionnement
  - Composants capacitifs
    - Technologies
    - Critères de choix
- Problèmes thermiques en électronique de puissance

### Compétences

### Travail en autonomie

**Objectifs :** Le travail en autonomie consiste à dimensionner un système à partir d'un cahier des charges et d'établir un modèle qui validera ce dimensionnement. Le système sera étudié en binôme avec un élève suivant le module de conversion électromécanique. Il s'agira d'une association convertisseur - actionneur électromécanique. Chaque élève pourra donc mettre à profit les enseignements

**Méthodes :** Dimensionner un dispositif par une approche analytique  
Construction d'un modèle et vérification de la pertinence des éléments de dimensionnement

### Bibliographie

- J.-P. Ferrieux, F. Forest, *ALIMENTATIONS À DÉCOUPAGE, CONVERTISSEURS À RÉSONANCE*, Masson
- J.-L. Cocquerelle *CEM ET ÉLECTRONIQUE DE PUISSANCE*, Technip
- R. W. Erickson, D. Maksimovic *FONDAMENTALS OF POWER ELECTRONICS*, Kluwer Academic Publishers

### Contrôle des connaissances

- La note de l'action de formation sera composée de
  - la note de savoir (75 %)
  - la note de savoir-faire (25 %)



## ÉCOULEMENTS SUPERSONIQUES

### SUPERSONIC FLOW

Responsable(s): **Didier DRAGNA, Marc JACOB**

| Cours : 16.0 | TD : 16.0 | TP : 2.0 | Autonomie : 10.0 | BE : 4 | Projet : 0.0 | Langue du cours : FR

### Objectifs de la formation

Ce cours est consacré aux écoulements compressibles à haute vitesse et à l'étude de la propagation des ondes de pression, ondes de détente et ondes de choc. Il est un prolongement du cours de Fluides et Énergie du tronc commun en proposant un approfondissement des connaissances en dynamique des gaz. Les applications traitées concernent essentiellement l'aérodynamique externe autour des engins à grande vitesse.

**Mots-clés :** Écoulements compressibles, Écoulements supersoniques, Onde de choc, Onde de détente

#### Programme

- Introduction.
- Équations de conservation.
- Écoulements quasi-unidimensionnels.
- Ondes de choc normales.
- Écoulements bi-dimensionnels.
- Ondes de choc obliques et ondes de détente.
- Interactions et ondes instationnaires.
- Écoulements linéarisés.

#### Compétences

- Déterminer le comportement d'un fluide compressible soumis à des sollicitations thermiques ou mécaniques.
- Dimensionner une tuyère convergente-divergente sous différentes conditions aval.
- Calculer les structures d'écoulement se développant autour d'un obstacle immergé dans un écoulement supersonique.
- Réaliser une analyse comparée et critique de résultats expérimentaux, numériques et analytiques.

#### Travail en autonomie

**Objectifs :** Mettre en application les notions théoriques de cours et confronter des résultats analytiques, numériques et expérimentaux.

**Méthodes :** Méthode 1 : dimensionner un statoréacteur et réaliser l'étude paramétrique des ses performances.

Méthode 2 : analyser et comparer les structures d'écoulement supersonique autour d'un profil en losange (essai réalisé dans une soufflerie supersonique).

#### Bibliographie

J. D. Anderson, *MODERN COMPRESSIBLE FLOW*, McGraw Hill, 2021

A. H. Shapiro *THE DYNAMICS AND THERMODYNAMICS OF COMPRESSIBLE FLUID FLOW*, Ronald Press Company, 1953

#### Contrôle des connaissances

Note = 0.35\* BE + 0.65\* examen

BE = rapport sur le travail réalisé en autonomie

Examen = test écrit de 2 h sans document avec formulaires fournis



## CONVERSION ÉLECTROMÉCANIQUE

### ELECTROMECHANICAL CONVERSION

Responsable(s): Eric VAGNON

| Cours : 14.0 | TD : 14.0 | TP : 6.0 | Autonomie : 14.0 | BE : 0.0 | Projet : 0.0 | Langue du cours : FR

#### Objectifs de la formation

L'objectif de ce cours est de présenter les phénomènes électromagnétiques avec leurs aspects énergétiques et de montrer comment passer, à partir des concepts fondamentaux de l'électromagnétisme, à la conception d'une machine électrique. Cette démarche est présentée sur l'exemple de la machine synchrone et illustrée par les différentes utilisations de cette machine. Cette démarche sera généralisée aux autres types de moteurs électriques afin de concevoir des modèles électriques exploitables pour la variation de vitesse.

**Mots-clés :** Énergie électromagnétique, force et puissance, actionneur, structures de conversion, fréquence-puissance, machine synchrone, alternateur, réseau, moteur, modèles de comportement électrique, contrôle- commande

#### Programme

- Introduction : aspects historiques et contexte de la conception des convertisseurs.
- Effort et puissance mécanique dans les systèmes électromagnétiques
- Les structures de conversion
- Constitution d'une machine synchrone
- Aspects technologiques
- Modèles électriques
- Contrôle et commande dans les principales utilisations.

#### Compétences

- Traduire les concepts fondamentaux de l'électromagnétisme en terme de conception d'une machine électrique.
- Adapter cette démarche à la machine synchrone.
- Créer des modèles électromagnétiques de différents niveaux à partir de données constructives.
- Analyser un modèle électrique d'un convertisseur électromécanique en vue de son contrôle et ou de sa commande.

#### Travail en autonomie

**Objectifs :** Dimensionner un système à partir d'un cahier des charges et établir un modèle qui validera ce dimensionnement en binôme avec un élève suivant le module Électronique de Puissance. L'évaluation consistera en un échange avec un enseignant afin de démontrer la pertinence du dimensionnement réalisé et de la modélisation.

**Méthodes :** Dimensionner un dispositif par une approche analytique. Construction d'un modèle et vérification de la pertinence des éléments de dimensionnement.

#### Bibliographie

Marcel JUFER, *ELECTROMÉCANIQUE*, raité d'électricité de l'EPFL - vol XIV, 1995  
Ernest MATAGNE *ELECTROMÉCANIQUE - CONVERTISSEURS D'ÉNERGIE ET ACTIONNEURS*, DUNOD, 2009

#### Contrôle des connaissances

Note = 70 % savoir + 30 % savoir-faire  
Note savoir = 100 % test final  
Note savoir-faire = 50 % note TP + 50 % note autonomie



## COMMANDE MULTI-ACTIONNEURS MULTI-CAPTEURS

### MULTI-SENSOR, MULTI-ACTIVATOR CONTROL

Responsable(s): Gérard SCORLETTI, Catherine MUSY, Eric BLANCO

| Cours : 12.0 | TD : 18.0 | TP : 4.0 | Autonomie : 14.0 | BE : 0.0 | Projet : 0.0 | Langue du cours : FR

#### Objectifs de la formation

L'exigence de performance dans les systèmes technologiques entraîne l'extension de l'utilisation des correcteurs, autrefois réservés aux systèmes de haute technologie (aérospatial...) vers les systèmes du quotidien (automobiles, métros, habitat...). Les enjeux industriels actuels se traduisent par des cahiers des charges serrés, de procédés de plus en plus complexes, avec des temps de développement courts. Un enjeu majeur est de concevoir efficacement les correcteurs pour des procédés à plusieurs actionneurs et plusieurs capteurs, appelés aussi systèmes multivariables (pilotage d'avions, lanceurs spatiaux...). Prérequis pour le Master "Génie des Systèmes Automatisés" et base pour les options "Aéronautique" et "Transport Terrestre".

**Mots-clés :** Automatique, Représentation d'état, Commande par retour d'état, commande multivariable, observateurs

#### Programme

- Analyser le comportement dynamique d'un système.
- Concevoir une Commande modale.
- Concevoir une Commande multivariable en performance.
- Concevoir un observateur par approche modale.

#### Compétences

- Analyser le comportement dynamique et statique d'un système.
- Concevoir une Commande modale.
- Concevoir une Commande multivariable en performance.
- Concevoir un observateur par approche modale.

#### Travail en autonomie

**Objectifs :** Mettre en place une démarche d'ingénierie en mobilisant savoir et savoir-faire acquis au cours de l'AF.

**Méthodes :** Résoudre un problème pratique et original de commande en appliquant les méthodes et outils numériques acquis au cours de l'AF.

#### Bibliographie

G. SCORLETTI, *COMMANDE MULTI-ACTIONNEURS MULTI-CAPTEURS*, Polycop ECL, 2014  
R.C. DORF and R.H. BISHOP *MODERN CONTROL SYSTEMS*, Pearson Prentice Hall, 2005  
G. F. FRANKLIN, J. D. POWELL and A. EMAMI-NAENI *FEEDBACK CONTROL OF DYNAMIC SYSTEMS*, AddisonWesley, 1986

#### Contrôle des connaissances

Test final écrit individuel 2 heures (savoir) et évaluation orale individuelle de l'autonomie (savoir-faire).  
Note AF =  $2/3 * S + 1/3 * SF$ .



## AUTOMATIQUE ET PHÉNOMÈNES NON-LINÉAIRES

### AUTOMATIC CONTROL WITH NONLINEAR PHENOMENA

Responsable(s): Gérard SCORLETTI, Giacomo CASADEI

| Cours : 12.0 | TD : 18.0 | TP : 4.0 | Autonomie : 14.0 | BE : 0.0 | Projet : 0.0 | Langue du cours : FR

#### Objectifs de la formation

Les exigences de performance dans les systèmes technologiques ont entraîné la généralisation de correcteurs par rétroaction et l'apparition de phénomènes non-linéaires. Or les correcteurs les plus utilisés sont basés sur la linéarité. Le cours présente le comportement des systèmes non-linéaires et des méthodes permettant de prévoir l'apparition de ce comportement pour des systèmes en boucle fermée conçus sous l'hypothèse de linéarité, et la modification du correcteur pour éviter ces phénomènes. Le cours présente ensuite la conception d'un correcteur pour un système à commander représenté par un modèle non-linéaire. (Prérequis Master "Génie des Systèmes Automatisés" et base les options "Aéronautique" et "Transport Terrestre").

**Mots-clés :** Automatique, Systèmes non linéaires, commande, analyse

#### Programme

- Introduction générale sur la problématique.
- Analyse des systèmes en boucle fermée en présence d'une non-linéarité.
- Analyse des systèmes non-linéaires : approche générale.
- Commande des systèmes non-linéaires.

#### Compétences

- Analyser le comportement dynamique d'un système bouclé en présence de non linéarités.
- Commander les systèmes non linéaires.
- Traiter une application industrielle présentant des non-linéarités.

#### Travail en autonomie

**Objectifs :** Mettre en place une démarche d'ingénierie en mobilisant savoir et savoir-faire acquis au cours de l'AF.

**Méthodes :** Résoudre un problème pratique et original de commande en présence de non linéarités en appliquant les méthodes et outils numériques acquis au cours de l'AF.

#### Bibliographie

- G. Casadei et G. Scorletti, *AUTOMATIQUE & PHÉNOMÈNES NON LINÉAIRES*, Document de cours ECS a 3, 2021  
G. Scorletti *COMMANDE MULTI-ACTIONNEURS MULTI-CAPTEURS.*, Document de cours ECS a 4, 189 pages, 2018  
H. Khalil *NONLINEAR SYSTEMS 3D EDITION*, Prentice Hall, 2002

#### Contrôle des connaissances

Test final écrit individuel 2 heures (savoir) et évaluation orale individuelle de l'autonomie (savoir-faire).  
Note AF =  $2/3 * S + 1/3 * SF$



## ACOUSTIQUE ET ONDES DANS LES FLUIDES

### ACOUSTICS AND WAVES IN FLUIDS

Responsable(s): **Didier DRAGNA, Gilles ROBERT**

| Cours : 20.0 | TD : 24.0 | TP : 4.0 | Autonomie : 0.0 | BE : 0.0 | Projet : 0.0 | Langue du cours : FR

#### Objectifs de la formation

Acquérir les connaissances de base en acoustique et en propagation des ondes dans les fluides

**Mots-clés :** Acoustique, Son, Bruit, Ondes, Relations de dispersion, Vitesses de phase et de groupe

#### Programme

##### I Acoustique

1. Les ondes sonores comme perturbations linéaires des équations de la mécanique des fluides.
2. Aspects perceptifs : déciBels, courbes de pondération.
3. Equation de propagation des ondes ; énergie et intensité acoustique. Description dans le domaine fréquentiel ; équation de Helmholtz.
4. Ondes planes et ondes sphériques ; impédance caractéristique ; champ proche, champ lointain.
5. Réflexion aux interfaces. Notion d'impédance.

#### Compétences

- Calculs simples d'acoustique (niveaux sonore, puissance de source, dB, ..)
- Maîtrise des sources élémentaires (planes, sphériques)
- Posséder des notions sur les échelles de déciBels, la caractérisation des nuisances sonores et leur perception
- Maîtriser les techniques générales d'analyse de la propagation linéaire d'ondes dans les fluides : relations de dispersion, approximation haute fréquence

#### Travail en autonomie

**Objectifs :** Analyse et dimensionnement d'un silencieux.

**Méthodes :** Analyse du problème conduisant à la formalisation du cahier des charges  
Proposition d'un dimensionnement pour le silencieux sur la base de développements analytiques.  
Discussion des limites de la solution proposée et perspectives d'amélioration

#### Bibliographie

- A. D. Pierce, *ACOUSTICS, AN INTRODUCTION TO ITS PHYSICAL PRINCIPLES AND APPLICATIONS*, Springer, 2019  
J. Lighthill *WAVES IN FLUIDS*, Cambridge University Press, 1978  
G. B. Whitham *LINEAR AND NONLINEAR WAVES*, Wiley, 1974

#### Contrôle des connaissances

Note = 0.6\* Examen + 0.4\* (BE + TP)  
BE = rapport sur le travail réalisé en autonomie  
TP = rapport sur le TP matériaux