

Unité d'enseignement 1 : Mathématique appliquée et langues étrangères

Niveau d'étude	Volume horaire Total
1 ^e Année	136 h

Objectifs

- Mise à niveau des connaissances en mathématique
- Maîtrise des méthodes de calcul numérique
- Maîtrise des techniques d'analyses statistiques
- Maîtrise des techniques d'optimisation
- Maîtrise des plans d'expérience
- Mise à niveau des connaissances en programmation
- Connaître les différentes architectures réseaux et les structures des bases de données et être capable de les manipuler.

Pré-requis : Math et informatique, niveau licence fondamentale en Génie Mécanique.

Tous les modules ci-dessous sont en commun avec le programme de la première année Génie Mécanique de l'ENIM.

Programmes

CI Analyse numérique (21 h)

- Résolution des équations non linéaires
- Résolution des systèmes d'équations linéaires et non linéaires
- Intégration numérique
- Intégration numérique des équations différentielles

TP Analyse numérique (10,5 h)

Programmation sur Matlab des quelques méthodes numériques étudiées

CI Anglais Scientifique (21,5 h)

Anglais scientifique/ English for engineers and Technical topics
Anglais de communication écrite et orale scientifique et technologique.

TPE Anglais (10,5)

- Test de niveau d'anglais et travail personnel.

CI Statistiques (31.5 h)

- Rappel de probabilité : Expérience aléatoire, Langage probabiliste, Espace de probabilité, Probabilité conditionnelle et indépendance, Les variables aléatoires réelles classiques (discrètes et continues) et leurs propriétés, Couple de variables aléatoires réelles
- Statistiques descriptives à 1 ou 2 dimensions : Distributions de fréquences, Représentation graphique, Réduction des données, Paramètres de position, dispersion, moments, covariance, Régression, Coefficients de corrélation et de détermination.
- Echantillonnage : Principes d'échantillonnage, Distribution d'échantillonnage, Théorèmes de convergence.
- Estimation : Principes généraux de l'estimation, Estimation de la moyenne et de variance, intervalles de confiance.
- Tests d'hypothèses : Principes et réalisation des différents tests, Fonction puissance.

TP Statistiques (10.5 h)

Travail personnel sous forme de séries d'exercices et applications.

CI Recherche Opérationnelle (31.5 h)

- Programmation linéaire : Problèmes de modélisation, résolution graphique (cas 2 variables), Simplex, méthode du grand M.
 - Programmation linéaire en nombres entiers : Problèmes de modélisation, notion de relaxation linéaire, Algorithme Branch and Bound.
 - Problème du plus court chemin : Problèmes de modélisation, algorithme de Ford, algorithme de Dijkstra.
 - Problème de flot max à coût min : Problèmes de modélisation, algorithme de Roy
-

Unité d'enseignement 2 : Etude des Comportements Mécaniques

Niveau d'étude	Volume horaire Total
1 ^e Année	189 h

Objectifs

- Maîtriser les diverses méthodes de modélisation, de vérification et de dimensionnement des pièces mécaniques sollicitées et comprendre les principaux phénomènes physiques mis en jeu.
- Maîtriser les méthodes de modélisation et d'analyse du comportement mécanique des fluides et comprendre les phénomènes physiques correspondants.

Pré requis : Mathématiques niveau cycle préparatoire.

Programmes

CI - Mécanique des Milieux Continus : (31.5h)

- Rappel mathématique
- Généralités : système matériel, hypothèse de continuité.
- Cinématique des milieux continus : description du mouvement ; mouvement au voisinage d'un point matériel ; dérivée particulaire.
- Etude des déformations : transformation au voisinage d'un point matériel; déformations ; tenseur linéarisé des déformations.
- Dynamique des milieux continus : description des efforts mécaniques ; principe fondamental de la dynamique.
- Etude des contraintes : vecteur contrainte - tenseur des contraintes ; conditions aux limites et d'interface; états de contraintes particuliers ; représentations géométriques.
- Thermodynamique des milieux continus : description des échanges thermiques ; premier principe de la thermodynamique ; second principe de la thermodynamique.
- Lois de comportement : Généralités (bilan des variables et équations ; comportement mécanique, introduction aux modèles rhéologiques), thermo-élasticité linéaire (formulation de la loi de comportement ; formulation d'un problème de thermo-élasticité), Fluides newtoniens (formulation de la loi de comportement ; formulation d'un problème de mécanique des fluides).
- Elasticité : Résolution d'un problème d'élasticité tridimensionnelle (Equations générales, de compatibilité, de Navier, de Beltrami. Problèmes plans) ; Problème de Saint Venant (Position du problème. Résolutions des problèmes de traction et flexion pure, de torsion et de flexion composés) ; Dimensionnement élastique (Critères de Tresca et de Von Mises).

TPE - Mécanique des Milieux Continus : (10.5h)

- 3 à 6 devoirs à domicile

CI - Résistance des Matériaux : (21h)

- Rappel : calcul en sollicitation simple (traction, cisaillement, torsion, flexion).
- Sollicitations composées - milieux curvilignes : méthode énergétique
- Problèmes de modélisation : Etudes de cas

TP - Résistance des Matériaux : (10.5h)

- 1 Manip : Torsion d'une poutre
- 1 Manip : Flexion d'une poutre
- 1 Manip : Flambement d'une poutre

CI - Etude des Mécanismes : (21h)

- Etude structurale des mécanismes : Schéma cinématique, mobilité, hyper statisme.
- Etude cinématique des mécanismes plans
- Etude dynamique des mécanismes plans

CI- Modélisation et calcul par éléments finis (31.5h)

- Position de problème et introduction de la méthode de calcul par élément fini
- Principes variationnels : théorème de l'Energie (approche cinématique, approche contraintes, approche mixte, principe de Reisner), méthode d'approximation RITZ.
- Principe de calcul par élément fini : Principe généralisé de Galerkin.
- Modélisation par éléments Finis : Maillage (modèle 1 D, 2D, 3D, élément plaque, élément axisymétrique, élément coque), fonctions d'Interpolation géométriques et interpolation physique (Lagrange, d'Hermite), élément de référence / éléments réel, Transformation de la configuration de référence en à la configuration réelle, formulation au niveau élémentaire et au niveau global, convergence de la méthode.
- Technique de calcul : Assemblage (application de l'Approche énergétique en mécanique, application de la méthode généralisée de Galerkin, règle pratique d'assemblage), méthode de résolution des systèmes linéaire, prise en compte des conditions imposées, méthode de condensation statique, méthode de sous structure.
- Modélisation du problème et choix de l'élément fini en fonction des considérations physiques, des conditions géométriques, ou par analogie avec des problèmes type validé expérimentalement.

TP -Modélisation et calcul par éléments finis (21h)

- 2 Manip : CATIA
- 4 Manip : ABACUS

CI- Plasticité (10.5h)

- Introduction : Caractéristiques du comportement plastique ; domaine d'application.
- Plasticité monodimensionnelle :
 - Formulation générale d'une loi élastoplastique avec écrouissage
 - Modèles particuliers : rigide plastique, élastoplastique parfait, élastoplastique avec écrouissage, modèle de Prager.
- Plasticité isotrope - Loi de Prandtl Reuss :
 - Formulation générale d'une loi de comportement élastoplastique avec écrouissage : cadre général, potentiel plastique, loi de normalité associée, principe du travail maximal de Hill.
 - Loi de Prandtl-Reuss : formulation, identification, mise en œuvre.
 - Critère de plasticité : contrainte et déformation équivalentes, fonction d'écrouissage.
- Eléments sur les méthodes de calcul en plasticité : Formulation du problème en vitesse, Cas du chargement proportionnel, Méthodes variationnelles, Introduction à l'analyse limite.

CI- Fatigue des Matériaux : (10.5h)

- Généralités : Endommagement des matériaux et rupture par fatigue, Phénoménologie physique de l'endommagement par fatigue, Chargements répétés : traction/compression, flexion, torsion, Résistances à la fatigue : diagramme σ -N, Contraintes moyennes (courbes de Goodman et de Soderberg), Limite d'endurance et estimation de la vie de composantes mécaniques.
- Essai Moore - Courbe de Wöhler : Essais de Fatigue, Fatigue endurance, fatigue oligocyclique
- Approximation analytique : Lois de Fatigue, Amorçage et propagation, Résistance à la fatigue, Loi de Paris
- Facteurs affectant σ_D : Valeurs approximatives de σ_D , comportement de pièces pré fissurées et contraintes non complètement renversées
- Cumul d'endommagements : Dommage et cumul du dommage, facteur influant sur la résistance à la fatigue, Effets de la température sur la résistance à la fatigue et facteurs de sécurité et normes
- Approche par la mécanique de la rupture : Théorie de Weibull, théorie de Griffith, critère énergétique de rupture fragile, analyse des contraintes en fond de fissure, Ténacité, relation entre ténacité et module de rupture, Zone plastique confinée
- Etude de cas : Etude des ressorts, Calcul d'arbres sous sollicitations statique cyclique,

C- Tribologie : (10.5h)

- Théorie de contact entre solides : contact sec, onctueux, hydrostatique, hydrodynamique, frottement et usure.

Niveau d'étude	Volume horaire Total
1 ^e Année	168 h

Objectifs

- Connaître les différents types de matériaux ainsi que leurs structures et leurs propriétés mécaniques.
- Connaître les différentes techniques de traitement et de revêtement des matériaux et comprendre les phénomènes physico chimiques mis en jeux.
- Etre capable de faire le choix des matériaux en vue d'une application donnée.
- Maitriser les techniques d'identification et de caractérisation des matériaux.

Pré-requis : Chimie minérale et chimie organique, niveau cycle préparatoire.

Programmes

CI Matériaux métalliques (42h)

- Notions de base (Rappel cristallographie, défauts dans les matériaux, diffusion, etc.)
- Fontes, acier et alliages légers (Structures / Propriétés mécaniques)
- Traitements thermiques (impacts sur la structure et sur les propriétés mécaniques)
- Traitements et revêtements de surface (techniques, phénomènes physico chimiques mis en jeu, impact sur les propriétés mécaniques)

CI Matériaux non métalliques (21h)

- Céramiques (Structures / Propriétés mécaniques)
- Polymères (Familles, Structures / Propriétés mécaniques)
- Composites (Structures / Propriétés mécaniques)

CI Transformation des polymères et composites (21h)

- Plastification des thermoplastiques : Ecoulement dans une extrudeuse, Fonction et choix d'un profil de vis de plastification, Convoyage le long de la vis, les 3 zones, bilan énergétique, température le long de la vis, pression.
- Extrusion des thermoplastiques (Extrusion des tubes et profilets, extrusion gonflage, extrusion des films et plaques, extrusion soufflage des corps creux) :
 - Les machine: Nomenclature, fonctions calibrage, refroidissement et tirage, Critères des choix technologiques.
 - L'outillage : Classification, performance et critères de choix
- Injection des thermoplastiques :
 - Cycle d'injection : description générale, plastification et buse d'injection.
 - Machine d'injection : structure, solutions technologiques, automatisation, caractéristiques et critères de choix.
 - Conduite du processus d'injection : technologie de conduite d'un processus automatisé.
 - Phases d'injection : remplissage, maintien, refroidissement, détermination des temps de refroidissement, du point de commutation et de cycle de production.
 - Moule d'injection : fonctions, lecture d'un plan de moule.
 - Les défauts d'injection et les remèdes.
- Autres procédés pour les thermoplastiques (thermoformage, rotomoulage) : Principe, spécifications et applications
- Fabrication des composites : Principe des différentes techniques

TP Matériaux I (10.5h)

- 3 Manip

TP Matériaux II (21h)

- 6 Manip

CI Mise en forme par enlèvement de la matière (42h)

- Rappel 1 : élaboration de brut
- Rappel 2 : les machines conventionnelles : Types, fonctionnalités, précision, caractéristiques, principaux constituants, choix des conditions de coupe.
- Les machines outils à commande numérique et les outils d'usinage : Types, caractéristiques, principaux constituants, choix.
- Programmation des machines outils à commande numérique
- Méthodes d'usinage (pièces simples)
- FAO 2 axes et 1/2.
- Procédés non conventionnel de mise en forme par enlèvement de la matière : Principe, phénomènes physico-chimiques mis en jeu et principales caractéristiques (en termes de géométrie, précision, et coût approximatif) des pièces qu'on peut obtenir avec.

TPE Mise en forme par enlèvement de la matière (10.5h)

- 1 Recherche biblio (Procédés non conventionnels) + 4 Etudes de cas.

CI Mise en forme par déformation plastique (21h)

- Rappel : La notion de déformation plastique (Essai de traction, courbe rationnelle, calcul d'effort de travail et de ténacité)
- Déformation des pièces massives (Forgeage, Estampage, Matricage, Laminage, Filage, Tréfilage, Etirage) : Techniques, phénomènes physico-chimiques mis en jeu, géométries, précision et caractéristiques mécaniques des pièces obtenues.
- Déformation des métaux en feuille (Pliage, Emboutissage, Cisailage, Poinçonnage, Découpage) : Techniques, phénomènes physico-chimiques mis en jeu, géométries et précision des pièces obtenues, choix des machines, des outillages et des paramètres.

TP Fabrication I (21h)

- 2 Manip : Métrologie
- 2 Manip : Usinage1 (Tournage)
- 2 Manip : Usinage2 (Fraisage)
- 1 Manip : Mise en forme par déformation plastique

TP Fabrication II (21h)

- 3 Manip : Métrologie
- 4 Manip Projet de fabrication

Unité d'enseignement 4 : Mécanique énergétique

Niveau d'étude	Volume horaire Total
1 ^e Année	115,5 h

Objectifs

- Maîtriser les notions de base de la thermique et de la thermodynamique appliquée et comprendre les principaux phénomènes physiques correspondants.
- Être capable de traiter les problèmes classiques de la thermique industrielle : choix et des chaudières, choix et dimensionnement des échangeurs, etc.
- Être en mesure d'analyser la conception de différent type de turbomachines

Pré-requis : Mathématiques et thermodynamique, niveau cycle préparatoire.

Programmes

CI- Mécanique des fluides (21h)

- Propriétés des fluides : Compressibilité, viscosité, etc.
- Statique des fluides: équations générales, hydrostatique, applications (mesure des pressions, calcul des forces de pression sur les parois); équilibre d'un fluide compressible, applications à l'atmosphère.
- Dynamique des fluides incompressibles:
 - Equation de continuité, théorèmes d'Euler et de Bernoulli et leurs applications aux écoulements.
 - Débit massique / Débit volumique : Diaphragme, tuyères, etc.
 - Initiation aux écoulements des fluides visqueux incompressibles
 - Pertes de charges : Pertes de charges linéaires, Pertes de charges singulières, Pertes de charges des appareils
- Initiation à la dynamique des fluides compressibles

TP- Mécanique des fluides (10.5h)

- 3 Manip : Statique des fluides, étude des écoulements, pertes de charge

CI Thermique (21h)

- Concepts et équations de base: Mécanismes physiques relatifs aux phénomènes de conduction, convection et rayonnement. Equations de Fourier, Newton et Stéfan-Boltzmann. Caractéristiques thermophysiques (conductivité thermique, chaleur spécifique et diffusivité thermique).
- Conduction stationnaire Monodimensionnelle: Equations générales de la conduction, équations particulières (Fourier, Poisson, et Laplace). Murs plans (résistance thermique, analogie électrique). Sphères et cylindres (rayons critique d'isolation). Systèmes à source de chaleur interne, ailette rectangulaire (efficacité). Ailette à section variable.
- Convection thermique naturelle et forcée : initiation à la théorie de la couche limite, coefficient d'échange convectif, corrélations empiriques (Re, Nu, Pr, Gr, etc.)
- Isolation thermique : types, caractéristiques et choix des isolants

TP Thermique (10.5h)

- 3 Manip : Conduction, convection forcée, rayonnement.

CI Thermodynamique appliquée (21h)

- Rappels de thermodynamique classique: Systèmes thermodynamiques, Propriétés, Transformation, Systèmes ouverts / fermés, coefficients calorimétrique, gaz parfait, mélange parfait de gaz parfait, équation d'état des gaz parfaits, etc.
- Premier et deuxième principes de la thermodynamique.

- Diagrammes et propriétés thermodynamiques des fluides réels (Tables thermodynamiques et diagrammes P-H, T-S, etc.)
- Analyse énergétique des systèmes thermodynamiques
- Etude des cycles thermiques :
 - turbine à gaz,
 - turbine à vapeur,
 - moteur à explosion, moteur à combustion,
 - cycle de machine frigorifique

CI Thermique industrielle (21h)

- Etude de la combustion :
 - Les combustibles liquides, gazeux et solides.
 - Combustion stochiométrique,
 - combustion avec excès ou défaut d'air,
 - pouvoir calorifique, pouvoir comburivore, pouvoir fumigène,
- Etude des chaudières : technologies, rendements de combustion et thermique, choix des chaudières.
- Echangeurs de chaleur :
 - Technologies et classification des échangeurs de chaleur : échangeurs tubulaires, échangeurs à plaques, échangeurs à surfaces ailetés, etc.
 - Méthodes de calcul des échangeurs : Méthode DTLM, Méthode ε -NUT
 - Estimation du coefficient global d'échange, encrassement.
 - Echangeur à tube et calandre
 - Echangeur à plaques
 - Echangeur à surfaces ailetés
 - Groupement d'échangeurs (série, parallèle, série-parallèle)
- Analyse énergétique des installations thermiques : Etude de cas

TPE Thermique industrielle (10.5h)

- 3 devoirs à domicile ; Calcul des échangeurs de chaleur par le code de calcul HTFS⁺ (sous ASPEN PLUS).

Unité d'enseignement 5 : Dynamique et vibration

Niveau d'étude	Volume horaire Total
1 ^e Année	94,5 h

Objectifs

- Avoir des aptitudes en dynamique des machines et mécanique vibratoire

Pré-requis :

- Algèbre linéaire et étude des équations différentielles.

Programmes

CI-Dynamique des machines : (21h)

- Dynamique des machines rotatives.
- Dynamique des machines alternatives
- Calcul des volants d'inertie

TPE- Dynamique des machines : (10.5h)

- 1 à 2 TD (si nécessaire) + 3 à 6 devoirs à domicile

CI-Mécanique vibratoire : (21h)

- Systèmes à un degré de liberté
 - Systèmes libres : Modélisation, méthodes énergétiques, Stabilité
 - Réponse à une excitation harmonique : Excitation par déplacement imposé au support, Excitation due au déséquilibre des rotors.
 - Réponse à une excitation quelconque : Réponse à une impulsion unitaire, Réponse à une excitation arbitraire, Réponse à une excitation aléatoire, Spectre de choc
- Systèmes à plusieurs degrés de liberté :
 - Modèle à deux degrés de liberté non amorti : Equations de Lagrange, Fréquences propres et modes propres, Orthogonalité des modes et transformation dans la base modale, Réponse à une excitation harmonique (méthode directe, méthode modale)
 - Système à amortissement visqueux proportionnel
- Systèmes continus : Equations de mouvement ; Vibration longitudinale d'une barre ; Vibration de torsion ; Vibration de flexion ; Fréquences propres et modes propres ; Réponse des systèmes libres ; Réponse à une excitation
- Méthodes approchées de calcul des fréquences propres : Méthode de Rayleigh ; Méthode de Rayleigh Ritz
- Instruments de mesure de vibration

TPE-Mécanique vibratoire : (10.5h)

- 1 à 2 TD (si nécessaire) + 3 à 6 devoirs à domicile

CI. Thème spécifique 1: (10.5h)

L'étudiant aura à choisir un module dont le volume horaire total est de 10,5 h, et ce parmi les différentes matières de la liste suivante :

Liste : Enseignements d'ouverture

- CND : (10h30)
- Techniques avancées d'optimisation : (10h30)
- Technologies du laser : (10.5h)
- Electroérosion : (10.5h)

- Module thématique 1
- Module thématique 2

Mini projet 1 (innovation) : (21h)

Travail personnalisé en petits groupes, dans lequel les étudiants auront à identifier un besoin réel (en termes de produit ou de service), analyser ce besoin, établir le cahier de charges, et proposer les schémas de principes des solutions correspondantes. L'objectif principal de ce travail est de développer chez l'étudiant le sens de l'innovation et la capacité à travailler en équipe.

Unité d'enseignement 6 : Outils scientifique pour la recherche et pédagogie

Niveau d'étude	Volume horaire Total
2 ^{ème} Année	42 h

Objectifs

- Maîtriser les méthodes numériques appliquées à des problèmes de mécanique ;
- Acquisition des connaissances de base en méthodologie de la recherche expérimentale.

Pré-requis : Mathématiques, niveau cycle préparatoire.

Programmes

CI Méthodologie de la recherche expérimentale II (21 CI)

Echantillonnage, estimation, tests. Méthodologie expérimentale : criblage des facteurs, plans d'expériences, optimisation. Analyse de la variance. Modélisation, régression. Expérimentation et erreurs de mesure, étalonnage. Expérimentation et procédures de diagnostic. Filtrage, lissage, autocorrélation.

CI Initiation à la recherche et la Pédagogie (21 h CI)

Le triangle pédagogique : apprenant, formateur, savoir et les relations qu'ils entretiennent.

Les différentes modélisations des processus d'enseignement. Appropriation de l'outillage requis pour l'élaboration méthodique d'une action de formation et d'un scénario de cours. Reconnaissance et formulation d'objectifs généraux et opérationnels en pédagogie. Les outils de lecture d'une stratégie de formation, cas d'analyse par objectifs. Construction du scénario de cours (trame).

Unité d'enseignement 7 : Langue et communication

Niveau d'étude	Volume horaire Total
2 ^{ème} Année	63 h

Objectifs

- Introduction à la rédaction scientifique d'articles de recherche ;
- Introduction aux méthodes pédagogiques.

Pré-requis : Anglais, niveau cycle préparatoire.

Programmes

CI Anglais de la rédaction scientifique (31,5 h CI)

Recherche bibliographique et lecture critique d'articles de recherche.

Synthèse bibliographique

Les différents types d'articles. Structure d'un article de recherche. Les principales expressions utilisées dans les différentes parties d'un article.

TPE Anglais de la rédaction scientifique (10,5 h CI)

Travail personnel sous forme de rédactions écrites.

CI Techniques de communication : (21h)

- L'écrit : Le CV, les demandes, les lettres de motivation, les PV de réunion, les rapports (rapports d'intervention, d'avancement d'un travail, d'achèvement d'un travail, rapport d'accident, etc.)
- L'oral : L'exposé, l'entretien, la réunion, l'entrevue avec un employeur, la négociation.
- Simulation de situations de communication amenant l'étudiant à animer une réunion, mener un débat, etc.

Unité d'enseignement 8 : Modules électifs et projets

Niveau d'étude	Volume horaire Total
2 ^{ème} Année	42 h

Objectifs

- Travailler un mini projet de synthèse des connaissances
- Elargir les connaissances de l'étudiant dans un domaine spécifique.

Pré-requis : Niveau M1.

Programmes

Thème spécifique 2 (21 h CI)

Elargir les connaissances de l'étudiant dans un domaine spécifique. L'étudiant aura à choisir un module dont le volume horaire total est de 21 h, et ce parmi les différentes matières des listes suivantes :

Liste 2 SM: Enseignements de spécialisation

- Conception d'outillages : (21h)
- Etude des structures: (21h)
- Surveillance vibratoire: (21h)
- Acoustique: (21h)
- Design industriel: (21h)
- Ergonomie des postes de travail: (21h)
- Transport, logistique et supply chain (21h)

Liste 3 FM: Enseignements de spécialisation

- Technologies du laser: (10.5h)
- Electroérosion: (10.5h)
- Injection plastique: (21h)
- Revêtement de surface: (21h)
- Procédés spécifiques: (21h)
- Maîtrise de l'énergie de production : (21h)
- Module thématique 1
- Module thématique 2

Mini projet (21 h CI)

Travail personnalisé en petits groupes, dans lequel les étudiants auront à concevoir un SMA. L'objectif principal de ce travail est d'acquérir un savoir-faire en conception. Il permettra aussi de développer chez l'étudiant le sens de l'innovation et la capacité à travailler en équipe.

Unité d'enseignement 9 : Modules électifs regroupés I Groupe 1 : Plasturgie et Composite

Niveau d'étude	Volume horaire Total
2 ^{ème} Année	84 h

Objectifs

- Approfondissement des connaissances en matériaux de plasturgie (polymères, élastomères et composites).

Pré-requis : UE Matériaux

Programmes

CI Polymères et composites (31.5h)

- Polymères : Choix des adjuvants et des colorants ; Impact sur la structure et sur les propriétés physicochimiques.
- Dimensionnement des composites.
- Traitement de revêtement des polymères et des composites.

CI Elastomères (21h)

- Différents types d'élastomères : structure / propriétés physicochimiques.
- Etude de la vulcanisation.
- Comportement mécanique des élastomères.
- Structures, propriétés et comportement mécanique des élastomères chargés.

CI Rhéologie des polymères (10.5h)

- Lois de comportement des polymères
- Endommagement et rupture
- Fatigue des polymères et des composites

TP Matériaux (21h)

- 6 Manip : Polymères, élastomères, composites.

Unité d'enseignement 9 : Modules électifs regroupés I Groupe 2 : Mécanique numériques
--

Niveau d'étude	Volume horaire Total
2 ^{ème} Année	94,5 h

Objectifs

- Approfondissement des connaissances en méthodes numérique

Pré-requis : UE Etude des comportements mécaniques, UE étude de conception des SM, CI Thermique.

Programmes

CI Différences Finies et Problèmes Evolutifs (21 h)

- Discrétisation par différences finis des problèmes elliptiques : équation de Laplace
- Discrétisation par différences finis des problèmes paraboliques et hyperboliques : équation de la chaleur et équation des ondes
- Semi discrétisation par éléments finis en espace et par différences finis en temps : problèmes paraboliques, problèmes de dynamique des structures

CI MEF en Dynamique des Structures (10.5 h)

- Analyse modale
- Résolution des problèmes aux valeurs propres
- Réponse dynamique
- Super-éléments

CI MEF en Mécanique non Linéaire (31.5 h)

- Résolution par éléments finis des problèmes de structures élastiques linéaires
- Les sources de non linéarité en mécanique des solides (non linéarité matérielle, géométrique ou de contact)
- Résolution par éléments finis des problèmes élastiques non linéaires
- Résolution par éléments finis des problèmes élastoplastiques
- Résolution par éléments finis des problèmes de grandes déformations
- Résolution par éléments finis des problèmes de mécanique de solide avec contact

TPE MEF en Mécanique non Linéaire (10.5 h)

- 1 à 6 études de cas à faire à domicile

CI Méthodes et Modèles Avancés de CAO (10,5 h)

- Le principe de paramétrage des courbes et surfaces en CAO
- Courbes et surfaces de base en CAO
- Courbes et surfaces gauches en CAO
- Les modèles BREP et CSG en CAO
- Techniques de maillage de surfaces et de solides
- Les surfaces à subdivision

TPE Méthodes et Modèles Avancés de CAO (10.5 h)

- 1 à 3 études de cas à faire à domicile

Unité d'enseignement 9 : Modules électifs regroupés I Groupe 3 : Fabrication mécanique

Niveau d'étude	Volume horaire Total
2 ^{ème} Année	115,5 h

Objectifs

- Approfondissement des connaissances en fabrication
- Acquisition d'un savoir-faire dans le choix des méthodes de fabrication

Pré requis : UE Fabrication mécanique

Programmes

CI Méthodes de fabrication (42 h)

A travers des études de cas de synthèse, l'étudiant aura à traiter des problèmes qui touchent principalement aux aspects suivants :

- Méthodes d'usinage des pièces complexes (sur machines 5 axes)
- Etude des montages d'usinage
- Méthodes de contrôle dimensionnel et géométrique (métrologie 3D)
- Méthode de fabrication des pièces mécano-soudées / Etude de la conception des gabarits de soudage.
- Méthodes de fabrication des systèmes mécaniques / Etude des gammes de montage
- Problèmes d'industrialisation des nouveaux produits

TPE Méthodes de fabrication (21 h)

- 2 à 6 études de cas.

CI Simulation Numérique des Procédés (10.5 h)

- Les concepts généraux et les techniques de base de la simulation numérique des procédés.

TP Simulation Numérique des Procédés (21 h)

- 3 Manip : Simulation Numérique de la mise en forme par déformation plastique
- 2 Manip : Simulation Numérique de l'injection des thermoplastiques ou des alliages légers
- 1 Manip : Simulation Numérique de l'usinage

CI Spécification géométrique des pièces (21 h)

- Cotation fonctionnelle (dimensionnelle et géométrique), choix des états de surface
- Les normes relatives à la spécification géométrique des pièces
- Prise en compte des contraintes de fabrication dans la spécification géométrique des pièces
- Elaboration des dessins de définition.
- 2 ou 3 études de cas : Retouche de la conception dans l'objectif de faciliter la fabrication

Unité d'enseignement 9 : Modules électifs regroupés I
Groupe 4 : Systèmes mécaniques

Niveau d'étude	Volume horaire Total
2 ^{ème} Année	115,5 h

Objectifs

- Apprendre les modèles de modélisation en CAO
- Etre en mesure de faire l'étude et la conception des systèmes mécaniques robotisés.
- Avoir une introduction à l'acoustique industrielle

Pré-requis :

Mathématique niveau licence fondamentale.

Programmes

CI Etude des structures (21h)

- Architectures des charpentes métalliques
- Exploitation de l'EROCODE en calcul des structures
- Modélisation et simulation numérique des structures
- Etudes de cas (charpentes métalliques, réservoir sous pression, etc.)

CI Méthodes et Modèles Avancés de CAO (10,5 h)

- Le principe de paramétrage des courbes et surfaces en CAO
- Courbes et surfaces de base en CAO
- Courbes et surfaces gauches en CAO
- Les modèles BREP et CSG en CAO
- Techniques de maillage de surfaces et de solides
- Les surfaces à subdivision

TPE Méthodes et Modèles Avancés de CAO (10,5 h)

- 1 à 3 études de cas à faire à domicile

CI Simulation des systèmes multi-corps (21 h CI)

Calcul des actions aux liaisons
Analyse cinématique
Analyse dynamique
Analyse vibratoire
Calcul de résistance

CI Systèmes Mécaniques Robotisés (42 h)

- Aspect généraux de la robotique : Définitions, Structures et performances générales des robots
- Modélisation géométrique ; outil mathématique, MGD et MGI
- Modélisation cinématique ; outil mathématique, MCD et MCI
- Modélisation dynamique ; Approches de modélisation et application
- La commande des robots ; capteur, actionneur et stratégie de commande
- Les systèmes robotisés : cas de plusieurs robots en parallèles / en série

TPE Systèmes Mécaniques Robotisés (10.5 h)

- 3 à 6 études de cas à faire à domicile

CI Conception Intégrée (21h)

- L'intégration des outils de simulation.
- Les techniques d'échange des données
- Les techniques de partage de données
- Les normes d'échanges et de partage de données
- La norme STEP

Unité d'enseignement 10 : Modules électifs regroupés II
Groupe 1 : Plasturgie et Composite

Niveau d'étude	Volume horaire Total
2 ^{ème} Année	105 h

Objectifs

- Approfondissement des connaissances dans la transformation des polymères et composites
- Acquisition d'un certain savoir-faire dans la gestion de production dans le secteur de plasturgie

Pré requis : C Transformation des polymères et composites, UE Matériaux

Programmes

CI Conception des produits en Polymères et Composites (21 h)

- Etudes de cas : conception de pièces en thermoplastique
- Etudes de cas : conception de pièces en matériaux composites

TPE Conception des produits en Polymères et Composites (10,5 h)

- 3 études de cas à faire à domicile.

CI Transformation des thermoplastiques (42 h)

- Etude de l'extrusion des thermoplastiques
- Etude de l'injection des thermoplastiques
- Etude de la sur-injection des thermoplastiques
- Etude du thermoformage des thermoplastiques

TPE Transformation des thermoplastiques (10,5 h)

- 3 études de cas à faire à domicile

CI Fabrication des composites (21 h)

- Etude des principaux procédés de fabrication des composites

Unité d'enseignement 10 : Modules électifs regroupés II Groupe 2 : Mécanique numérique

Niveau d'étude	Volume horaire Total
2 ^{ème} Année	115,5 h

Objectifs

- Acquisition d'un certain savoir-faire dans la modélisation et la simulation numérique.

Pré-requis : UE Etude des comportements mécaniques, UE Etude et conception des SM, UE Systèmes thermiques et turbomachines.

Programmes

CI Simulation numérique de la mise en forme (21 h)

- Mise en forme des tôles minces (emboutissage, hydroformage, etc.)
- Mise en forme des pièces massives (Bulk metal forming)
- Problèmes thermo mécaniques couplés

TPE Simulation numérique de la mise en forme (10.5 h)

- 1 à 3 études de cas à faire à domicile

CI Simulation numérique en mécanique des fluides (21 h)

- Modélisation et simulation numérique des écoulements des fluides
- Notion d'aérodynamisme
- Modélisation et simulation numérique systèmes aérodynamiques
- Etudes de cas

CI Simulation numérique des systèmes thermiques (21 h)

- Modélisation et simulation numérique de la conduction tridimensionnelle
- Modélisation et simulation numérique de la convection forcée
- Etudes de cas

TP Simulation mécanique (21 h)

- 4 Manip : Simulation numérique de la Mise en forme
- 1 Manip : Etude des structures
- 1 Manip : Simulation numérique en mécanique des fluides
- 1 Manip : Simulation numérique des systèmes thermiques

Unité d'enseignement 10 : Modules électifs regroupés II Groupe 3 : Fabrication mécanique

Niveau d'étude	Volume horaire Total
2 ^{ème} Année	115,5 h

Objectifs

- Approfondissement des connaissances en fabrication
- Acquisition d'un savoir-faire dans le choix des méthodes de fabrication

Pré requis : UE Fabrication mécanique

Programmes

CI Etude et conception d'outillages (42 h)

- Etude et conception des outillages de mise en forme par déformation plastique
- Etude et conception des moules

TPE Etude et conception d'outillages (21 h)

- 3 à 6 études de cas à faire à domicile

CI Techniques avancées de FAO (21 h)

- Rappel : Architectures des MOCN
- Stratégies d'usinage en FAO
- Usinages des formes sculptées
- Programmation et paramétrage des machines UGV
- Etude de cas : Usinage de moules d'injection plastique

TP FAO (21 h)

- 2 Manip : FAO 2 axes ½
- 4 Manip : FAO 5 axes

CI Etude de la coupe (10,5 h)

- Etude des processus de la coupe et de la formation du copeau
- Calcul des efforts de coupe.
- Etude des mécanismes d'usure et calcul des durées de vie des outils
- Optimisation des conditions de coupe

Unité d'enseignement 10 : Modules électifs regroupés II Groupe 4 : Systèmes mécaniques

Niveau d'étude	Volume horaire Total
2 ^{ème} Année	105 h

Objectifs

- Approfondissement des connaissances en méthodes numériques appliquées aux systèmes mécaniques.

Pré-requis : UE Etude des comportements mécaniques, UE étude de conception des SM, CI Thermique.

Programmes

CI MEF en Dynamique des Structures (10.5 h)

- Analyse modale
- Résolution des problèmes aux valeurs propres
- Réponse dynamique
- Super-éléments

CI MEF en Mécanique non Linéaire (31.5 h)

- Résolution par éléments finis des problèmes de structures élastiques linéaires
- Les sources de non linéarité en mécanique des solides (non linéarité matérielle, géométrique ou de contact)
- Résolution par éléments finis des problèmes élastiques non linéaires
- Résolution par éléments finis des problèmes élastoplastiques
- Résolution par éléments finis des problèmes de grandes déformations
- Résolution par éléments finis des problèmes de mécanique de solide avec contact

TPE MEF en Mécanique non Linéaire (10.5 h)

- 1 à 6 études de cas à faire à domicile

CI Techniques Avancées de FAO (21h)

- Rappel : Architectures des MOCN
 - Stratégies d'usinage en FAO
 - Usinages des formes sculptées
 - Programmation et paramétrage des machines UGV
- Etude de cas : Usinage de moules d'injection plastique

TP Etude et Conception des Systèmes Mécaniques (31 h)

- 2 Manip : Conception intégrée
- 4 Manip : Robotique
- 3 Manip : Scan 3D, Traitement des données et élaboration du modèle CAO, prototypage rapide

Unité d'enseignement : Mémoire de recherche

Niveau d'étude	Volume horaire Total
2 ^{ème} Année	380 h

Objectifs

Travail personnel ou en petits groupes, dont l'objectif principal est d'acquérir un savoir-faire et une initiation à faire de la recherche.

Modalités d'évaluation

Le mémoire est soutenu devant un jury composé d'au moins trois enseignants.
Le mémoire est validé si la note correspondante est supérieure ou égale à 10/20.