

Liste matières S6 CMI Mécanique

- [Équations aux dérivées partielles 2 \(3A003\)](#)
- [Structures élastiques \(3A006\)](#)
- [Mécanique des fluides \(3A007\)](#)
- [Thermodynamique et thermique \(3A001\)](#)
- [Équilibre, stabilité et vibrations \(3A103\)](#)
- [Projet \(3A104\)](#)

Syllabus voir pages suivantes

Intitulé de l'Unité d'Enseignement	Equations aux dérivées partielles de la mécanique 2	Code de l'UE	3A003
Descriptif de l'unité			
Volumes horaires globaux (CM + TD + TP+ projet, autre...)		30h : CM 14h, TD 16 h	
Nombre de crédits		3 ECTS	
Année de Licence et période		L3-S6	
1. Objectifs de l'Unité d'Enseignement			
<p>L'objectif de cet enseignement est d'étudier sur un plan mathématique les équations aux dérivées partielles qui régissent les problèmes classiques de la mécanique : équation de la chaleur, advection- convection-diffusion, ondes, élasticité statique et dynamique, Navier-Stokes. L'accent sera mis sur les formulations variationnelles des équations pour lesquelles on présentera des résultats d'existence et unicité des solutions, avec des applications sur des problèmes de la mécanique, en dimension 1 d'espace. Sur ces bases, la notion de solution approchée sera abordée et des méthodes d'approximation numérique seront introduites.</p>			
2. Contenu de l'Unité d'Enseignement			
<ul style="list-style-type: none">• Introduction à la notion de problème bien posé et aux méthodes variationnelles (1c)• Cadre fonctionnel : espaces de Sobolev en dimension $n=1,2,3$. Notions de dérivée faible et de trace. (1c)• Formulation variationnelle des problèmes aux limites elliptiques. Exemple type : conduction de la chaleur stationnaire, Théorème de Lax-Milgram. Conditions aux limites de type Dirichlet, Neumann et Robin (ou Fourier). (2c)• Approximation variationnelle : solutions approchées, estimation d'erreur, principe de la méthode des éléments finis : exemples (1c)• ?? Problèmes aux valeurs propres et méthodes de résolution pour les problèmes d'évolution, application au problème de conduction de la chaleur instationnaire et au problème de propagation des ondes dans un guide d'onde (dimension 1 d'espace) (2c)			
3. Pré-requis			
<p>Fonctions de plusieurs variables - Intégrales multiples – Eléments de topologie : convergence de fonctions, espaces de Hilbert, applications linéaires et continues</p>			
4. Références bibliographiques			
<p>Haim Brezis, Analyse fonctionnelle, Masson 1983 P.A.Raviart et J.M. Thomas, Introduction à l'analyse numérique des équations aux dérivées partielles, Masson 1992 G. Allaire, Analyse numérique et optimisation, Edition Ecole Polytechnique, 2005</p>			
5. Compétences développées dans l'unité			
<ul style="list-style-type: none">• Analyser un problème mathématique modélisant un problème de mécanique des milieux continus et vérifier s'il est bien posé.• Etablir, par des raisonnements mathématiques dans un cadre abstrait, une formulation équivalente (faible), permettant de construire ensuite des solutions approchées.			

Intitulé de l'Unité d'Enseignement	Mécanique des fluides	Code de l'UE	3A007
Descriptif de l'unité			
Volumes horaires globaux (CM + TD + TP+ projet, autre...)		CM 26h +TD 26h + TP 8h	
Nombre de crédits		6	
Année de Licence et période		L3, S6 – majeure et mineure Mécanique	
1. Objectifs de l'Unité d'Enseignement			
<p>Cet enseignement est dans la continuité de l'enseignement de Mécanique des Milieux Continus (MMC) du S5, sur lequel il s'appuie. Il vise à étendre et appliquer les connaissances acquises en MMC a l'étude plus particulière des écoulements de fluides. L'objectif est de donner aux étudiants des bases solides sur les lois de conservation générales applicables à l'étude des écoulements de fluides. Le contexte est volontairement limité aux écoulements monophasiques d'une substance pure, et étudie les différentes approximations rencontrées (incompressible, anélastique, compressible).</p>			
2. Contenu de l'Unité d'Enseignement			
<ul style="list-style-type: none">• Introduction à la mécanique des fluides (exemples d'applications, problèmes rencontrés). Lois de conservation (masse, quantité de mouvement, énergie) et de comportement (viscosité et conductivité thermique). Equations de Transport Dérivées (énergie cinétique, température statique, entropie – Lois intégrales de conservation (poussée, traînée, moment). Vitesse du son et nombre de Mach.• Ecoulements incompressibles : Simplification des Equations de Navier-Stokes - Equation de la température en écoulements incompressibles et approximation anélastique– Exemples de Solutions Exactes – Similitude (Nombres de Reynolds, Strouhal, Froude, ...) - Couche limite sur plaque plane (Approximation de Prandtl, solution de Blasius, épaisseurs intégrales et leur relation au coefficient de frottement)• Ecoulements compressibles : Rappels de thermodynamique et hypothèse d'équilibre local - Grandeurs thermodynamiques statiques et totales - Echauffement aérodynamique - Exemples de Solutions Exactes (Couette compressible, structure interne d'une onde-de-choc) – Ecoulements compressibles quasi-1D			
3. Pré-requis			
Bases de la Mécanique des Milieux Continus, 3A004			
4. Références bibliographiques			
<ul style="list-style-type: none">• S. Candel : Dynamique des Fluides (1990) Masson, Paris			
5. Compétences développées dans l'unité			
<ul style="list-style-type: none">• Connaissances des lois et des équations générales de la mécanique des fluides ; lien avec les connaissances acquises en MMC ;• Notions de similitude ; opérateurs (div, grad rot) et notation indicelle			

Intitulé de l'Unité d'Enseignement	Structures élastiques	Code de l'UE	3A006
Descriptif de l'unité			
Volumes horaires globaux (CM + TD + TP+ projet, autre...)	CM : 24 h, TD : 30 h, TP : 6 h		
Nombre de crédits	6 ECTS		
Année de Licence et période	L3 – S6 Unité majeure mécanique		
1. Objectifs de l'Unité d'Enseignement			
<p>L'objectif de cette unité est de compléter et d'approfondir les concepts de bases de mécanique des milieux continus pour des milieux solides déformables. Dans une première partie, les méthodes de résolution de problèmes d'élasticité linéaire tridimensionnels par approches en déplacement et en contrainte seront formalisées, puis illustrées sur des problèmes classiques : traction, torsion, flexion. Les approximations de déformations et contraintes planes seront également détaillées.</p> <p>La seconde partie de l'unité est consacrée à la modélisation des milieux curvilignes de type poutres et treillis. Les hypothèses géométriques sont tout d'abord formulées, la modélisation des efforts de cohésion est introduite et les équations de statique des poutres sont établies. La cinématique des poutres et les lois de comportement en théorie naturelle et de Bernoulli sont ensuite décrites. Enfin, les méthodes énergétiques sont présentées et appliquées au calcul de structures hyperstatiques.</p>			
2. Contenu de l'Unité d'Enseignement			
<ul style="list-style-type: none">Partie 1 : Elasticité tridimensionnelle – méthodes de résolutions et problèmes classiques<ul style="list-style-type: none">Formulation et méthodes de résolution de problèmes d'élasticité linéarisés tridimensionnels: approche en déplacement, contraintesApproximation contrainte et déformation planesRésolution et analyse des problèmes classiques de traction, flexion, torsionPartie 2 : Milieux curvilignes – Théorie des poutres<ul style="list-style-type: none">Statique des Poutres : Modèle géométrique, modélisation des efforts extérieurs et intérieurs, équations locales d'équilibreCinématique des poutres et Lois de comportement : Cinématique, déformation, Théorie naturelle (Timoshenko) - Hypothèse de Bernoulli, Relations de comportement, contraintesMéthodes d'énergétique - Structures hyperstatiques : Energie de déformation élastique, théorème de Castigliano et application au calcul de déplacements, Théorème de Ménabréa et applications aux structures hyperstatiquesTravaux pratiques expérimentaux : mesure de déformations, flexion de poutre et Treillis, cylindre en pression.			
3. Pré-requis			
Bases de Mécanique des Milieux Continus indispensable. Analyse vectorielle et tensorielle.			
4. Références bibliographiques			
<ul style="list-style-type: none">G. Duvaut, Mécanique des Milieux Continus, Dunod 1990,H. Dumontet, et al. , Exercices corrigés de mécanique des milieux continus, Dunod 1998.J. Salençon, Mécanique des milieux Continus, Tomes 2 et 3, Edition Ecole Polytechnique, 2005.S.P. Timoshenko, Résistance des matériaux, Tomes 1 et 2. Dunod, Paris, 1990.			
5. Compétences développées dans l'unité			
<ul style="list-style-type: none">Savoir modéliser des problèmes simples d'équilibre de structures et poutres élastiques linéairesSavoir mettre en place une méthode de résolution de ces problèmesCapacité à analyser les solutions de ces problèmesConnaître les limites des modélisations proposées et la qualité des solutions approchées construites.			

Intitulé de l'Unité d'Enseignement	Thermodynamique et thermique	Code de l'UE	3A001
Descriptif de l'unité			
Volumes horaires globaux (CM + TD + TP+ projet, autre...)		CM 26 h, TD 26 h, TP 6 h	
Nombre de crédits		6 ECTS	
Année de Licence et période		L3 S6 majeure mécanique	
1. Objectifs de l'Unité d'Enseignement			
<p>Le premier volet de cette UE vise à consolider les connaissances de thermodynamique acquises en L2. A ces fins, le concept d'énergie et des propriétés internes des fluides (passage micro, macro, changement de phase...) sera développé. Les méthodes d'analyse, de comportement et d'évolution de systèmes en équilibres et réels seront développées. Le premier principe et le deuxième principe de la thermodynamique seront généralisés à un système quelconque (gaz, solution, solide, milieu paramagnétique) et à des systèmes ouverts et aux mélanges à espèces multiples. Diagrammes (p,v), (p,T), (h,s), (T,s), etc. Le second objectif du cours est de montrer le passage de concepts théoriques aux modèles utilisables par les ingénieurs en particulier via des exercices balayant une gamme d'applications la plus large possible (échangeurs, compresseurs, turbines, liquéfacteurs, moteurs à combustion interne, machines frigorifiques, turbopropulseurs et turboréacteurs, centrales thermiques, systèmes poly générés, piles à combustible, etc.). Une attention particulière est accordée aux phénomènes liés aux changement de phases de corps purs ou de mélanges, et aux mélanges réactifs rencontrés dans multiples et diverses applications relevant du domaine de la thermochimie partie intégrante de l'énergétique (combustion, propulsion, plasma, etc.).</p> <p>Le deuxième volet de cette UE s'intéresse au domaine des échanges thermiques et, tout particulièrement, à l'étude de la diffusion de chaleur en régime transitoire. Ce volet, s'appuyant sur des notions de transfert thermique abordées au niveau L2, une introduction générale sur les différents modes de transferts de chaleur, les propriétés thermo-physiques mises en jeu ainsi que sur les principales lois d'échange thermique en <i>régime stationnaire</i> seront brièvement rappelées. En rajoutant la dimension « temps », des notions nouvelles telles que la diffusivité thermique et la constante de temps thermique, épaisseur de pénétration thermique sont introduites. L'équation de la chaleur en régime transitoire n'étant pas toujours facile à intégrer (suivant la complexité des conditions aux limites et initiales), des solutions exactes ou approchées sont obtenues en utilisant des méthodes mathématiques (théorie des solutions affines, séparation des variables, transformée de Laplace, etc.). Deux exemples de problèmes transitoires, représentant des cas simplifiés, seront abordés : le bloc <i>isotherme</i> ($T = T(t)$) et la <i>conduction instationnaire unidirectionnelle</i> (dans un mur semi-infini et dans un mur d'épaisseur finie).</p> <p>Chacun de ces problèmes sera illustré par un ou plusieurs exemples d'application (temps de réponse d'un thermocouple, estimation de l'âge de la terre à partir du modèle de Kelvin, variations de température nocturnes au niveau de la mer, échanges thermiques au travers de parois d'épaisseurs fines ou dans des ailettes, étude d'échangeurs, climatisation, centrale thermique, thermique de l'habitat, etc.).</p>			
2. Contenu de l'Unité d'Enseignement			
1) THERMODYNAMIQUE			
<ul style="list-style-type: none">1er et 2eme principes: bilan d'énergie, d'entropie et d'exergie. Transformations thermodynamiques d'un système, transferts d'énergie (énergie, travail, chaleur, masse), irréversibilités ; phénomènes irréversibles et production d'entropie.Coefficients calorimétriquesGénéralisation des fonctions thermodynamiques. Potentiels thermodynamiques U,F,G,H et équilibre.Changement de phase - caractérisation d'un mélange. Equilibre d'un corps pur sous deux phasesNotions de mélangesEnergie et conversion de l'énergie, analyse de systèmes de conversion d'énergie (ordre de grandeur des énergies et puissances déployées, souplesse d'utilisation, intermittence de l'énergie disponible, nuisances...).Machine de conversion d'énergie. Etudes des principaux cycles thermodynamiques (Rankine, Hirn, Brayton, Otto, Stirling, Diesel, Atkinson, machine frigorifique et de climatisation etc.).Oxydo réduction et électro-chimie, équilibre des réactions d'oxydo réduction- application aux systèmes de stockage de l'énergie (pile à combustible).Notion de potentiel chimique, pression osmotique d'équilibre directe et inverse.			

Thermodynamique chimique, équation de Gibbs généralisée, loi de déplacement d'équilibre, température adiabatique de combustion, notions de cinétique chimique.

2) THERMIQUE

- Thermique instationnaire unidirectionnelle $T(x,t)$:
Equation de la chaleur en régime transitoire. Diffusion de la chaleur, diffusivité thermique.
- Modèle du bloc isotherme. Nombre de Biot, nombre de Fourier. Temps caractéristique de relaxation thermique, constante de temps thermique. Analogie électrique.
- Milieu conducteur dans un liquide avec effets convectifs à la surface.
- Applications : Chauffage par four Micro-onde. Refroidissement de laves volcaniques par rayonnement, convection et conduction. Fil électrique rayonnant.
- Mur semi infini. Température uniforme imposée – Flux uniforme imposé.
- Epaisseur de pénétration thermique. Solutions affines.
- Applications : Réchauffement de l'eau d'un lac, âge de la formation de la terre, modèle de Kelvin, refroidissement d'une galerie dans une mine de sel
- Milieu conducteur d'épaisseur finie
- Mur d'épaisseur finie soumis à des conditions de température ou de flux sur ses deux faces
- Méthode de séparation de variables : $T(x,t) = f(x) g(t)$
- Variation totale d'entropie - Variation externe d'entropie - Production d'entropie
- Solutions cylindriques ou sphériques de type exponentielles décroissantes : Source linéaire d'énergie, source ponctuelle d'énergie.
- Applications : Explosion nucléaire en sous-sol, étincelle dans l'air
- Résolution de l'équation de la chaleur par les méthodes utilisant la transformée de Laplace et la transformée de Fourier. Applications : Mur semi infini - Température de surface variant sinusoidalement

Travaux pratiques

2 TP de thermodynamique parmi 4 :

- TP1 : Centrale de traitement d'air
- TP1bis : Changement de phase
- TP2 : Compresseur
- TP2bis : Turbine à réaction

1 TP de thermique parmi 2

- TP1 : Bloc isotherme
- TP2 : Conduction stationnaire

3. Pré-requis

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

4. Références bibliographiques

- M. J. Moran, H.N. Shapiro, "Fundamentals of Engineering Thermodynamics", 1999, 4th edition Wiley.
- J.P. Perez « Thermodynamique, Fondements et applications », Enseignement de la physique, 2nd édition 1997, Masson.
- Lucien Borel, Daniel Favrat, « Thermodynamique et énergétique - Volume 1, De l'énergie à l'exergie », édition revue et augmentée Editeur : PPUR
- Lucien Borel, Daniel Favrat, Dinh Lan Nguyen, Magdi Batato, « Thermodynamique et énergétique - Tome 2, Problèmes résolus et exercices », édition revue et augmentée, Editeur : PPUR
- Barney L. Capehart, Wayne C. Turner, William J. Kennedy, "Guide to energy management" Fifth Edition 2006 by The Fairmont Press
- Smith, J.M., H.C. Van Ness, and M.M. Abbott, "Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics," 7th ed., McGraw-Hill, New York (2005).
- Chen, W.Y., "Study Guide for Chemical Engineering Thermodynamics," University of Mississippi, revised, 2006.
- F. Meunier, « Aide mémoire, Thermodynamique de l'Ingénieur, Énergétique, environnement » 2004 Dunod
- Hubert Lombroso, « Thermodynamique » Ediscience
- Franck P. Incropera, David P. De Witt « Fundamentals of Heat and Mass Transfer » Ed John Wiley & Son 1990
- J.F. Sacadura « Initiation aux Transferts Thermiques » Ed Technique et documentation Lavoisier 1980

5. Compétences développées dans l'unité

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

Intitulé de l'Unité d'Enseignement		Équilibre, stabilité et vibrations	Code de l'UE	3A103
Descriptif de l'unité				
Volumes horaires globaux (CM + TD + TP+ projet, autre...)		CM 26 h, TD 26 h, TP : 6 h		
Nombre de crédits		6 ECTS		
Année de Licence et période		L3 – S6 Unité complémentaire mécanique		
1. Objectifs de l'Unité d'Enseignement				
<p>L'objectif de ce cours est double avec d'une part une sensibilisation aux notions d'équilibre et de stabilité de structures et d'autre part une introduction à la dynamique de systèmes discrets.</p> <p>Les concepts de stabilité et d'équilibre sont d'une importance pratique fondamentale. Ils permettent de déterminer si une position d'équilibre perdurera sous l'effet de perturbations, tant dans une optique de dimensionnement que de contrôle d'une structure mécanique. La première partie du cours est consacrée à l'étude de l'équilibre et de stabilité de systèmes non linéaires à un 1 et n degrés de liberté.</p> <p>La dynamique des systèmes mécaniques s'intéresse à des phénomènes variant au cours du temps dont on cherche à prédire l'évolution. La seconde partie du cours concerne l'étude des vibrations de systèmes de solides rigides amortis et non amortis à 1 et n degré de liberté. Des classes de solutions typiques sont dégagées et des méthodes générales de résolution applicables à des problèmes simples de dynamiques des structures sont présentées. Une ouverture sur les vibrations de milieux continus est faite en fin de cours en lien avec le module de mécanique des milieux continus.</p>				
2. Contenu de l'Unité d'Enseignement				
<ul style="list-style-type: none">Partie équilibre et stabilité :<ul style="list-style-type: none">Degrés de liaison, degrés de libertés, paramétrages d'assemblages de corps rigidesCharges mortes, charges conservatives, travail et énergie potentielleEquilibre et stabilité de systèmes non linéaires à un 1 degré de libertéBranches d'équilibre, points de bifurcation, points limites et échanges de stabilitéEquilibre et stabilité de systèmes non linéaires à n degré de libertéPetits mouvements autour d'une position d'équilibre et rôle de la stabilitéPartie vibration :<ul style="list-style-type: none">Vibrations linéaires des systèmes amortis à 1 degré de libertéVibrations libres et forcées sous excitations quelconquesModélisation, Réponse en fréquence, résonanceVibrations linéaires des systèmes conservatifs à n degrés de libertéModélisation, Vibrations libres et modes propresIntroduction aux vibrations des milieux continusTravaux Pratiques expérimentaux<ul style="list-style-type: none">Modèle de bâtiment, systèmes masse ressort, étude de cordes vibrantes, modèle de suspension				
3. Pré-requis				
Dynamique du solide des corps rigides – Fonctions à plusieurs variables – Systèmes différentiels				
4. Références bibliographiques				
<ul style="list-style-type: none">Michel del Pedro, Pierre Pahud, Mécanique Vibratoire, Systèmes discrets linéaires, Editeur : PPUD, 2009.Georges Venizelos Vibrations des structures, Ellipse, 2011.Nguyen Quoc Son, Stabilité des structures élastiques, Springer, 1995.M. S. El Naschie ,Stress, stability and chaos in structural engineering : an energy approach, McGraw-Hill,1990.E. Delangre, A. Chaigne, Dynamique et Vibrations, Edition de l'Ecole Polytechnique, Ellipse, 2008.				
5. Compétences développées dans l'unité				
<ul style="list-style-type: none">Savoir formuler des problèmes simples de dynamique des solides et les résoudre.Savoir étudier des équilibres simples de systèmes mécaniques, analyser des phénomènes de stabilité.				

Intitulé de l'Unité d'Enseignement	Projet	Code de l'UE	3A104
Descriptif de l'unité			
Volumes horaires globaux (CM + TD + TP+ projet, autre...)	60h = CM 8h + TD 8h + TP 14h + Projet 30h		
Nombre de crédits	6 ECTS		
Année de Licence et période	L3 – S2		
<div>1. Objectifs de l'Unité d'Enseignement</div> <p>L'UE se déroule en 2 parties distinctes :</p> <ul style="list-style-type: none">Différences finies (CM 8h + TD 8h + TP 14h) <p>Cours : l'étudiant acquiert les bases des compétences numériques au travers de la méthode des différences finies pour la résolution des équations aux dérivées partielles que l'on rencontre en mécanique. Les notions de maillage décalé et d'ordres spatial et temporel y sont introduites.</p> <p>TD : on s'intéresse à la discrétisation des problèmes de diffusion monodimensionnels stationnaires et instationnaires avec des conditions aux limites de type Dirichlet, Neumann ou mixtes. On traite également la discrétisation de l'équation de diffusion bidimensionnelle stationnaire. L'étudiant prépare les algorithmes de résolution qui seront mis en œuvre au cours des TP.</p> <p>TP : les équations discrétisées en TD et mises sous forme matricielle sont programmées et les résultats comparés à des solutions analytiques ou à des solutions numériques existantes.</p> <ul style="list-style-type: none">Projet (30h) <p>L'objectif est de développer l'autonomie des étudiants dans la compréhension, la modélisation et la mise en œuvre d'une méthode de résolution numérique d'un problème de mécanique.</p> <p>Pour ce faire, les étudiants sont regroupés en binômes et choisissent l'une des cinq thématiques proposées. A titre d'illustrations, ces thématiques peuvent couvrir le traitement du signal, la vibroacoustique, la résolution des grands systèmes linéaires, l'étude dynamique d'un système complexe, l'énergétique, la mécanique des solides, la robotique, ou encore le calcul massif en mécanique des fluides. Pour chaque binôme, la démarche utilisée doit mettre en évidence la séquence de modélisation, méthodologie de simulation, validation et analyse physique des résultats.</p> <p>L'évaluation des projets se fera sur la base d'un rapport écrit et d'une soutenance orale.</p> <div>2. Contenu de l'Unité d'Enseignement</div> <p>Pour ce qui est des différences finies, les aspects suivants sont traités :</p> <ul style="list-style-type: none">Dérivation numérique : polynômes de Lagrange, développements limités de Taylor, différences divisées.Discrétisation d'une équation différentielle du second ordre par différences finies sur un maillage normal (classique), puis sur un maillage décalé.Discrétisation des conditions aux limites de Dirichlet, puis de Neumann à l'ordre 1 et 2.Détermination de l'ordre des schémas avec des termes source sous forme de polynômes.Discrétisation temporelle d'un problème de diffusion monodimensionnel instationnaire par des schémas explicites et implicites.Discrétisation spatiale d'un problème de diffusion bidimensionnelle stationnaire. <p>Pour ce qui est du projet, l'étudiant choisit l'un des sujets proposés par l'équipe pédagogique, sujet qu'il traite en binôme. A titre d'illustrations, ces sujets peuvent traiter des problèmes suivants :</p> <ul style="list-style-type: none">Transformée de Fourier et applications à l'ingénierie en mécanique. L'objectif est d'appliquer les principes de l'analyse de Fourier (i) à la résolution d'équations aux dérivées partielles et (ii) au traitement du signal. Les projets s'appuieront sur des problèmes d'ingénierie en mécanique (résolution de l'équation de diffusion, filtrage et compression de base de données expérimentales). La programmation sera faite en MATLAB.Vibroacoustique : un exemple de couplage entre vibrations des structures et ondes sonores.			

Ce projet a pour but d'étudier le couplage entre les vibrations au sein d'une structure mécanique (par exemple une plaque) et le rayonnement acoustique qu'elles engendrent dans le milieu environnant la structure (par exemple l'air). Pour mener à bien ce projet, il faudra développer deux codes de calcul puis les coupler. Les codes de calculs à développer reposent sur des méthodes différentes : différences finies pour la simulation des vibrations d'une plaque et quadratures numériques pour calculer le rayonnement acoustique.

- Torsion d'une poutre.

On calcule numériquement le module de rigidité à la torsion d'éprouvettes de section droite. On montre comment s'effectue la résolution numérique de l'équation de Poisson en deux dimensions par des méthodes avancées (SOR, SSOR, GC, GCP) et on compare leurs performances. On effectue ensuite une intégration numérique en 2D, puis une dérivation numérique pour calculer le cisaillement maximal en chaque point de la section. On s'attache également à avoir des valeurs convergées en maillage.

- Etude dynamique du système de transformation de mouvement d'une pompe volumétrique : Choix du moteur électrique - Choix des caractéristiques du ressort qui maintient le contact entre le piston et l'arbre excentrique - Analyse des vibrations - Analyse de la phase de démarrage et de la régularité de mouvement.

- Energétique: détection des émissions polluantes issues de la combustion.

La maîtrise des émissions de particules de suie par les moteurs nécessite la compréhension fine des stratégies de détection. On simule ici par différences finies le chemin parcouru par un faisceau lumineux au travers d'une distribution de particules. On cherche in fine à retrouver la distribution à partir du faisceau détecté produit par la simulation précédente.

- Calcul parallèle : application à la mécanique des fluides environnementale.

Il s'agit de découvrir les deux principes de parallélisation rencontrés couramment en calcul scientifique (à mémoire distribuée ou à mémoire partagée). Ceux-ci seront implémentés autour d'exemples d'écoulements liés à la mécanique des fluides environnementale (micro-climat urbain, pollution, ...);

- Mécanique des solides : Statique, flambement et vibrations de treillis élastiques. On étudie la statique, les vibrations et les modes de flambement de structures de type treillis. On traitera les méthodes de modélisation et d'assemblage des matrices de masse et de rigidité, la solution de systèmes linéaires et la résolution des problèmes aux valeurs propres.

3. Pré-requis

Méthodes Numériques pour la Mécanique (S5).

4. Références bibliographiques

- Y. Saad, MH Schultz, «GMRES – A generalized minimal residual algorithm for solving nonsymmetric linear systems », SIAM Journal on Scientific and Statistical Computing, vol. 37 (7), pp. 856-869, 1986
- GH Golub, CF Van Loan, « Matrix Computation », 3rd Edition, books.google.com, 1996
- Y. Saad, "Iterative Methods for Sparse Linear Systems", 2nd edition, SIAM , 2003
- G. Allaire, *Analyse numérique et optimisation*. Cours de l'Ecole Polytechnique, 2004.

5. Compétences développées dans l'unité

- Partie différences finies:
 - savoir discrétiser les équations aux dérivées partielles;
 - obtenir un système matriciel;
 - savoir le résoudre et analyser les résultats.
- Partie projets :
 - savoir modéliser un problème de mécanique;
 - développer les capacités de l'étudiant à développer et/ou mettre en œuvre des outils numériques adaptés au problème. Ceci peut passer par l'utilisation d'un code industriel, d'un code maison, ou encore d'un code intégralement écrit par l'étudiant;
 - favoriser l'autonomie de l'étudiant.