

PROGRAMME D'ENSEIGNEMENT

DIPLÔME D'INGENIEUR D'ETAT

GENIE DES MATERIAUX

2007

**Départements
Sciences Chimiques et Physique Appliquée**

Université Cadi Ayyad, Faculté des Sciences et Techniques Marrakech

DESCRIPTION DE LA FORMATION

Filière d'Ingénieur en Génie des Matériaux
M 1 : Thermodynamique et catalyse hétérogène
M 2 : Mécanique des milieux continus & Mécanique des fluides
M 3 : Analyse numériques des systèmes linéaires
M 4 : Chimie macromoléculaire
M 5 : Electrochimie
M 6 : Informatique I (Base des données et langage SQL : Access)
M 7 : Economie de l'entreprise
M 8 : Langues & Communication interpersonnelle
M 9 : Résistance des matériaux (RDM)
M 10 : Recherche opérationnelle et statistique appliquée
M 11 : Métallurgie structurale
M 12 : Physique des semi-conducteurs & Métrologie dimensionnelle
M 13 : Propriétés mécaniques des matériaux
M 14 : Les matériaux polymères & Les matériaux composites
M 15 : Techniques de gestion de l'entreprise
M 16 : Langue & Rédaction scientifique et technique
Stage de découverte (1 mois)
M 17 : Propriétés optiques, électriques, magnétiques et thermiques des matériaux
M 18 : Mathématiques appliquées pour l'ingénieur
M 19 : Génie des procédés & Chimie industrielle
M 20 : Machines thermiques et hydrauliques
M 21 : Elaboration, caractérisation et propriétés des matériaux inorganiques
M 22 : Propriétés physico-chimiques des polymères
M 23 : Management de l'environnement de l'entreprise
M 24 : Langues & Communication orale

Option Ingénierie des Matériaux Fonctionnels	Option: Ingénierie des matières plastiques et peintures
M 25 : Caractérisations thermiques et thermomécaniques – Systèmes d'images et microscopie & Diffraction des rayons X	M 25 : Matières premières des peintures
M 26 : Caractérisations des surfaces et interface	M 26 : Propriétés viscoélastiques des polymères
M 27 : Spectrométries – Analyses chromatographiques	M 27 : Caractérisations des surfaces, phénomène d'interface et adhérence
M 28 : Informatique II : Analyse des données & Plan d'expérience	M 28 : Application & séchage, formulations des produits de peintures
M 29 : Installation électrique et automatisme industriel	M 29 : Compoundage et techniques de plasturgie
M 30 : Métallurgie descriptive	M 30 : Rhéologie, phénomènes de transfert et réacteur chimiques
M 31 : Le management des projets de l'Entreprise	
M 32 : Langues & Communication des organisations	
Stage de Perfectionnement (1 à 2 mois)	
M 33 : Matériaux et techniques de revêtements	M 33 : Fabrication des peintures & procédés de peinture
M 34 : Corrosion des matériaux	M 34 : Spectroscopie, analyse chromatographique et colorimétrie
M 35 : Construction et fabrication mécanique & Choix des matériaux et des procédés de fabrication	M 35 : Recyclage et valorisation des matières plastiques & Polymères et composites spécifiques
M 36 : Mécanique des matériaux (Rupture-Fissuration-Propagation & Fatigue-Fiabilité)	M 36 : Simulation des écoulements dans les machines de transformation des matières plastiques
M 37 : Contrôle non destructif	
M 38 : Capteurs & Instrumentations	M 38 : Qualité – AMDEC-Plan d'expérience
M 39 : La gestion de production industrielle	
M 40 : Management de la qualité, de la sécurité et de l'environnement	
Projet de Fin d'Etude (4 à 6 mois)	

Le domaine des matériaux constitue actuellement un levier important du développement aussi bien à l'échelle régionale que nationale. Une étude sectorielle réalisée au Maroc par le Ministère du Commerce, de l'Industrie et de l'Artisanat pour les exercices 1999-2004 a montré que la production, l'investissement, la valeur ajoutée et le nombre des établissements des industries dans le domaine des matériaux (céramiques, verres, métallurgie, mines, polymères, biomatériaux, composites, ciment ...) ont progressé de façon significative.

La filière d'ingénieur en génie des matériaux (IGM) options : « **Ingénierie des matériaux fonctionnels (IMF)** » et « **Ingénierie des matières plastiques et peintures (IMPP)** » sont des formations pluridisciplinaires et pratiques visant à former des cadres dans l'industrie de production, de transformation et de l'utilisation des **matériaux organiques et inorganiques** (industrie des plastiques, peintures et vernis, colles et adhésifs, composites, métallurgie, mines, ciment, phosphates, céramiques, verres...). L'acquisition des connaissances théoriques et des compétences pratiques permet d'être en parfaite adéquation avec les besoins des industries Marocaines du secteur des matériaux.

Cette filière d'ingénieur dispensée par les départements des Sciences Chimiques et de Physique Appliquée répondra aux demandes formulées par l'**industrie des matériaux** organiques et inorganiques à travers un programme pédagogique associant :

- une solide connaissance scientifique, technique, linguistique et humaine,
- une culture industrielle acquise en entreprise,
- une initiation à la recherche scientifique et technologique.

La formation s'articule autour de la maîtrise :

- de la conception, de la modélisation et de l'élaboration des matériaux,
- de l'ensemble des matériaux, de leur caractérisation et de leur comportement en fonction des multiples contraintes et de l'environnement.

En outre, cette formation permettra de former des ingénieurs qui seront capables de :

- s'intégrer dans une équipe de recherche sur les matériaux,
- contribuer au transfert de technologie et à l'assistance technique au profit des entreprises,
- assumer rapidement des responsabilités dans l'entreprise et contribuer à son évolution,
- participer au développement du secteur d'activité des matériaux,
- maîtriser l'interaction entre procédés, structures et propriétés des matériaux

La filière IGM offre aussi aux étudiants la possibilité de préparer le projet de fin d'étude chez les partenaires européens du **consortium EEIGM** (Ecole Européenne d'Ingénieurs en Génie des Matériaux), à savoir : Institut National Polytechnique de Lorraine (INPL) (Nancy, France), Luleå Tekniska Universitet (Luleå, Suède), Universitat Politecnica de Catalunya (UPC) (Barcelone, Espagne) et Universität des Saarlandes (Saarbrücken, Allemagne) et de pouvoir poursuivre un doctorat dans les sciences des matériaux.

M1 : Thermodynamique et catalyse hétérogène

Objectif du module

- Familiariser les étudiants avec les processus physico-chimiques qui règlent les transformations chimiques, gaz-solide, gaz-liquide, liquide-solide catalytique ou non catalytique,
- Réaliser une transformation de réactifs liquides ou, le plus souvent, gazeux, en employant un catalyseur solide.

Volume horaire global		
Cours	TD	TP
26	12	16

Contenu du Module

- Grandeurs molaires partielles
- Potentiel chimique
- Fugacité - activité
- Thermodynamique des solutions
- Catalyse homogène
- Catalyse hétérogène
 - Description de l'acte catalytique
 - Propriétés physico-chimiques et méthodes de caractérisation des catalyseurs
 - Cinétique et mécanisme des réactions catalytiques
 - Préparation et mise en œuvre des catalyseurs solides
 - Loi de Kelvin et porosité
 - Contrôle rapide de la texture

Les Travaux Pratiques

- Grandeurs molaires partielles
- Mesure de l'enthalpie de fusion d'un corps pur
- Diagramme ternaire
- Application – isotherme de Langmir
- Préparation, caractérisation et réactivité d'un catalyseur pour l'isomérisation de butène
- Vieillessement d'un catalyseur pour des cycles d'oxydation et réduction.

Mini projets

Cette activité qui, au travers d'un travail d'équipe, vise à développer chez l'étudiant l'esprit de synthèse, le sens créatif, la volonté d'entreprendre, de s'impliquer, tout en mobilisant son savoir pour réussir.

Les étudiants effectueront des mini-projets de recherche dans les laboratoires. Des catalyseurs comme l'alumine peuvent être imprégnées par des ions sulfates ou phosphates. Ces catalyseurs seront caractérisés par différentes méthodes spectroscopiques. Des réactions test seront utilisées pour suivre les propriétés acido-basiques du catalyseur. De plus ils suivront le vieillissement d'un catalyseur $\text{CeO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ par ATD-ATG en réalisant des cycles d'oxydation – réduction ou des cycles chauffage - refroidissement sur des catalyseurs

M2 : Mécanique des milieux continus et Mécanique des fluides

Objectif du Module

- Acquérir les connaissances scientifiques de base utiles pour comprendre et résoudre un problème de viscoélasticité,
- Savoir caractériser les comportements d'un matériau en régime statique et dynamique et pouvoir modéliser ce comportement pour d'autres conditions,
- Connaître les bases qui permettent de décrire correctement les notions cinématique et dynamique des fluides,
- Introduire la notion de loi de comportement,

- Mettre en place les principales méthodes de résolution pour les appliquer à quelques cas simples des fluides.

Volume horaire global		
Cours	TD	TP
30	20	10

Contenu du Module

Mécanique des milieux continus

- Algèbre et Analyse tensorielle.
- Mécanique des milieux continus
 - Le modèle « milieu continu » - Cinématique des milieux continus.
 - Modélisation des efforts.
- Analyse des contraintes
 - Force de volume et de surface.
 - Vecteur contrainte.
 - Principe de Cauchy.
 - Tenseur de contraintes.
 - Le tricercler de Mohr.
- Expression des lois fondamentales de la MMC
 - Conservation de la masse, de la quantité de mouvement et de l'énergie.
- Notion d'élasticité
 - Phénoménologie.
 - Hypothèse des petites perturbations et conséquences.
 - Lois de comportement.
 - Conséquences de la conservation de la masse.
 - Conséquences du premier principe fondamental de la dynamique.
 - Conséquences du premier et du second principe fondamental de la thermodynamique.
 - Synthèse de la statique thermo-élastique.
- Mécanismes physiques de déformation en viscoélasticité

Mécanique des fluides

- Généralités et propriétés physiques des fluides
 - Notion de fluide, Nature des milieux : continuité, homogénéité, isotropie
 - Efforts appliqués à un fluide – Contraintes
 - Viscosité d'un fluide - Compressibilité
- Statique des fluides et applications
 - Equation de l'hydrostatique
 - Applications aux mesures de pression statique
 - Force de pression sur une surface plane
- Cinématiques des fluides
 - Trajectoire d'une particule fluide
 - Description du mouvement (Lagrange et Euler)
 - Ecoulement laminaire – Ecoulement turbulent
- Dynamique des fluides
 - Dynamique des fluides parfaits et réels
 - Théorèmes des quantités de mouvement
 - Mesure de la pression dans un fluide en mouvement
 - Applications de l'équation de Bernoulli à la mesure des débits
- Etudes des écoulements
 - Ecoulement en conduite
 - Calcul des pertes de charge
 - Introduction à l'ingénierie des pompes

Travaux pratiques

- Mesure de viscosité
- Loi de Hagen – Poiseuille
- Mesure de débit par le Tube de Venturi

- Mesure du coefficient de frottement d'un écoulement

M3 : Analyse numérique des systèmes linéaires

Objectif du Module

L'objet de l'analyse numérique est de concevoir et d'étudier des méthodes de résolution de certains problèmes mathématiques, en général issus de la modélisation de problèmes "réels", et dont on cherche à calculer une solution approchée à l'aide d'un ordinateur. De telles méthodes passent souvent par la résolution de systèmes linéaires $ax=b$. La résolution de systèmes linéaires est donc une partie incontournable du calcul scientifique. Nous verrons deux types de méthodes pour résoudre les systèmes linéaires : les méthodes directes et les méthodes itératives. Et pour faciliter la compréhension et leur étude, nous commençons par quelques rappels d'algèbre linéaire. Des travaux pratiques permettront d'illustrer le cours et d'aborder des exemples de résolution numérique en s'appuyant sur les algorithmes étudiés.

Volume horaire global		
Cours	TD	TP
32	10	14

Contenu du Module

- Introduction au calcul d'erreurs en arithmétique flottante.
 - Conditionnement d'une matrice, propagation de l'erreur par transformation
- Méthodes directes de résolution des systèmes linéaires
 - Méthode d'élimination de Gauss
 - Méthode de factorisation LU, LLt
- Factorisation de matrices, Gram-Schmidt, transformations de Householder et Givens. Résolution du problème aux moindres carrés.
- Méthodes itératives :
 - Méthode de Jacobi
 - Méthode de Gauss-Seidel
 - Méthode de relaxation
 - Méthode de Gradient conjugué
 - Méthode de Gradient conjugué pré conditionné
- Calcul numérique de valeurs propres et vecteurs propres
 - Méthode de la puissance
 - Méthode de Jacobi
 - Méthode de QR..
- Résolution des équations différentielles
 - Méthodes des différences finies
 - Méthode des éléments finis
- Approximation polynomiale (interpolation de Lagrange)

Travaux pratiques

Les TP sont axées sur la programmation et la mise en œuvre d'algorithmes étudiés en cours et l'initiation à la résolution des équations aux dérivées partielles d'équilibre de la physique.

M4 : Chimie macromoléculaire

Objectif du Module

- Présenter les réactions les plus importantes de la chimie macromoléculaire qui sont à la base de la production des polymères de grande diffusion et des polymères techniques,
- Montrer que le contrôle de ces réactions permet de développer, pour un même monomère, des matériaux aux propriétés très variées et complémentaires,
- Physicochimie des solutions macromoléculaires diluées

Volume horaire global		
Cours	TD	TP
24	16	16

Contenu du Module

Synthèse

- Les polymères : Généralité : les monomères et les polymères
- Introduction aux réactions de polymérisations en chaînes et en étapes
- Polymérisation radicalaire en chaîne
- Polymérisation anionique et cationique : polymérisations des doubles liaisons et par ouverture des cycles
- Polycondensation
- Copolymérisation
- Polymérisation par les métaux de transition : Ziegler - Natta, Métathèse, Métallocène.
- Caractérisation spectrale des polymères (RMN, IR, notion de microstructure....)

Physicochimie des solutions macromoléculaires diluées

- Introduction à la physico-chimie des solutions polymères
- Physico-chimie des solutions macromoléculaires : Théorie de Flory – Huggins, Flory - Krigbaum
- Méthodes de détermination des différentes masses molaires moyennes : Application pour la mesure des dimensions des macromolécules :
 - Fractionnement par solubilité
 - Diffusion de la lumière
 - Viscosimétrie
 - Osmométrie

Travaux pratiques

- Suivi cinétique de la polymérisation du styrène par dilatométrie.
- Polymérisation en émulsion de l'acrylonitrile.
- Polymérisation en masse de l'acétate de vinyle et son hydrolyse en polyvinylalcool.
- Synthèse des Nylons 6-6 et 6-10.
- Synthèse des résines phénoliques.
- Détermination des densités des polymères par pycnomètre et calcul des paramètres de solubilité (Small)
- Détermination des paramètres de solubilité par les modèles paramétriques (représentation selon Hansen).
- Mesure des masses de polymères par GPC.
- Mesure de viscosité (temps d'écoulement : appareil Hebbelhode).

Mini projets

Les étudiants développent et complètent les principes acquis en cours sous forme de mini-projets de recherche au sein du laboratoire de Chimie Bio organique et Macromoléculaire portant sur les thèmes variés de la chimie macromoléculaire. Cette activité, tout en se maintenant dans le cadre d'une rigueur scientifique permanente, est largement basée sur l'initiative et l'organisation personnelle de l'étudiant dans la conduite de ses synthèses.

M5 : Electrochimie

Objectif du Module

- Etudier les procédés électrochimiques de transformation de la matière,
- Détermination des relations thermodynamiques caractéristiques de l'équilibre électrochimique,

- la conception et la mise au point des procédés d'électrolyse.

Volume horaire global		
Cours	TD	TP
24	16	16

Contenu du Module

- Notions sur l'électrochimie de liquide
- Conductivité des solutions électrochimiques : Conductivité ionique, Conductivité équivalente, Mobilité, Nombre de transport
- Théorie de Debye-Huckel : Application aux calculs des coefficients d'activités
- Thermodynamique électrochimique : Tension d'électrodes, Piles, Diagramme tension-pH
- Notion de double couche
- Phénomène de polarisation, loi de Tafel
- Electrochimie et chimie analytique
- Electrochimie organique
- Applications

Travaux pratiques

- Conductivité des solutions : dosages A/B, Détermination de K_s et de $K_{\text{complexation}}$
- Potentiométrie
- Electrochimie organique : polymérisation du pyrrole
- Diagramme E-pH d'éléments

M6 : Informatique I: Bases des données et langage SQL : Access

Objectif du Module

- La conception de bases de données, la création des bases de données avec le logiciel Access et puis maîtriser l'audition de ces bases en utilisant le langage SQL

Volume horaire global		
Cours	TD	TP
20	10	26

Contenu du Module

Access

- Access : premières notions
- structure d'une table
- relations entre tables
- le formulaire
- le filtre
- la requête
- l'état

Bases de données

- Anatomie d'une base de données : tables, champs, enregistrements, clés, vues, relations
- Audit de la structure d'une base de données : optimisation des champs, optimisation des tables, établissement de relations fiables

Le langage SQL

- création d'une requête simple
- requêtes contenant des expressions
- filtrage des données
- opérations sur les tables : intersection, différence, union
- jointures internes
- jointures externes

- clause union
- sous requêtes
- fonctions statistiques
- groupement des données
- filtrage des données groupées

M7 : Economie de l'Entreprise

Objectif du Module

Présenter les aspects juridiques et économiques de l'entreprise de tel sorte à ce que l'élève ingénieur se familiarise avec le monde de l'entreprise.

Volume horaire global		
Cours	TD	TP
40	16	

Contenu du Module

- De l'idée d'entreprendre à la constitution de l'entreprise
 - étude de faisabilité d'un projet d'entreprise.
 - les formalités juridiques pour la formation d'une entreprise.
 - les structures de l'entreprise.
 - l'entreprise et modalités de financement.
- Economie de l'entreprise
 - Etude du comportement du consommateur.
 - les formes d'organisation de la production.
 - la conception économique de la production.
 - les différents coûts afférents à l'entreprise.
 - Etude du marché des biens et des services.
 - Etude du marché monétaire.

Mini projets

- Objectifs poursuivis : connaissance des étapes du développement industriel et commercial d'un projet de recherche. Expérimentation des différents domaines de la création d'activité et d'entreprise fictive, expérimentation de la planification temporelle et financière d'un plan. Puis Accomplissement des formalités juridiques auprès des services concernés exemple (CRI)
- Les mini-projets sont organisés sous forme de simulations d'entretiens avec des DRH et recruteurs d'entreprises partenaires. Chaque étudiant prépare un projet et bénéficie d'un entretien individuel qui lui permet de se positionner par rapport à ce type de situation. Chaque entretien est ensuite suivi d'un retour individualisé, afin de donner à l'élève la possibilité de mieux connaître ses capacités et sa manière de réagir.

M8 : Langues & Communication interpersonnelle

Objectif du Module

- La partie Anglais de ce module vise essentiellement à munir l'ingénieur d'un outil de communication dont il a besoin, et pendant sa formation pour effectuer et mener à bien sa recherche, et dans l'exercice de sa profession. La progression de cette classe de langue est faite de manière à permettre à l'étudiant de développer une compétence communicative en Anglais aussi bien au niveau de la réception orale et écrite (Reading/Listening skills) qu'au niveau de la production orale et écrite (Speaking/Writing skills).
- La partie Techniques d'Information et de Communication vise à faire une analyse globale de communication, depuis leurs enjeux jusqu'à l'ensemble de leurs moyens, afin d'optimiser la performance du communicateur. Elle vise aussi l'acquisition d'un ensemble de compétences faites de savoirs et de savoir-faire. Ces compétences s'exercent dans les domaines du langage,

des moyens de communication et de la qualité professionnelle (développement de l'écoute et de l'observation, élaboration et transmission des messages, analyse des phénomènes relationnels...)

Volume horaire global		
Cours	TD	TP
26	22	12

Contenu du Module

Anglais

- Révision des notions de base : Pronoms, questions words...
- Conjugaison (tenses, modals and contractions)
- Introduction de résumés et de productions de petits paragraphes (Free writing and sammury) au niveau de l'écrit.

Communication interpersonnelle

- Communiquer quoi, quand, à qui, et comment ?
- La communication interpersonnelle
- La PNL et l'analyse transactionnelle
- La communication non verbale
- Les styles de la communication

Travaux Pratiques

- Aider l'étudiant à mieux se connaître et connaître autrui.
- Chaque étudiant préparera un exposé sur thème en relation avec le comportement humain
- Des exercices de situations de communication sont étudiés
 - Situation de communication et choix de comportement
 - Développement de l'écoute et de l'observation
 - Elaboration et transmission de messages
- Analyse des phénomènes relationnels

M9 : Résistance des Matériaux (RDM)

Objectif du Module

Donner à l'élève ingénieur les connaissances de base de la résistance des matériaux et le rendre apte à évaluer le comportement linéaire des corps solides déformables soumis à des sollicitations multiples dans le domaine élastique pour répondre aux problèmes de calculs et de dimensionnement de structures ou systèmes mécaniques simples ou composés.

Le cours a pour objet la détermination des efforts et des déformations qui se développent dans une structure constituée de poutres (ou barres) lorsque celles-ci sont soumises à des sollicitations extérieures. C'est le cas dans de nombreuses constructions : une grue, un pylône haute tension, un pont métallique, un hangar ...

En pratique, l'ingénieur sera confronté à deux types de problèmes à résoudre

- On connaît les efforts extérieurs appliqués à la structure, on cherche alors les dimensions à donner à celle-ci pour que les efforts internes ou les déformations ne dépassent pas une limite définie par avance. C'est le problème du dimensionnement.
- On connaît les efforts extérieurs et les dimensions de la structure, on vérifie alors que les efforts intérieurs et les déformations sont bien inférieurs à une limite définie par avance. C'est le problème de vérification de la stabilité.

Après avoir suivi ce module l'élève ingénieur doit savoir la stabilité d'une structure composée d'un assemblage de barres ou de poutres et dimensionner toute structure en fonction des efforts qui lui sont appliqués.

Volume horaire global		
Cours	TD	TP
32	12	12

Contenu du Module

- Notions de contraintes et de déformations
- Présentation des méthodes de détermination des contraintes et des déformations qui se développent dans les barres et les poutres soumises à des sollicitations extérieures
 - Traction - Compression
 - Flexion (pure, simple, déviée)
 - Torsion des pièces
 - cisaillement
- Cinématiques des fluides
 - Trajectoire d'une particule fluide
 - Description du mouvement (Lagrange et Euler)
 - Ecoulement laminaire – Ecoulement turbulent
- Géométrie des poutres
- Détermination des contraintes et déformations élémentaires
- Formules et théories (formules de Bresse, théorie du potentiel...)

Travaux pratiques

- Essai de traction d'un acier à la température ambiante
- Traitement thermique du cuivre à 270° C
- Etude expérimentale de la plasticité.
- Observation en microscopie à balayage des microstructures de déformation et de recristallisation

M10 : Recherche opérationnelle et statistique appliquée

Objectif du Module

- Approfondir les techniques de la programmation linéaire, de l'analyse post optimale, connaître et maîtriser les techniques de la programmation linéaire en nombres entiers.
- Initier l'élève ingénieur au vaste problème de la programmation non linéaire et plus précisément lui fournir une formation théorique de base qui lui permettrait, lorsque confronté à des problèmes pratiques, de comprendre assez rapidement les divers outils des résolutions disponibles et de les utiliser efficacement.

Volume horaire global		
Cours	TD	TP
30	26	

Contenu du Module

- Statistique descriptive
 - Définitions et généralités sur les distributions statistiques
 - Représentations graphiques des différentes distributions
 - Statistique descriptive de deux variables
- Quelques rappels en théorie de probabilité
 - Variables aléatoires
 - Fonction de répartition et densité de probabilité
 - Inégalité de Bienaymé-Tchebycheff
 - La loi faible des grands nombres
- Lois usuelles
 - Loi Binomiale
 - Loi de Poisson
 - Loi Normale
 - Loi Khi-deux
 - Loi de Student

- Loi de Fisher
- Approximation des loi Binomiale et Poisson par la loi Normale
- L'estimation
 - Qualités d'un estimateur.
 - Méthode du maximum de vraisemblance.
 - Méthode des moments.
 - Estimateurs de Bayes
 - Estimation par intervalles.
- Test de Khi-deux
 - Comparaison d'une distribution observée à une distribution théorique
 - Comparaison de deux échantillons caractérisés par des effectifs
- les tests en statistique paramétrique
 - Tests de moyenne sur des grands et petits échantillons et intervalle de confiance
 - Test de comparaison d'une proportion observée à une proportion théorique et intervalle de confiance
 - Test d'homogénéité de deux échantillons

Théorie de graphe

- Généralités sur les graphes
 - Définition et représentation d'un graphe
 - Principaux concepts et dénominations
 - Analyse de la structure d'un graphe
- Chemins de longueur extrême
 - Généralités
 - Recherche des chemins extrémaux
- Flots dans un réseau
 - Définitions et généralités sur les flots
 - Flot maximal et flot complet
 - Cas de réseaux avec capacités seules (Ford-Fulkerson)
- Ordonnancement de projets
 - Introduction
 - Représentation graphique
 - Procédure de résolution (Méthodes MPM et PERT)

M11 : Métallurgie structurale

Objectif du Module

- Décrire les structures électroniques et les propriétés physiques des métaux,
- Appréhender les notions de la théorie des défauts cristallins et des dislocations,
- Fournir les connaissances scientifiques de base afin de développer les mécanismes de réflexion permettant l'analyse et la compréhension des phénomènes physiques et chimiques qui interviennent dans les matériaux métalliques,
- Etude des transformations de phases.

Volume horaire global		
Cours	TD	TP
24	16	16

Contenu du Module

Structure et propriétés physiques

- La cohésion cristalline
- Les solutions solides
- Les solutions ordonnées et les phases intermédiaires
- Les défauts cristallins : les défauts ponctuels
- La diffusion
- Les diagrammes d'équilibre : eutectique, peritectique..., phénomènes de ségrégation
- Dislocations et défauts d'empilement
- La déformation plastique
- Rupture et fatigue : modes de rupture (ductile, fragile...)

- Recuit, recristallisation et restauration

Transformations avec changement de phases

- La solidification des métaux et alliages
- Cinétique des transformations dans les métaux et les alliages à l'état solide : nucléation, croissance
- Les transformations allotropiques dans les métaux purs, influence des éléments d'addition
- La précipitation dans les solutions solides métalliques
- Les transformations eutectoïdes, peritectoïdes, martensitiques
- Méthodes de durcissement et plasticité

Travaux pratiques

- Métallographie
- Durcissement structural
- Défauts
- Diffusion
- Dilatométrie
- Polissage électrolytique
- Techniques mises en oeuvre : Traitements thermiques, polissage mécanique, microscopie optique, microscopie électronique à balayage, diffraction des rayons X.
- Concepts utilisés : Transformations de phase, diagrammes TTT, transformations par refroidissement.

Mini projets

- L'objectif est d'ouvrir le monde de la FST sur le monde de l'entreprise, sur le monde économique. Permettre aux étudiants, par la connaissance des métiers, par des réalisations concrètes et grâce à la rencontre avec des professionnels, d'avoir une idée générale sur le domaine de la métallurgie et d'être acteurs de leurs choix d'orientation.
- Cette activité sera réalisée sous formes des visites d'entreprises et d'ateliers dans le secteur des matériaux métalliques (SONASID, SOMETAL...) et des séminaires d'applications par des professionnels du monde industriel et de la recherche.

M12 : Physique des semi-conducteurs & Métrologie dimensionnelle

Objectif du Module

- Ce cours permet à l'élève d'ingénieur d'étudier les composants à semi-conducteurs, intervenant dans la microélectronique.
- L'ingénieur doit comprendre le fonctionnement et les performances des composants de bases (Diode, Transistors, MOS.) et maîtriser des concepts, méthodes et outils à mettre en œuvre pour les assembler en systèmes complets.
- Définition des principaux termes usuels de la métrologie.

Volume horaire global		
Cours	TD	TP
24	16	16

Contenu du Module

- Physique des semi conducteurs
 - Etats quantiques dans les semi conducteurs.
 - Statistiques des semi conducteurs.
 - Transition optique.

- Transport dans les semi conducteurs- influence des défauts.
- Composants à semi-conducteurs
 - Jonction PN.
 - Contact métal semi conducteur.
 - Transistor Bipolaire.
- Notions de Capteurs
- Métrologie dimensionnelle
 - Généralités sur la métrologie
 - La fonction métrologie
 - Incertitudes de mesures
 - Lecture d'un plan de définition
 - Les caractéristiques métrologiques des capteurs (erreurs de mesure, étalonnage, sensibilité, finesse, rapidité, temps de réponse)

Travaux pratiques

- Les diodes et leurs applications
- Relevé des caractéristiques d'un transistor bipolaire
- Le transistor à effet de champ
- Effet Hall dans les semi-conducteurs
- Étude de la photoconductivité d'un semi-conducteur
- La cellule photovoltaïque
- Étude de la résistance d'un semi-conducteur en fonction de la température

Mini projets

- L'objectif est d'impliquer les étudiants dans les aspects techniques et socio-économiques des matériaux semi-conducteurs et le renforcement des sciences de base de l'ingénierie.
- Cette activité sera organisée sous forme des visites au Centre de Développement des Energies Renouvelables, Marrakech

M13 : Propriétés mécaniques des matériaux

Objectif du Module

- Caractériser les propriétés mécaniques d'un matériau à partir d'un essai classique au laboratoire (traction, compression, cisaillement ou de torsion),
- Décrire le comportement mécanique des matériaux à différentes échelles (macroscopique, mésoscopique et microscopique),
- Etablir un lien quand cela est possible entre microstructure et propriétés mécaniques macroscopiques des matériaux,
- Etudier les principales méthodes de durcissement des matériaux métalliques,
- Identifier les principaux mécanismes contrôlant la résistance mécanique des matériaux,
- Analyser de façon élémentaire les mécanismes de restauration et de recristallisation,
- Décrire brièvement les principales propriétés physiques des matériaux.
- Ces acquis permettront au futur ingénieur de bien sélectionner les matériaux qui répondent aux exigences du produit qu'il conçoit. Ces exigences d'ordre économiques, sociales, esthétiques, de résistance ou de longévité ne peuvent être satisfaites sans la maîtrise des propriétés des matériaux et leurs limites.

Volume horaire global		
Cours	TD	TP
24	16	16

Contenu du Module

- Introduction : Les grandes classes des matériaux vis-à-vis des propriétés mécaniques, Les microstructures des matériaux, Notion de cristallographie

- Contrainte et déformation : Définition de l'état de contrainte, Contrainte hydrostatiques et contrainte réduites, Equations d'équilibre, Définition des déformations, Relation contrainte-déformation en traction, compression, cisaillement et torsion
- Déformation élastique des solides isotropes : Déformation élastique des solides, Thermodynamique et origine de l'élasticité, Equation de Hooke généralisée, Les modules d'élasticité, Origine physique du module d'Young, Contrainte-déformation dans les matériaux viscoélastiques, Etude de cas : conception faisant intervenir le module d'Young
- Déformation plastique des matériaux : Mécanismes physiques de la plasticité, déformation d'un monocristal – loi de Schmidt Boas, Définition des dislocations – propriétés géométriques, Champ de contrainte et énergie d'une dislocation, Forces d'interaction entre dislocations, Multiplication des dislocations, Les obstacles au mouvement des dislocations, Applications : conceptions faisant intervenir la limite d'élasticité
- Facteurs influençant les propriétés mécaniques : Limite d'élasticité et mécanismes de renforcement des solides cristallins, Effets des particules sur le mouvement et la création des dislocations, Méthodes de durcissement et plasticité des polycristaux
- Restauration et recristallisation : Les mécanismes de restaurations, Force motrice de la recristallisation, Nucléation et croissance des germes

Travaux pratiques

- Essai de traction à la température ambiante de l'acier 316L et détermination des différents paramètres décrivant le comportement mécanique : Module d'Young, limite d'élasticité, la contrainte maximale, allongement à la rupture.
- Observation en microscopie à balayage des microstructures de déformation : ligne glissement des dislocations à la surface des éprouvettes

Mini projets

- Cette activité qui, au travers d'un travail d'équipe, vise à placer l'étudiant dans une situation de mise en pratique des connaissances théoriques acquises à caractériser le comportement mécanique d'un matériau.
- Les étudiants effectueront des mini-projets de recherche dans un laboratoire de recherche. Ils apprendront à réaliser des essais de traction, de compression et de flexion sur des éprouvettes préparées à partir de barreaux d'acier 316L utilisé pour des applications biomédicales. Ils essayeront de déterminer les différents paramètres qui caractérisent la résistance mécanique.

M14 : Les matériaux polymères et les matériaux composites

Objectif du Module

- Connaissance des différents types de polymères,
- Apprendre les bases nécessaires pour concevoir et développer de nouveaux matériaux polymères à partir de polymères déjà existants,
- Présentation des principaux procédés de transformation des matières thermoplastiques,
- Initier les étudiants à des notions de bases sur les matériaux composites et leurs avantages.
- Présenter les techniques de transformation des matériaux composites,
- Description du principe de renforcement d'une matrice par des fibres ; inventaire des différentes familles de matériaux composites, de leurs architectures, procédés de fabrication, propriétés et durabilités ; examen de quelques exemples innovants (composites intelligents, nanocomposites, ...)
- L'étudiant recevra ainsi les bases nécessaires pour concevoir et développer ces matériaux à propriétés spécifiques et contrôlées.

Volume horaire global		
Cours	TD	TP
24	16	20

Contenu du Module

Les matériaux polymères

- Généralités
- Polymères thermoplastiques
- Polymères thermodurcissables
 - Résines phénoplastes
 - Résines aminoplastes
 - Résines époxydes
 - Polyesters insaturés
 - Polyuréthanes
- Biopolymères, Polymères naturels
- Elastomères
- Plasturgie

Les matériaux composites

- Introduction
- Composite à matrice organique
- Les nano-composites et les composites intelligents
- Composite à matrices métallique et céramique
- Comportement physico-chimique
- Mise en œuvre des composites
- Applications industrielles des composites

Travaux pratiques

- Synthèses des polyesters. Etude de la copolymérisation du styrène et du méthacrylate de méthyle
- Synthèses des résines époxydes
- Résines phénol-formol (cas de la bakélite)
- Polymérisation en suspension et en émulsion, copolymérisation
- Moulage au contact,
- Analyse du renfort,
- Elaboration, découpe des éprouvettes, mesure des paramètres rhéologiques à l'aide d'essais mécaniques, analyse métallographique, analyse viscoélastique et dynamique par DMA.
- Calcul simplifié des propriétés mécaniques anisotropes,
- Essais mécaniques sur les matériaux composites
- Description des répartitions de contraintes, connaissances indispensable à la conception optimale des matériaux composites

Mini projets

Cette activité vise à proposer au futur ingénieur en Matériaux Fonctionnels un contact direct et significatif avec l'univers de la recherche et développement. Les mini-projets du travail portent souvent sur un problème d'amélioration d'une production ou de développement d'un nouveau procédé, en phase laboratoire. Les étudiants apprendront des techniques et les procédés industriels de polycondensation, de polymérisation et des matériaux composites inorganiques et organiques.

M15 : Techniques de gestion de l'Entreprise

Objectif du Module

- Présenter les aspects juridiques et économiques de l'entreprise de telle sorte à ce que l'élève ingénieur se familiarise avec le monde de l'entreprise,
- Mise en œuvre de concepts de gestion en jeu d'entreprise informatisé.

Volume horaire global		
Cours	TD	TP
40	16	

Contenu du Module

- Techniques de gestion de l'entreprise
 - Comptabilité générale.
 - Comptabilité analytique.
 - Le diagnostic financier de l'entreprise.
 - Le contrôle de gestion et Audit.
- Introduction à la fiscalité de l'entreprise
 - le système fiscal au Maroc.
 - le calcul et la déclaration de la TVA.
 - l'imposition des résultats de l'entreprise (IS).
- Introduction en droit des affaires
 - le chèque comme moyen de paiement.
 - la lettre de change comme moyen de crédit.

Mini projets

Cette activité a pour but de préparer et d'aider les étudiants à leur entrée dans la vie professionnelle : techniques de gestion de l'entreprise, découverte des métiers ciblés par l'option et connaissance de modes de déclaration fiscale auprès des services compétents.

M16 : Langues & Rédaction scientifique et technique

Objectif du Module

- La partie Anglais de ce module vise essentiellement à munir l'ingénieur d'un outil de communication dont il a besoin, et pendant sa formation pour effectuer et mener à bien sa recherche, et dans l'exercice de sa profession. La progression de cette classe de langue est faite de manière à permettre à l'étudiant de développer une compétence communicative en Anglais aussi bien au niveau de la réception orale et écrite (Reading/Listening skills) qu'au niveau de la production orale et écrite (Speaking/Writing skills).
- La partie communication vise l'acquisition d'un ensemble de compétences faites de savoirs et de savoir-faire. Ces compétences s'exercent dans les domaines du langage, des moyens de communication et de la qualité professionnelle, notamment la maîtrise de différentes composantes de l'expression écrite à l'aide d'exercices de mise en situation.

Volume horaire global		
Cours	TD	TP
26	22	12

Contenu du Module

Anglais

Plus d'importance sera donnée au travail sur certaines formes de la grammaire comme initiation aux spécificités de l'Anglais scientifique (Passive voice, connectives, if clause, comparaison) . Au niveau de l'écrit, les étudiants seront amenés à produire un essai qu'ils présenteront sous forme d'exposés à l'oral

Rédaction scientifique et technique

- La typologie des écrits scientifiques
 - Rapport bibliographique
 - Rapport technique
 - Rapport de stage
 - Rapport pour un décideur
- Des plans de la pensée au plan de la rédaction
- La structure des unités rédactionnelles
 - Phrase, paragraphe, texte...
 - Introduction, conclusion, bibliographie
- Ponctuation et typographie

Travaux pratiques

- La familiarisation avec les écrits scientifiques et professionnels : articles, mémoire résumé, synthèse
- L'étudiant doit produire des documents écrits : résumé, synthèse de documents, prise de notes en anglais et compte-rendu, rapport de stage, prospectus, etc.
- Techniques de la recherche sur Internet

M17 : Propriétés optiques, électriques, magnétiques et thermiques des matériaux

Objectif du Module

Destiné à des étudiants connaissant les matériaux par le biais de la mécanique, ce cours a pour objectif de leur donner des bases plus larges sur les matériaux à applications fonctionnelles. Il traitera des origines physiques des propriétés électriques, magnétiques, optiques, thermiques et des phénomènes de dégradation. Intégré dans un cursus MIPC, il s'attachera également, par quelques études de cas détaillées (ex. chaîne d'élaboration du Si monocristallin pour l'électronique, du verre pour applications optiques, de composants piézo-électriques pour l'automobile...), à traiter des problèmes plus spécifiques posés par l'élaboration et la mise en forme de ces matériaux fonctionnels.

Volume horaire global		
Cours	TD	TP
28	28	

Contenu du Module

- Propriétés optiques : réflexion, réfraction, absorption, diffusion - relations entre structure électronique, morphologie et propriétés optiques - émission lumineuse (émission thermique, matériaux luminescents, matériaux laser).
- Propriétés électriques et électroniques : Structures de bandes - Conducteurs, semi-conducteurs et isolants électriques - Conduction électronique et Conduction ionique - Résistivité et Conductivité - Propriétés diélectriques - Electrostriction - Piézoélectricité, ferroélectricité, pyroélectricité.
- Propriétés thermiques : chaleur spécifique - dilatation thermique - conductivité thermique
- Propriétés magnétiques : définitions et unités – Diamagnétisme, paramagnétisme et applications - Ferromagnétisme et applications - Antiferromagnétisme - Ferrimagnétisme et applications - Température de Curie, Induction magnétique et Aimantation - Perméabilité magnétique et Susceptibilité magnétique - Champ coercitif et Supraconductivité.
- Sensibilité à l'environnement : Corrosion / Dégradation aux UV

M18 : Mathématiques appliquées pour l'ingénieur

Objectif du Module

Apporter à l'étudiant les connaissances nécessaires pour aborder certains modules clés tel que la théorie du signal.

Volume horaire global		
Cours	TD	TP
28	28	

Contenu du Module

- Convolution et transformée de Fourier des fonctions
- Transformée de Laplace des fonctions
- Distributions : définitions, opérations et convergence
- Transformée de Fourier des distributions tempérées
- Transformée de Laplace des distributions de D^+

- Convolution des distributions
- Distributions périodiques
- Transformée en Z
- Applications aux EDP
- Classification des EDPs
- Formulation variationnelle des EDPs.
- Techniques numériques pour EDP

M19 : Génie des procédés et Chimie industrielle

Objectif du Module

- La familiarisation avec les approches théoriques utilisées pour l'étude quantitative de phénomènes physiques fondamentaux en génie chimique, la maîtriser de la conception et le fonctionnement optimal d'une unité industrielle et la familiarisation avec quelques codes qui sont utilisés dans l'industrie.
- La compréhension des phénomènes de transfert (matière, énergie thermique, mouvement) comme base de calcul pour les opérations unitaires de transformation de la matière.
- La détermination de l'avancement, du dimensionnement et des conditions opératoires qui doivent assurer la gestion des réactions chimiques industrielles tout au long de leur déroulement. Les méthodes utilisées dans un laboratoire ne sont souvent pas adaptées à la production industrielle, notamment d'un point de vue économique. C'est pourquoi l'ingénieur est appelé à utiliser son savoir-faire pour mieux adapter ce changement de dimension. Afin d'atteindre les performances requises, un contrôle permanent de différents paramètres tels que la température, la pression, la concentration, le débit, etc. est nécessaire.
- Donner les connaissances de base, scientifiques et technologiques, sur les grands procédés de la chimie minérale et organique industrielle. Dresser les schémas de procédés, calculer des bilans de matière et connaître les problèmes environnementaux liés à l'industrie chimique.

Volume horaire global		
Cours	TD	TP
35	15	20

Contenu du Module

Génie des procédés

- Rhéologie
 - Généralités
 - Viscosité
 - Mouvement laminaire de cisaillement
 - Principe de fonctionnement des rhéomètres
 - Comportement rhéologique des matériaux
 - Aspects microscopiques
- Transfert de matière
 - Diffusion moléculaire : Loi de Fick
 - Equation de continuité
 - Transfert par convection
- Transfert thermique
 - Introduction
 - Conduction
 - Convection
 - Rayonnement
 - Echangeurs de chaleur
 - Techniques de chauffage
- Réacteurs chimiques
 - Description d'un mélange réactionnel
 - Bilan massique sur les réacteurs idéaux
 - Bilan thermique sur les réacteurs idéaux

Chimie industrielle

- Généralités : Initiation aux notions d'ingénierie chimique. Matières premières minérales et minéralurgie. Filières des grands produits de la chimie organique (Pétrochimie).
- Synthèse industrielle de l'acide sulfurique
- Production de l'acide phosphorique
- Métallurgie extractive de l'aluminium
- Métallurgie extractive du cuivre
- Polychlorure de vinyle (PVC) :
 - Synthèse par voie électrochimique de chlore et de la soude
 - Production de l'éthylène
 - Synthèse du chlorure de vinyl
 - Production du PVC
- Industrie du ciment
- Industrie des phosphates
- Valorisation et recyclage des déchets

Travaux pratiques

- Mesure des débits et perte de charge
- Echangeur de chaleur
- Distillation binaire
- Séchage par atomisation
- Mesure de distribution des temps de séjour
- Filtration sur filtre presse

Mini projets

- L'objectif est **savoir-faire**: capacité à intégrer les disciplines de base avec les contraintes techniques et économiques industrielles pour résoudre un problème d'ingénierie en chimie industrielle, **savoir être**: aptitude au travail en équipe, demandant esprit d'initiative et organisation pour prendre en charge et réaliser un projet et **savoir**: initiation au fonctionnement d'entreprises industrielles.
- Des visites obligatoires des sites industriels et des laboratoires de recherche sont organisées pour les étudiants. Ces derniers accompagnés d'enseignants chercheurs, découvrent à la fois les métiers, l'organisation et la vie de l'entreprise, et les fonctions, tâches et responsabilités des ingénieurs.

M20 : Machines thermiques et hydrauliques

Objectif du Module

Cet enseignement est un prolongement vers les applications des enseignements de base en thermodynamique, transferts thermiques et mécanique des fluides. Les machines considérées se limiteront aux installations couramment rencontrées dans l'industrie. Les étudiants devront connaître le fonctionnement et les caractéristiques des organes des différentes machines, savoir calculer les performances et les rendements sur la base des lois qui régissent leur fonctionnement et en tirer les conséquences économiques et environnementales.

Volume horaire global		
Cours	TD	TP
30	14	12

Contenu du Module

- Combustion et les combustibles
 - Les combustibles
 - les combustibles industriels caractéristiques et normes
 - La combustion - notions théoriques et pratiques

- Machines thermiques
 - Calcul global des machines thermiques
 - Notions sur les échangeurs de chaleur
 - Production de la chaleur
 - Production de froid – Conditionnement d’air
- Machines hydrauliques
 - Dimensionnement hydraulique
 - Rendements
 - Bilan Energétique
 - Analyse dimensionnelle et similitude
 - Pompes et stations de pompage
 - Caractéristiques d'une pompe
 - Cavitation d'une pompe
 - Couplage des pompes
 - Choix d'une canalisation et d'une pompe
 - Coup de bélier
 - Turbines hydrauliques

Travaux pratiques

- Pompe à chaleur et machine frigorifique
- Pompe hydraulique
- Echangeur de chaleur

M21 : Elaboration, caractérisation et propriétés des matériaux inorganiques

Objectif du Module

- Introduction générale aux matériaux céramiques, leurs méthodes de synthèses et leurs caractéristiques essentielles,
- Exemples pratiques d’applications et d’utilisations industrielles des céramiques et verres,
- Situer les céramiques et verres par rapport aux autres matériaux inorganiques
- Etude des propriétés physico-chimiques des céramiques et verres et leurs applications industrielles

Volume horaire global		
Cours	TD	TP
35	15	20

Contenu du Module

- Généralités
- Les monocristaux
- Les céramiques massives
 - Elaboration des poudres : techniques de la métallurgie des poudres, méthodes de chimie douce, synthèse en sels fondus, Caractérisation des poudres, Densification des poudres
 - Exemples des céramiques massives : Argiles, phosphates, ciment ...
- Les couches minces
 - Les différents procédés : dépôts physiques et chimiques en phase vapeur, projection plasma
- Les verres
 - Verres inorganiques non métalliques : Formateurs et modificateurs, Verres naturels, Verres industriels, Les verres spéciaux
 - Verres métalliques, Verres moléculaires
 - Méthodes d’élaboration et de caractérisation
- Les matériaux composites
- Relation structurale – Propriétés des céramiques : Structure à l’échelle atomique, Microstructure des céramiques
- Propriétés mécaniques des céramiques
- Comportement thermique des céramiques
- Propriétés électriques

- Propriétés magnétiques
- Quelques grandes classes des céramiques : relation applications – Propriétés : Céramiques traditionnelles, Céramiques à applications thermo-mécaniques : réfractaires, abrasifs et outils de coupe, Verres et produits verriers, Céramiques à applications électriques et électroniques, Ciments et bétons
- Propriétés optiques et mécaniques des verres
- Applications industrielles : Transformation de l'énergie solaire en énergie électrique, Générateur photo-électrochimique, Cellules photovoltaïques

Travaux pratiques

- Tests sur les argiles
- Mise en œuvre des plâtres de moulage dans l'industrie céramique
- Granulation des matières premières
- Comportement à la défloculation
- Barbotine : coulage et prise dans les moules en plâtres
- Procédés sol-gel, Méthode de complexation, Frittage des poudres,
- Etude thermodynamique d'un matériau piézoélectrique
- Matériaux composites. Cermets, dispersions, composites fibreux,
- Etude des propriétés mécaniques (traction, compression et flexion) d'un céramique,
- Matériaux à propriétés électriques, les semi-conducteurs
- Les propriétés et applications des céramiques traditionnelles : argiles, fabrication de la porcelaine, ciment
- Les propriétés et applications des céramiques techniques : oxydes, phosphates, nitrures, carbures, composites
- Les propriétés et applications des verres fonctionnels
- Analyse et microanalyse par microscopie électronique à balayage et métallographie d'une céramique à grains fins. Structure et composition des joints de grains. Mesure de tailles de grains.
- Eléments de la technologie verrière : Elaboration, coloration, cristallisation, mesure de densité et détermination des caractéristiques optiques et thermiques d'une série de verres d'oxydes.

Mini projets

Les étudiants examineront plusieurs formulations à partir d'un mélange de sol et de matériaux synthétiques dans le but d'obtenir des matériaux pour une application spécifique (céramique, verre, composite, électronique ...). Ils se familiariseront avec les procédés de synthèse, de mise en forme, de frittage et de caractérisation physico-chimiques et mécaniques des produits finis.

M22 : Propriétés physico-chimiques des polymères

Objectif du Module

- Connaître les différentes classes de polymères,
- Etablissement de relations entre la structure d'un polymère et ses propriétés thermiques et mécaniques,
- Comprendre les phénomènes spécifiques aux polymères et les aspects classiques en physicochimie des matériaux,
- Permettre d'optimiser le choix et les propriétés d'emploi

Volume horaire global		
Cours	TD	TP
30	10	20

Contenu du Module

- Introduction
- Structure des macromolécules : configuration, stéréorégularité et conformation

- Interactions macromoléculaires
- Structure des polymères
- Les propriétés thermiques des polymères
- Les propriétés mécaniques des polymères
- Les propriétés optiques des polymères
- Elasticité caoutchoutique
- Viscoélasticité linéaire
- Plasticité

Travaux pratiques

- Viscosimètres de couette et à chute de bille
- Mise en œuvre des matériaux thermoplastiques par extrusion et par injection
- Détermination du point de gélification des polymères thermodurcissables
- Exemple de traitement de la loi WLF Prise en évidence de l'effet stérique. Additivité des coefficients d'extinction,
- Familiarisation avec une machine de traction moderne et analyse d'un diagramme expérimental de traction
- Extrusion des thermoplastiques (PE, PP, PVC),
- Injection des thermoplastiques,
- Etude de l'effet d'une prédéformation, d'une restauration et d'une recristallisation sur la plasticité de l'aluminium
- Mise en œuvre des thermodurcissables par compression,
- Mise en œuvre des thermodurcissables par injection RTM.

Mini projets

Le but est d'initier les étudiants aux techniques de mise en œuvre des thermoplastiques et des thermodurcissables et à l'utilisation des normes internationales ou nationales en vigueur dans le domaine de la mise en œuvres des polymères

M23 : Management de l'environnement de l'entreprise

Objectif du Module

Présenter les différentes fonctions (GRH, Marketing, réglementation du travail, droit des affaires,...) nécessaires à la gestion et l'organisation de l'entreprise pour faciliter l'intégration des élèves ingénieurs dans le milieu professionnel.

Volume horaire global		
Cours	TD	TP
40	16	

Contenu du Module

- Management des ressources humaines
 - les fonctions de la gestion des ressources humaines.
 - Gestion de la sécurité des équipes
- Droit du travail
 - la réglementation des conditions de travail.
- Marketing et l'entreprise
 - les fondements du marketing.
 - le marketing –mix.
 - l'étude de marché.
 - l'étude du comportement du consommateur.
- Management de la qualité
 - le contrôle de la qualité.
 - assurance qualité.
 - la gestion de la qualité par la méthode AMDEC

- gestion totale de la qualité (TQM).
- Veille stratégique de l'environnement de l'entreprise
 - les stratégies de la gestion de l'environnement interne.
 - les stratégies de la gestion de l'environnement externe.

Mini projets

Cette activité sera organisée sous forme des visites d'entreprises ou de cabinets spécialisés en matières de GRH, MRK, DW et droit des affaires. Le but est de connaître les modes de recrutement et de renforcement des ventes de l'entreprise,....

M24 : Langues & Communication orale

Objectif du Module

- La partie Anglais de ce module vise essentiellement à munir l'ingénieur d'un outil de communication dont il a besoin, et pendant sa formation pour effectuer et mener à bien sa recherche, et dans l'exercice de sa profession. La progression de cette classe de langue est faite de manière à permettre à l'étudiant de développer une compétence communicative en Anglais aussi bien au niveau de la réception orale et écrite (Reading/Listening skills) qu'au niveau de la production orale et écrite (Speaking/Writing skills).
- La partie Techniques d'Information et de Communication vise à :
 - Sensibiliser aux phénomènes liés à la communication orale
 - Comprendre les problèmes et les enjeux posés par la communication orale
 - Développer la maîtrise de ses émotions et de son expression pour mener à bien une communication par objectif
 - Acquérir les techniques et les outils de parole adaptés aux diverses situations de communication.
 - Enrichir l'approche culturelle et guider chaque étudiant dans l'élaboration de sa stratégie de « marketing » personnelle : connaissance de soi, savoir communiquer sur soi et avec autrui.

Volume horaire global		
Cours	TD	TP
26	22	12

Contenu du Module

Anglais

L'accent sera plus mis sur la compétence communicative. L'étudiant doit pouvoir faire bon usage de son bagage linguistique dans sa recherche. Pour ce, une révision générale des acquis est faite au début du semestre. Une lecture comparative de textes en Anglais scientifique servira à mieux familiariser les étudiants avec ce genre de discours. Un projet personnel (Final paper level 4) est soumis par écrit. Ce même projet est présenté sous forme de communication orale en classe.

Communication Orale

- Les caractéristiques générales de la voix
- Face au public
 - Le trac et le stress
 - La soutenance et l'exposé
 - La maîtrise des moyens audio-visuels
 - Prise en main du logiciel Microsoft PowerPoint
- L'argumentation
- La négociation
- L'entretien
- Entraînement et développement du savoir-faire acquis : simulation d'acte de candidature en vue de préparer la recherche du stage
- Connaissances socio-économiques et culture générale professionnelle (vulgarisation scientifique, revues scientifiques, recherches de groupe semi-autonomes sur le contexte sectoriel, économique, culturel du marché de travail...).

Travaux pratiques

- Bien lire pour bien écrire ; la ponctuation orale
- Utilisation d'un vidéo-projecteur
- Entraînement à la prestation orale accompagnée d'un support multimédia. L'étudiant doit réaliser un exposé de 10 minutes sur un sujet de son choix où il sera filmé pour analyser ses points forts et points faibles au niveau gestuelle et tics
- Analyse critique de chaque prestation avec l'ensemble des étudiants
- Essayer de convaincre le public (5 mn) d'un sujet en apparence non évident,
- Exercice d'articulation et de ponctuation orale

Option Ingénierie des Matériaux Fonctionnels

M25 : Caractérisations thermiques et thermomécaniques, Systèmes d'images et microscopie, Diffraction de rayons X

Objectif du Module

- Mise en œuvre des différentes méthodes de caractérisation des matériaux,
- Etude des phénomènes de transformations par traitements thermiques et thermomécaniques,
- Etude des structure et des microstructures par microscopie (MEB, MET, ...) et par DRX,
- Analyse des résultats et mise en évidence des corrélations entre les traitements, les structures et microstructures et les propriétés.

Volume horaire global		
Cours	TD	TP
30	14	16

Contenu du Module

Caractérisations thermiques et themomécaniques

- Analyses thermiques conventionnelles
 - Analyses calorimétriques : analyse thermique directe, analyse thermique différentielle, calorimétrie différentielle à balayage
 - Analyse thermogravimétrique, Thermodilatométrie, Analyse thermomécanique
- Analyses thermiques "dynamiques"
 - Modulation de la température : DSC modulée, TMA modulée
 - Modulation du signal : analyse viscoélastique, analyse diélectrique
- Les essais mécaniques : essais de traction, essais de dureté
- Potentiométrie et calorimétrie

Systèmes d'images et microscopie

- Image analogique et image numérique
 - Images analogiques
 - Numérisation d'images analogiques
 - Restitution, enregistrement, impression d'images
 - Traitement d'images, Analyse d'images
- Microscopie électronique à balayage
 - Interaction électrons-matières; contraste en mode imagerie
 - Optique électronique, Détecteurs
 - Optimisation du fonctionnement; application en science des matériaux
 - Préparation des échantillons, Micro analyse X-Eds
- Les autres systèmes d'image.
 - Microscopie électronique à transmission
 - Microscopie optique
 - Thermographie Infra-rouge
 - Imagerie X, Imagerie acoustique
 - Microscopie à force atomique

Diffraction de rayons X

- Réseau ponctuel
 - Description du réseau ponctuel, Plans réticulaires, Réseau réciproque
- Symétrie du réseau cristallin
 - Propriétés mathématiques des opérations de symétrie
 - Groupes ponctuels dans les cristaux, Groupes spatiaux
 - Facteur de structure et extinctions spécifiques
- Etude de la diffraction des rayons X
 - Phénomène
 - Conditions de diffraction
 - Intensité diffractée
- Détermination de la géométrie cristalline

- Méthodes de poudre
 - Méthode de Debye – Scherrer, Méthode par focalisation
 - Mesure précise des distances réticulaires
 - Application du diagramme de poudre, Méthode de Ritveld
- Méthode du cristal unique
- Méthode de Laue, Méthode du cristal tournant, Méthode de Weissenberg

Travaux pratiques

- Détermination des phénomènes de décomposition des oxalates et les transformations de phases par ATD-ATG couplées,
- Le calcul du paramètre Avrami par la méthode Ozawa pour la détermination de mécanisme de nucléation et le mécanisme de croissance cristalline.
- Détermination de la transition vitreuse de quelques substances amorphes par DSC
- Analyse élémentaire et détermination de la taille des grains de quelques composés inorganiques par MEB
- Observation au MEB des métaux, alliages et polymères
- Analyse des matériaux cristallins et polycristallins par la diffraction des rayons X et mesures de quelques paramètres cristallins,
- Affinement par Rietveld de quelques composés inorganiques (phosphates, oxydes...)
- Résolutions de structures sur des monocristaux

Mini projets

- Principe de fonctionnement et d'utilisation d'un appareil des de caractérisation et d'analyse (ATD-ATG, DSC, MEB et DRX).
- L'étudiant accompagnera le technicien de l'appareil où il sera emmené à se familiariser avec cet appareil toute en apprenant son utilisation et son principe de fonctionnement et le dépouillement de résultats.

M26 : Caractérisations des surfaces et interfaces

Objectif du Module

Le module a pour objectif de donner aux élèves ingénieurs un ensemble de connaissances sur quelques techniques d'analyses et de séparations utilisées dans des secteurs très divers en l'occurrence celui des matériaux.

Il permettra de :

- présenter les principes et les applications de quelques techniques expérimentales utilisées pour l'analyse des surfaces et des interfaces, en particulier dans les phénomènes d'adhésion où l'on cherche à caractériser des zones interfaciales et/ou interphasiales à l'échelle nanoscopique,
- déterminer l'énergie libre de surface d'un solide, sa mesure et son utilisation,
- savoir choisir la technique d'analyse la plus appropriée au matériau étudié.

Volume horaire global		
Cours	TD	TP
32	24	

Contenu du Module

- Introduction
- Définitions
 - Notions de surface, d'interface et d'interphase
 - Energie de surface d'un solide γ_s
- Les composantes de l'énergie de surface γ_s d'un solide
 - La composante dispersive, La composante non dispersive ou polaire

- Détermination de l'énergie de surface γ_s d'un solide à partir d'interactions solide/liquide
 - Les principales équations, Les principales méthodes expérimentales
- Domaine d'application : l'adhésion
- Rappels sur les interactions rayonnement – matière
 - Interactions avec les rayons X, Interactions électroniques, Interactions des ions
 - Application à l'analyse des surfaces dans les problèmes d'adhésion
- Spectroscopie des électrons Auger
- Spectroscopies de photoélectrons : XPS et UPS
- Spectroscopies de perte d'énergie des électrons: EELS et HREELS
 - Excitation des niveaux de valence ou de conduction: EELS : aspects théoriques, spectre de pertes
 - Excitations vibrationnelles : HREELS : théorie, application: interface alcool aminé/aluminium
- Spectrométrie de masse des ions secondaires : SIMS
- Principe et Exemple d'application

M27 : Spectrométries & Analyses chromatographiques

Objectif du Module

- Utiliser les techniques spectroscopiques comme outil de caractérisation des matériaux,
- Appréhender les méthodes de séparation et de caractérisation de la distribution des masses des matériaux, en particulier par des méthodes chromatographiques.
- Savoir choisir la technique d'analyse la plus appropriée au matériau étudié.

Volume horaire global		
Cours	TD	TP
24	16	16

Contenu du Module

Spectrométries

- Généralités sur les interactions Rayonnement-Matière
- Les spectres de rotation (IR lointain ou Micro-ondes)
 - Eléments de théorie, Applications analytiques des spectres de rotation pure
- Spectroscopie Infrarouge
 - La théorie, Spectres de vibration-rotation, Conditions d'absorption d'une radiation
 - Influence de la masse des atomes, Influence de la constante du rappel, Influence de l'environnement
 - Instrumentation, Techniques d'examen des échantillons, Méthodes par réflexion IR
- Spectrométrie d'absorption de l'ultraviolet et du visible
 - Domaine spectral, Définitions des termes usuels, Transitions dans l'UV-visible, Influence des substituants
 - Chromophores des systèmes conjugués
 - Effets de solvant, Appareillage, Application dans le domaine des polymères
- Les spectres de fluorescence
 - Principe, La fluorimétrie
- Spectrométrie de la fluorescence X
 - Principe, Les différents modes d'excitation, Types de spectres, Applications
- Spectrométrie de masse
- Spectres de diffusion Raman
 - Principe, Règles de sélection, Applications
- Résonance magnétique nucléaire
 - Origine du signal RMN, Déplacement chimiques, Couplages spin-spin, Appareillage, Applications

Analyses chromatographiques

- Identification des matériaux organiques
 - Tests préliminaires, Méthodes de séparation de mélanges complexes
- Techniques chromatographiques
 - Chromatographie en phase gazeuse (PCV), Chromatographie liquide à haute performance (HPLC), Chromatographie sur couche mince (CCM), Chromatographie gaz inverse
 - Electrophorèse

- Techniques de détermination des masses molaires
 - Généralités, Chromatographie par perméation de gel (CPC), Chromatographie d'exclusion stérique (SEC ou GPC)
 - Méthodes viscosimétriques
 - Techniques basées sur les propriétés colligatives des solutions
 - Diffusion de lumière

Travaux pratiques

- Effets de substituant sur la vibration $\nu_{C=O}$ du groupe carbonyle. Corrélation avec la multiplicité de la liaison,
- Etude de l'équilibre S-cis / S-trans dans les cétones α - β éthyléniques,
- Calcul de la position conformationnel de sulfite cyclique par IR,
- Détermination des structures des produits de déshydratation de la pseudo-ionone,
- Isomérisation photochimique de la trans dialcone,
- Prise en évidence de l'effet stérique. Additivité des coefficients d'extinction,
- Stéréochimie statique et dynamique.
- Extraction liquide-liquide des cations métalliques.

Mini projets

- les étudiants s'initient aux techniques fondamentales du laboratoire (extraction, distillation, recristallisation, analyse chromatographique et spectrographique...) en s'entraînant à résoudre les problèmes posés par la réalisation de synthèses simples.
- un mini-projet au sein du centre d'analyse de la FSTM portant sur les techniques d'analyse spectroscopique infra-rouge, ultra-violet, résonance magnétique nucléaire, masse et d'analyse chromatographique. L'étudiant sera emmené à se familiariser avec ces appareils tout en apprenant leur utilisation et leur principe de fonctionnement et le dépouillement de résultats.

M28 : Informatique II: Analyse des données & Plan d'expérience

Objectif du Module

Analyse des données

- Définir les concepts et les démarches permettant de réduire et donc de rendre intelligible la complexité des données issues de la réalité.
- Pouvoir identifier les données qui ont une utilité potentielle, les recueillir et surtout les exploiter et les interpréter sans se perdre dans leur foisonnement.
- Avoir un regard critique sur les résultats des études statistiques.
- Interprétation et prise de meilleure et bonne décision dans différents domaines (Gestion Marketing Sciences exactes....)

Plan d'expériences

- La planification d'expériences en formulation de ce traité a été consacré à l'exposé et à la mise en oeuvre des techniques destinées à la sélection des ingrédients d'une formule et à la mise en évidence, parmi les facteurs qui caractérisent un procédé de fabrication, de ceux qui ont un réel effet sur les propriétés du produit final.
- L'utilisation d'un modèle mathématique prévisionnel afin de pouvoir simuler le comportement des propriétés étudiées dans le domaine expérimental. Le fait que les proportions d'un mélange ne puissent varier de façon indépendante, puisque leur somme est constante et égale à 1, oblige l'expérimentateur à utiliser des matrices d'expériences et des modèles mathématiques spécifiques.

Volume horaire global		
Cours	TD	TP
40	10	06

Contenu du Module

Analyse des données

- Rappel sur les statistiques à 1 et 2 dimensions.
- Rappel sur la probabilité
- Introduction au logiciel SPSS
- Statistique à plusieurs dimensions.
- Analyse de régression et de corrélation multiple (ARCM)
- L'Analyse en Composante Principale (ACP)
- Analyse de la variance (ANAOVA)
- Analyse Factorielle de Correspondance (AFC)
- Analyse discriminante (AD)
- Classification Hiérarchique (CA)
- Classification Dynamique (CD)

Plan d'expériences

- Présentation
 - Quelques éléments de terminologie
 - Outils mathématiques et statistiques
- Criblage de facteurs indépendants
 - Matrices symétriques à deux niveaux
 - Matrices symétriques à trois niveaux
 - Matrices asymétriques
- Criblage de composants en mélange
 - Domaine sans contrainte : matrice axiale
 - Domaines avec contraintes inférieures explicites
 - Domaines avec contraintes supérieures et relationnelles
- Optimisation de mélanges. Surfaces de réponses
 - Modèles mathématiques de Scheffé
 - Domaine sans contrainte : matrices de Scheffé
 - Domaine polyédrique avec contraintes. Algorithme d'échanges
 - Modélisation au voisinage d'une formule donnée
 - Modèles de Cox. Étude de la courbure
 - Modèles de Draper-St. John
- Optimisation multicritère et désirabilité
- Problèmes mixtes facteurs/composants

Travaux pratiques

Interprétation et prise de meilleure et bonne décision dans différents domaines (Gestion Marketing Sciences exactes....)

M29 : Installations électriques et automatisme industriel

Objectif du Module

Installations électriques

Faire le bilan de puissance dans une installation électrique.

Identifier les différentes composantes dans une armoire industrielle (Canalisation, Disjoncteur, Fusibles, Relais de protection...etc.)

Lire le schéma électrique d'une installation industriel.

Connaître la constitution et le fonctionnement des machines statiques (Transformateurs) et à courant continu et à courant alternatif (Moteurs et générateurs).

Electronique analogique et numérique

Le but de ce module est d'introduire les composants de base de l'électronique et d'en étudier le comportement. Dans la première partie du module, les propriétés des semi-conducteurs sont

exposées. Les principes physiques de fonctionnement et les caractéristiques des diodes à jonction, des transistors bipolaires et des transistors à effet de champ sont expliqués. La deuxième partie du module introduit la notion de quadripôle et étudie le circuit intégré analogique le plus utilisé : l'amplificateur opérationnel. L'amplificateur est d'abord supposé parfait, ensuite, ses défauts sont considérés. La dernière partie de cet élément de module a pour objectif de faire une introduction à l'électronique numérique dans laquelle seront traités l'Algèbre de Bool, les portes logiques, les bascules et les mémoires compteurs. Par la suite des notions sur les mémoires seront abordées et un système minimal d'un kit à microprocesseur sera étudié.

Automatisme industriel

L'objectif de ce module est d'introduire des notions sur la logique câblée et la logique programmée afin de réaliser des programmes de gestion d'une installation électrique comportant plusieurs systèmes à automatiser. De ce fait, le Langage Grafset et à contact sera abordé.

Volume horaire global		
Cours	TD	TP
36	18	12

Contenu du Module

INSTALLATIONS ELECTRIQUES

- Systèmes monophasés et Triphasé
 - Régime alternatif sinusoïdal, valeur efficace, valeur moyenne, facteur de puissance, puissance active, réactive et apparente en monophasé et triphasé
- Installations électriques
 - Classification de l'appareillage électrique.
 - Compositions d'armoires électriques, Appareils de commande de protection de connexion et de mesure.
 - Schéma électrique d'installation
 - Dimensionnement d'installations électriques
- Transformateurs statiques et tournants :
 - Transformateur monophasé et triphasé.
- Machines à courant alternatif
 - Machines à courant continu
 - Généralités sur la machine à courant continu (principe et schéma équivalent)
 - Fonctionnement en moteur et en génératrice
 - Machine synchrone et asynchrone
 - Bilan de Puissance

ELECTRONIQUE ANALOGIQUE ET NUMERIQUE

- Notions de base sur les semi-conducteurs (jonction PN, diode à jonction, transistor bipolaire, transistor à effet de champ)
- Quadripôles passifs linéaires, Association de dipôles
 - Circuits électroniques commandés
 - l'amplificateur opérationnel parfait
 - Montages classiques de l'amplificateur opérationnel parfait en régime linéaire, en régime de comparateurs
 - L'amplificateur opérationnel réel

AUTOMATISME

- Introduction à l'électronique numérique (Algèbre de Bool, portes logiques, bascules, compteurs)
 - Notion sur les mémoires,
 - Système minimal d'un kit à microprocesseur
 - Acquisition des données (convertisseurs analogiques numérique, notion de filtrage).
- Logique câblée et Logique programmée
- Langage à grafset et Langage à contact (Ladder).

Travaux pratiques

- Réalisation d'une armoire électrique (démarrage de moteur)
- Démarrage des moteurs électriques.

- Etude d'un simulateur en électronique numérique.
- Exploitation d'un Automate programmable API.

M30 : Métallurgie descriptive

Objectif du Module

- Donner les principales catégories et nuances de métaux et alliages, ainsi que leurs principales propriétés et caractéristiques,
- Préciser les applications de chacune de ces catégories et les modes de mise en œuvre.
- Analyser et comprendre les relations entre : composition / traitement / microstructure afin d'établir le lien entre la microstructure et les propriétés d'usage.

Volume horaire global		
Cours	TD	TP
24	16	16

Contenu du Module

- Elaboration du métal : généralité sur la métallurgie thermique
- Sidérurgie : matières premières, opérations sidérurgiques
- Mise en forme des métaux et des alliages
 - Forgeage, Laminage, Filage, Tréfilage, Soudage
 - Frittage
- Alliages Fer-Carbone : les aciers
 - Désignation normalisée des aciers
 - Traitements thermiques des aciers dans la masse, Traitements de surface des aciers
 - Influence des éléments d'addition
 - Les aciers à outils, Les aciers inoxydables
- Alliages Fer-Carbone : les fontes
 - Les différents types de fontes
 - Les fontes alliées
- Alliages Cuivreux
 - Caractéristiques générales du cuivre
 - Les laitons, Les bronzes, Les cupro-aluminium, Les cupro-nickels et maillechorts
- Alliages d'Aluminium
 - Propriétés générales de l'aluminium
 - Différents types d'alliages et de traitements
- Alliages de titane
 - Caractéristiques principales
 - Titane non allié
 - Alliages de titane
- Alliages Industriels

Travaux pratiques

- Fonderie d'alliage d'aluminium
- Etude d'un acier inoxydable
- Stabilité dimensionnelle des pièces d'acier lors de la trempe
- Durcissement des alliages de plomb utilisés dans les batteries pour automobiles
- Etude des laitons
- Etude d'un intermétallique TiAl.
- Influence de la forme de graphite dans les fontes grises

Mini projets

- L'objectif est d'ouvrir le monde de la FST sur le monde de l'entreprise, sur le monde économique. Permettre aux étudiants, par la connaissance des métiers, par des réalisations

concrètes et grâce à la rencontre avec des professionnels, d'avoir une idée générale sur le domaine de la métallurgie et d'être acteurs de leurs choix d'orientation.

- Cette activité sera réalisée sous formes des visites d'entreprises et d'ateliers dans le secteur des matériaux métalliques (SONASID, SOMETAL...) et des séminaires d'applications par des professionnels du monde industriel et de la recherche.

M31 : Le management des projets de l'Entreprise

Objectif du Module

- Présenter les différentes formes d'organisation et de management des projets de l'entreprise pour participer à la création de la valeur pour les différents intervenants dans la vie d'une organisation.
- Développer un état d'esprit pour l'élève ingénieur en matière d'adaptation à l'objectif de la gestion par projet au sein de l'entreprise.
- Connaître les techniques de gestion des services publics.

Volume horaire global		
Cours	TD	TP
40	16	

Contenu du Module

- Management et gestion des projets
 - introduction à la gestion des projets.
 - les modèles de la gestion et du management des projets.
- Gestion des services publics
 - introduction à la gestion des services publics.
 - élaboration des budgets des établissements publics.
 - la dépense du budget des établissements publics.
- Jeu de projets d'entreprise
 - Simulation sur la création d'entreprises.
 - Présentation des projets d'entreprise.

Mini projets

Il s'agit de mettre les étudiants en situations professionnelles réelles, de communication managériale dans un premier temps puis de gestion de projets innovants. Les étudiants sont encadrés et « coachés » par des enseignants et des professionnels qui les amènent à développer des comportements et des compétences adaptés aux situations rencontrées.

M32 : Langues & Communication des organisations

Objectif du Module

- La partie Anglais de ce module vise essentiellement à munir l'ingénieur d'un outil de communication dont il a besoin, et pendant sa formation pour effectuer et mener à bien sa recherche, et dans l'exercice de sa profession. La progression de cette classe de langue est faite de manière à permettre à l'étudiant de développer une compétence communicative en Anglais aussi bien au niveau de la réception orale et écrite (Reading/Listening skills) qu'au niveau de la production orale et écrite (Speaking/Writing skills).
- La partie Techniques d'Information et de Communication vise à :
 - Initier les étudiants à la communication et aux ressources humaines au sein de l'Entreprise ou dans des collectivités territoriales subventionnées par le pouvoir public,
 - Avoir de bonne connaissance des techniques nécessaires à la réalisation de produits et services sur l'internet et intranet,

- Appréhender l'organisation et le fonctionnement de l'entreprise dans son contexte informationnel et communicationnel afin de proposer une réponse technologique adéquate aux besoins exprimés par les différents acteurs,
- Assurer la gestion et le suivi de projet, assurer l'interface avec les prestataires de service extérieurs
- Coordonner et animer une équipe autour d'un tel projet.

Volume horaire global		
Cours	TD	TP
32	16	08

Contenu du Module

Communication des organisations

- Communication visuelle et audiovisuelle
 - Réalisation des posters et prospectus
 - Conception de page web
- Communication électronique
 - Ressources Internet
 - Conception de site web
 - Courrier électronique
- Communication dans les entreprises
 - Communication de crise et gestion des conflits
 - Gestion des savoirs, TIC et travail coopératif
 - L'évaluation des compétences
- Collectivités territoriales et associations
 - Subventions, conventions, délégations, partenariat
 - Production des projets

Travaux pratiques

L'objectif est de développer le sens du collectif – travail en groupe.

Réalisation pour une entreprise :

- d'un poster
- d'un prospectus
- Et/ou d'une séquence vidéo
- Animation d'une réunion

M33 : Matériaux et techniques de revêtements

Objectif du Module

- Formulation des peintures et études de leurs propriétés physicochimique et rhéologique,
- Appréhender les mécanismes de formation de revêtements organiques et inorganiques et leurs caractérisations,
- Connaissance des adhésifs : leur formulation, leurs propriétés et leurs applications.

Volume horaire global		
Cours	TD	TP
24	16	16

Contenu du Module

Mécanisme de formation des revêtements

- Revêtements organiques
 - Les constituants de peintures : Liants, Pigments et matières de charges, Solvants et diluants, Plastifiant, Additifs et Classification des peintures et vernis
 - Les systèmes de peintures, Formation du feuillet
 - Les matériaux supports : Les métaux, Le bois et le cuir, Les matériaux de constructions, Les plastiques
 - Nouveaux développements
 - Etude de cas : Revêtements antisalissures marines, Revêtements anticorrosion, Revêtements par électrodéposition

- Les principales applications, Défauts d'application
- Revêtements métalliques – Galvanisation
 - Galvanisation en continu dans les mélanges (zinc-aluminium ...), Influence du substrat
- Revêtements céramiques
 - Les réactions chimiques, cinétiques du dépôt, les techniques de formation du dépôt

Caractérisation de revêtements organiques

- Généralités
 - Rappels sur les peintures, Rappels sur le phénomène de corrosion, Principaux type de peinture industrielle anticorrosion, Types de corrosion associés aux revêtements organiques
- Mécanisme de la protection
 - Effet barrière, Effet sacrificiel, Inhibition
- Techniques de préparation de la surface
- Caractérisation des propriétés de protection
 - Potentiométrie, Spectroscopie d'impédance complexe, Mesure de dureté, Mesure de la perméabilité à la vapeur d'eau
- Prédiction de la durée de vie du revêtement
- Revêtement eco-compatible
- Revêtements galvanique et organique, traitement de surface

Assemblage par collage

- Généralités sur les colles et le collage
- Familles d'adhésifs : Adhésifs a mise en œuvre physique, Adhésifs a mise en œuvre chimique
- Formulations d'adhésifs
- Préparations de surface : Traitements mécaniques, Traitements chimiques, Traitements physico-chimiques
- Tests d'adhérence : Test de cisaillement, Test de pelage, Test de clivage

Travaux pratiques

- Formulation des peintures et vernis
- Etudes rhéologiques des peintures
- Etudes des propriétés mécaniques et optiques des feuillets
- Elaboration des colles à base de polymères synthétiques
- Essais de collage de différents matériaux : Bois, métaux, céramiques et verres

Mini projets

- L'objectif est d'ouvrir le monde de la FST sur le monde de l'entreprise, sur le monde économique. Permettre aux étudiants, par la connaissance des métiers, par des réalisations concrètes et grâce à la rencontre avec des professionnels, d'avoir une idée générale sur le domaine de peintures et d'être acteurs de leurs choix d'orientation.
- Cette activité sera réalisée sous formes des visites des laboratoires de recherche, d'entreprises et d'ateliers dans le secteur des matériaux de revêtements (SIEGWERG, ARCOL, PRODEC, AKZO NOBEL, COLORADO...) et des séminaires d'applications par des professionnels du monde industriel et de la recherche..

M34 : Corrosion des matériaux

Objectif du Module

- Fournir à l'étudiant des notions de base essentielles à une compréhension phénoménologique de la corrosion des matériaux,
- Connaître l'origine électrochimique de la corrosion acide, de la corrosion à l'oxygène et de la corrosion galvanique simple ainsi que les méthodes de l'anticorrosion communément employées pour la protection des métaux

Volume horaire global		
Cours	TD	TP
24	16	16

Contenu du Module

- Généralités
 - Aspects électrochimiques de la corrosion, Les différents types de corrosion
- Aspects thermodynamiques de la corrosion
 - Diagramme potentiel – pH de l'eau, Diagramme potentiel – pH des éléments et de leurs composés
- Aspects cinétiques de la corrosion
 - Diagramme $I = f(E)$ représentation d'Evans, Exemples de représentation d'Evans, Conclusion
- Protections contre la corrosion
 - Revêtements, Inhibiteurs, Conception des formes, Protection cathodique et anodique
- Les essais de la corrosion
 - Choix et significations, Evaluation des paramètres de la corrosion
- Performance et sélection de matériaux en milieu marin
 - Introduction : méthodes de sélection des matériaux pour les ouvrages maritimes
 - Composition de l'eau de mer : caractéristiques chimiques et biologiques, Comportement vis à vis de la corrosion en fonction de différentes zones d'exposition, Comportement vis à vis de la corrosion de différents métaux et alliages en milieu marin
- Corrosion sèche ou à haute température
 - Lois générales de l'oxydation du métal, Affinité des matériaux pour l'oxygène
 - Mécanisme de la corrosion sèche (adsorption, germination des produits, les films minces et épais, épitaxie)
 - Corrosion sèche des alliages : une oxydation d'un seul métal, oxydation de plusieurs métaux.
- Corrosion sous contrainte

Travaux pratiques

- Corrosion cavernieuse
- Dissolution anodique des métaux
- Oxydation anodique de l'aluminium
- Diagramme d'EVANS : détermination des vitesses de corrosion
- Phosphatation et anodisation
- inhibiteurs de corrosion

Mini projets

- Présenter de manière claire les types et les phénomènes de corrosion des matériaux métalliques et les bases scientifiques qui y sont associées. Puis fournir aux étudiants un ensemble de données concrètes et de cas qui ont valeur d'exemple, issus de secteurs industriels et de milieux corrodants typiques.
- Les modalités d'organisation sont illustrées par des Mini-projets par groupe de deux ou trois. Les étudiants suivent les phénomènes de corrosion ainsi que les mesures préventives de lutte contre cette dernière. Cette activité sera effectuée au sein d'un laboratoire universitaire ou industriel.

M35 : Construction et fabrication mécanique & Choix des matériaux et des procédés de fabrication

Objectif du Module

Construction et fabrication mécanique

- La fabrication d'une pièce mécanique, de la définition de la géométrie jusqu'à la pièce réelle.
- La connaissance des concepts et techniques de la construction mécanique
- La connaissance des différents procédés de construction et de fabrication ;
- La connaissance de façon opérationnelle des normes et techniques du dessin industriel

- L'Utilisation des outils de appliquées à la construction mécanique

Choix des matériaux et des procédés de fabrication

- Acquérir les notions de base concernant les différentes techniques d'élaboration des matériaux
- Initiation des étudiants à la science de génie des matériaux
- Analyse des résultats et mise en évidence des corrélations entre les traitements, les structures et microstructures et les propriétés.

De ce vaste menu, quel matériau ou quelle procédé, l'ingénieur doit-il choisir pour répondre à des exigences industrielles, environnementales, voir artistiques, de plus en plus strictes.

Volume horaire global		
Cours	TD	TP
40	20	10

Contenu du Module

Construction et fabrication mécanique

- Dessin industriel et CAO
 - Notions générales de CAO-DAO
 - Bases du dessin industriel : communication graphique précise, langage du dessin technique.
 - Rappels de géométrie : projection orthogonale, normalisation de la projection, intersection, coupes et sections, perspectives.
 - Cotations : tolérancement, cotation fonctionnelle.
 - Schématisation : catégories de schémas et normalisation des symboles.
 - Application sur SolidWorks.
- Fabrication mécanique
 - Procédés de fabrication des métaux (usinage, emboutissage, estampage).
 - Procédés de mise en œuvre des polymères (injection, extrusion, estampage).
 - Métrologie : états de surface, métrologie tridimensionnelle.

Choix des matériaux et des procédés de fabrication

- Généralités sur la sélection des matériaux
- Classes de matériaux et types de procédés
 - Les grandes classes de matériaux
 - Procédés de mise en œuvre des matériaux métalliques
 - Procédés de mise en œuvre des céramiques et des verres minéraux
 - Procédés de mise en œuvre des polymères et des élastomères
 - Procédés de mise en œuvre des composites
- Caractéristiques des matériaux et des procédés
 - Caractéristiques des matériaux
 - Principaux paramètres caractéristiques des procédés
- Procédure de sélection
 - Sélection des matériaux
 - Sélection des procédés
 - Sélection intégrée des matériaux et des procédés
- Régimes de croissances
 - Croissance couche par couche
 - Formation d'îlots
 - Couches pseudomorphiques et relaxées
 - Epaisseur critique
 - Mécanismes de relaxation des contraintes

Travaux pratiques

- l'utilisation de différents logiciels de calcul (modélisation CAO, études dynamiques, résistance des matériaux)
- Tournage, fraisage, métrologie tridimensionnelle, commande numérique.

Mini projets

Il est toujours nécessaire, dans toute conception de produit industriel, de choisir le matériau dans lequel l'objet sera réalisé et le procédé utilisé pour sa réalisation. Ce choix est à la fois crucial et difficile. Crucial car de lui dépend la performance de la conception et sa viabilité économique,

difficile en raison à la fois de la diversité des matériaux et des procédés possibles, et de la variété des requêtes exigées par la conception. L'intérêt des mini projets c'est initier les élèves ingénieurs au choix des matériaux et des procédés de fabrication.

M36 : Mécanique des matériaux (Rupture-Fissuration-Propagation & Fatigue-Fiabilité)

Objectif du Module

- Apprendre aux étudiants les notions des facteurs d'intensité de contrainte en pointe d'une fissure et de ténacité dont découlent les propriétés de résistance à la rupture et à la fatigue du matériau,
- Décrire les mécanismes de rupture en fonction des matériaux avant d'introduire quelques notions de mécanique de la rupture,
- Etude de la fiabilité des systèmes et de fatigue des matériaux.

Volume horaire global		
Cours	TD	TP
28	20	12

Contenu du Module

Rupture-Fissuration-Propagation

- Les différents modes de fissuration
- Point de vue structural
 - Rupture par clivage, Rupture ductile
- Influence du mode de sollicitation
 - Rupture par fluage, Corrosion sous contrainte et fragilisation, Rupture par fatigue, Transition ductile – fragile
- Rupture selon la nature du matériau
 - Rupture des céramiques, Rupture du verre, Rupture du béton, Rupture des composites, Rupture des polymères, Rupture des métaux
- Propagation des fissures par fatigue (lois de Paris et de Forman) et par corrosion sous contrainte
- Mécanismes s'opposant à la propagation d'une fissure
 - Structure cristalline, Précipités
- Calcul de la contrainte de rupture théorique – aspect moléculaire
- Notions fondamentales de la mécanique de la rupture
 - Etats de contraintes, Concentration de contrainte, Facteur d'intensité de contrainte
- Critères de rupture – rupture fragile
 - Critère de rupture basé sur l'analyse des contraintes, Critère basé sur l'énergie, Taux de restitution d'énergie, Equivalences entre les deux critères, Relation entre G et la complaisance de la structure
- Prise en compte de la plasticité
 - Description de la zone plastique, Propagation des fissures de fatigue
- Détermination expérimentale des limites de rupture
 - En déformations planes, En contraintes planes, Essais de résilience, Détermination expérimentale de l'intégrale J, Méthodes Numériques

Fatigue-Fiabilité

- Maintenance des systèmes
 - Présentation de la maintenance, Analyse d'un historique, Modélisation de l'usure, Fiabilité des systèmes, Fiabilité prévisionnelle
- Fatigue des matériaux
 - Présentation, Modes de rupture, Comportement en fatigue, Aspect probabiliste de la fatigue
- Endommagement
 - Introduction, Loi de miner, Evolutions
- Caractérisation
 - Introduction, Méthode de l'escalier, Courbe de Wöhler, Paramètres influents

- Calculs multiaxiaux
 - Dang Van
- Calcul de composants
 - Présentation, Roulements, Engrenages

Travaux pratiques

- Champs de contrainte, de déformation et de déplacement en fond d'une fissure
- Savoir mener un calcul de résistance à la rupture et/ou à la fatigue
- Mécanique de la rupture du matériau verre

M37 : Contrôle non destructif

Objectif du Module

Présentation des différentes techniques du contrôle non destructif

Volume horaire global		
Cours	TD	TP
24	16	16

Contenu du Module

- Généralités
 - Définitions, Exemple du CND le plus simple : l'examen visuel, Généralisation du principe aux différentes techniques
- Règles de l'art
 - Mise en œuvre des CND, Réglementation
- Contrôle non destructif par ressuage
 - Introduction, Principaux paramètres mis en jeu dans l'exécution de la méthode, Eléments nécessaires au contrôle d'une pièce, Appareillages, Principales normes, cahiers des charges et exigences, Conclusion
- Contrôle non destructif par ultrasons
 - Introduction, Production des US, Méthode de contrôle par écho d'anomalie, Méthodes par transmission, Différentes techniques de mise en œuvre, Utilisation des différentes modes de propagation, Conclusion
- Contrôle non destructif par radiographie
 - Introduction, Historique, Principe d'un contrôle, Perspectives d'évolution de la technique
- Contrôle non destructif par magnétoscopie
 - Principaux paramètres mis en jeu dans l'exécution de la méthode, Intensités du champ d'excitation, Méthodes d'aimantation, Eléments nécessaires au contrôle, Normes et cahiers des charges, Domaines d'application, Conclusion
- Contrôle non destructif par courants de Foucault
- Contrôle non destructif par émission acoustique

Mini projets

Démonstrations et travaux pratiques en laboratoire de façon à mettre en oeuvre les notions théoriques et les techniques d'inspection exposées en classe.

M38 : Capteurs & Instrumentations

Objectif du Module

Initier l'étudiant à la mesure de différentes grandeurs physiques par les capteurs, caractériser ces derniers par leurs caractéristiques métrologiques et acquérir des bases solides sur l'instrumentation associée à la chaîne de mesure du capteur.

Volume horaire global		
Cours	TD	TP
24	16	16

Contenu du Module

- Capteurs optiques
- Capteurs de température
- Capteurs de position et de déplacement
- Capteurs de déformation
- Capteurs de force
- Capteurs de vibrations
- Capteurs de vitesse
- Capteurs de débit
- Capteurs de pression de fluides
- Capteurs de mesures de vide
- Capteurs acoustiques
- Capteurs d'Humidité
- Biocapteurs
- capteurs intelligents
- Instrumentations
 - Conditionneurs de signal : montage potentiométrique, oscillateurs, ponts électriques, amplificateurs opérationnels
 - Chaîne de mesure : adaptation de la source du signal à la chaîne de mesure, linéarisation, Amplification du signal, détection de l'information....

Travaux pratiques

- Etude des différents types de capteurs (Capteur thermique, Capteur d'humidité, Capteur optique, Capteur de débit ...)
- Etalonnage simple et multiple d'un capteur
- Montages électriques associés aux capteurs passifs
- Mesure des impédances
- Linéarisation analogique et numérique
- Amplificateur différentiel

Mini projets

- L'objectif est d'impliquer les étudiants dans les aspects techniques disponibles au CDER et socio-économiques des matériaux photovoltaïques et sur leurs utilisations (énergies renouvelables exemple capteurs solaires ...).
- Cette activité sera organisée sous forme des visites au Centre de Développement des Energies Renouvelables, Marrakech, et des mini-projets au sein des laboratoires de recherche de la FSTM.

M39 : La gestion de la production industrielle et de la maintenance

Objectif du Module

- Présenter les différents modèles de la gestion de production d'une entreprise,
- Concevoir des applications et des informations pour la gestion de la production,
- Mise en place d'un tableau de bord pour la gestion de production d'une entreprise.

Volume horaire global		
Cours	TD	TP
24	16	16

Contenu du Module

La gestion de la production industrielle

- Introduction
- Ordonnancement en ateliers spécialisés
- Gestion calendaire de stock

- Gestion par point de commande
- Planification de la production
- Programmation dynamique de la production
- Techniques de gestion à temps (JAT)
- Ordonnancement des projets de production
- Conception d'un centre de production
- Programmation linéaire de la production
- Analyse post optimal de la production
- Gestion de la production assistée par ordinateur

La gestion de la maintenance

- Politique et organisation de la maintenance
- Les différents types de maintenance
- La gestion des moyens
- Les outils de la maintenance
- L'environnement de la maintenance
- Organisation des travaux de maintenance.

Mini projets

- Se familiariser avec les outils de la gestion de production de l'entreprise.
- Connaître la portée de la gestion de la maintenance pour le développement de la pérennité de l'entreprise.
- Connaître les outils de la gestion de production et de la maintenance utilisés par les organisations.

M40 : Management de la qualité, de la Sécurité et de l'Environnement

Objectif du Module

- Présenter les concepts modernes de la Qualité et de son management
- Situer la Qualité dans son environnement social
- Présenter les principes du management de et par la qualité et faire prendre conscience de son intérêt
- Faire comprendre le contenu et les exigences de la norme ISO 9001 : 00
- Présenter les critères d'évaluation d'un système de management de la santé et de la sécurité au travail.
- Faire comprendre le contenu et les exigences de la norme OHSAS 18001
- Expliquer les menaces qui peuvent peser sur le plan économique et réglementaire d'une entreprise sur le plan environnemental
- Faire comprendre le contenu et les exigences de la norme ISO 14001
- Présenter la similitude des concepts de management de la qualité, de la sécurité et de l'environnement et faire comprendre l'utilité d'un système de management intégré

Volume horaire global		
Cours	TD	TP
36	10	10

Contenu du Module

Management de la Qualité

- Vocabulaire Qualité
- Evolution du concept
- Qualité et micro-économie
- Méthodologie pour obtenir et maîtriser la qualité – Outils de la qualité
- Management de la qualité – approche processus

Management de la Sécurité

- Exigences et outils de l'ISO 9001 :00, Certification
- Exigences de la norme OHSAS 18001
- Législation
- Méthodes d'intervention et de redressement
- Correspondance de la norme OHSAS 18001 avec l'ISO 9001

Management de l'environnement

- Gestion des rejets industriels
- Méthodes de prévention, de traitement et de valorisation
- Système de management environnemental : norme ISO 14001
- Système de Management Intégré (SMI)

Mini projets

Visites de sites industriels pour voir les pratiques industrielles en matière de management qualité, sécurité et environnement.

Option « Ingénierie des matières plastiques et peintures »

M25 : Matières Premières des Peintures

Objectif du Module

- Définir les différents types de revêtements.
- Donner un aperçu sur la part des peintures dans l'activité industrielle et économique du pays
- Faire connaître les constituants des peintures, vernis, mastics, colles....

Volume horaire global		
Cours	TD	TP
26	10	20

Contenu du Module

- INTRODUCTION

- Importance économique des peintures et vernis
- Technologie des peintures et vernis
- Les liants
- Les solvants
- Pigments et matières de charge
 - Définitions et classification des pigments
 - Principes physiques de base
 - Pigments blancs
 - Pigments noirs
 - Pigments colorés de nature minérale
 - Pigments colorés organiques
 - Pigments à effets
 - Pigments fonctionnels
 - Matières de charge
 - Les colorants
- Les additifs
 - Classification et définition
 - Additifs agissant aux interfaces
 - Additifs rhéologiques
 - Agents de protection contre la lumière
 - Biocides
 - Agents de mouillage et de dispersion
 - Catalyseurs et siccatifs
- Agents de matage

Mini projets

Apprendre aux étudiants les techniques de contrôles des matières premières.

M26 : Propriétés viscoélastiques des polymères

Objectif du Module

- Initier les étudiants à des notions de bases des phénomènes de relaxation dans les matériaux polymères,
- Donner les bases de compréhension du comportement viscoélastique des polymères,
- Eclaircir le caractère viscoélastique des polymères,
- Décrire ce comportement, son interprétation moléculaire et ses conséquences sur les propriétés macroscopiques,
- Donner quelques éléments de modélisation de la viscoélasticité.

Volume horaire global		
Cours	TD	TP
24	16	16

Contenu du Module

- Introduction
 - Etats de la matière
 - Déformations des composites plastiques
 - Conclusions
- Traitement phénoménologique de la viscoélasticité
 - Modules et complaisances statiques
 - Paramètres dépendants du temps
 - Modules élastiques dynamiques
- La correspondance temps-température
 - Les quatre régions du comportement viscoélastique
 - Superposition temps-température
 - L'équation de Williams-Landel-Ferry
- Transitions et relaxations dans les polymères amorphes
 - Phénoménologie de la transition vitreuse
 - Théorie de la transition vitreuse
 - Relations entre la structure et la transition vitreuse
 - Les relaxations secondaires
- L'élasticité caoutchoutique
 - Observation
 - Interprétation thermodynamique
 - Modélisation du phénomène-statistique des milieux élastiques
 - Facteurs affectant l'élasticité
- Les modèles viscoélastiques
 - Les modèles mécaniques
 - Modélisation d'un comportement réel
- Exemple d'application des mesures viscoélastiques
 - Contrôle de polymérisation
 - Suivi du vieillissement

Travaux pratiques

- Exemple de traitement de la loi WLF
- Caractérisations des propriétés viscoélastiques des thermoplastiques
- Caractérisations des propriétés viscoélastiques des thermodurcissables
- Caractérisations des propriétés viscoélastiques des dispersions

Mini projets

C'est initier les élèves ingénieurs à l'utilisation des normes internationales ou nationales en vigueur dans le domaine de la caractérisation des propriétés thermomécaniques et de mesures de viscosité.

M27 : Caractérisation des surfaces, phénomènes d'interface et adhérence

Objectif du Module

- Présenter les principes et les applications de quelques techniques expérimentales utilisées pour l'analyse des surfaces et des interfaces, en particulier dans les phénomènes d'adhésion où l'on cherche à caractériser des zones interfaciales et/ou interphasiales à l'échelle nanoscopique,
- Déterminer l'énergie libre de surface d'un solide, sa mesure et son utilisation,
- Utiliser les techniques spectroscopiques comme outil de caractérisation des matériaux polymères,
- Connaître les différentes méthodes physicochimiques de traitement de surfaces

Volume horaire global		
Cours	TD	TP
24	16	16

Contenu du Module

- Notions de surface, d'interface et d'interphase
- Energie de surface d'un solide
- Domaine d'application : l'adhésion
- Principe des différentes méthodes physicochimiques de traitement de surface
- Spectroscopie des électrons Auger
- Spectroscopie de photoélectrons : XPS et UPS
- Spectroscopie de perte d'énergie des électrons: EELS et HREELS
- Spectrométrie de masse des ions secondaires : SIMS
- Microscopie électronique à balayage et microsonde (EDAX)
- Microscopie électronique en transmission MET

Travaux pratiques

- Caractérisation de surfaces des polymères
- Visualisation de la morphologie de surface des polymères et analyse chimique

Mini projets

- L'étudiant accompagnera le technicien de l'appareil où il sera emmené à se familiariser avec cet appareil toute en apprenant son utilisation et son principe de fonctionnement et le dépouillement de résultats.

M28 : Application & Séchage et formulations des produits de peintures

Objectif du Module

- Faire connaître l'importance de la propreté de surface des différents substrats sur l'adhésion.
- Les propriétés rhéologiques, le matériel d'application et le mode de séchage des peintures et produits connexes seront étudiés.

Volume horaire global		
Cours	TD	TP
24	16	16

Contenu du Module

Application

- Modes d'application et critères de mise en oeuvre
- Application: brosse, rouleau, couteau et gant
- Aspersions
- Enduction au cylindre
- Application par immersion, arrosage,
- Electrodeposition
- Procédés d'application par pulvérisation
 - Sans effet électrostatique
 - Pulvérisation électrostatique
 - Pulvérisation centrifuge
 - Formation du film après pulvérisation
 - Produits de peinture bi-composants
 - Domaines d'emploi
- Poudrage
 - Procédé en lit fluidisé
 - Poudrage électrostatique
- Cabines de peinture

Installations de séchage

- Conditions de cuisson
- Aperçu des modes de séchage
- Séchage par convection
- Séchage par Infra-rouge (I.R)
- Autres procédés de durcissement
- Encres d'imprimerie

Formulation des produits de peinture

- Généralités sur les produits de peinture
- Principes de base de la formulation
- CPV et propriétés des films de peinture
- Revêtements en milieu solvant
- Revêtements en phase aqueuse
- Produits de peinture à durcissement radicalaire
- Peintures-poudres
- Produits de peinture inorganiques
- Formulation des pâtes de broyage
- Formation du film

Travaux pratiques

- Préparation de surface des divers supports,
- application des peintures,
- suivi de temps de séchage
- caractérisations des feuil.

M29 : Compoundage et Techniques de Plasturgie

Objectif du Module

- Montrer la relation entre microstructure des thermoplastiques et leur mise en oeuvre
- Présenter les adjuvants utilisables dans la transformation des polymères,
- Présenter les techniques de transformation des polymères et les paramètres physicochimiques et techniques qui gouvernent la transformation des polymères

Volume horaire global		
Cours	TD	TP
24	16	16

Contenu du Module

- Introduction
- Relations structure moléculaire – comportement rhéologique en grandes déformations
 - Influence de la masse molaire
 - Influence de la polymolécularité
 - Influence des ramifications
 - Exemples de caractéristiques d'un matériau pour un procédé donné
- Les adjuvants utilisables dans les formulations thermoplastiques
- L'extrusion – fonctionnement de l'extrudeuse
- Exemple de procédés d'extrusion
 - Extrusion des tubes
 - Extrusion des plaques et des feuilles
 - Extrusion gonflage des films
 - Extrusion soufflage des corps creux
- Moulage par injection

- Calandrage
- Thermoformage

Travaux pratiques

- Extrusion des thermoplastiques (PE, PP, PVC),
- Extrusion des tubes,
- Extrusion des plaques,
- Extrusion gonflage,
- Injection des thermoplastiques,
- Mise en œuvre des thermodurcissables par compression,
- Mise en œuvre des thermodurcissables par injection RTM

Mini projets

C'est initier les élèves ingénieurs aux techniques de mise en œuvre des thermoplastiques et des thermodurcissables et à l'utilisation des normes internationales ou nationales en vigueur dans le domaine de la mise en œuvres des polymères.

M30 : Rhéologie- Phénomènes de transfert -Réacteurs chimiques

Objectif du Module

L'objectif de ce module est de se familiariser avec les approches théoriques utilisées pour l'étude quantitative de phénomènes physiques fondamentaux en génie chimique. Comprendre les phénomènes de transfert (matière, énergie thermique, mouvement) comme base de calcul pour les opérations unitaires de transformation de la matière.

Volume horaire global		
Cours	TD	TP
24	16	16

Contenu du Module

Rhéologie

- Mouvement laminaire de cisaillement
- Principe de fonctionnement des rhéomètres
- Comportement rhéologique des matériaux

Transfert de matière

- Diffusion moléculaire : Loi de Fick
- Equation de continuité
- Transfert par convection

Transfert thermique

- Conduction
- Convection
- Rayonnement
- Echangeurs de chaleur

Réacteurs chimiques

- Description d'un mélange réactionnel
- Bilan massique sur les réacteurs idéaux
- Bilan thermique sur les réacteurs idéaux

Travaux pratiques

- Viscosimètre de couette
- Viscosimètre à chute de bille
- Viscosimètre capillaire

- Mesure des débits et perte de charge
- Echangeur de chaleur
- Distillation binaire
- Séchage par atomisation

Mini projets

- L'objectif est **savoir-faire**: capacité à intégrer les disciplines de base avec les contraintes techniques et économiques industrielles pour résoudre un problème d'ingénierie en génie des procédés, **savoir être**: aptitude au travail en équipe, demandant esprit d'initiative et organisation pour prendre en charge et réaliser un projet et **savoir**: initiation au fonctionnement d'entreprises industrielles.
- Des visites obligatoires des sites industriels et des laboratoires de recherche sont organisées pour les étudiants. Ces derniers accompagnés d'enseignants chercheurs, découvrent à la fois les métiers, l'organisation et la vie de l'entreprise, et les fonctions, tâches et responsabilités des ingénieurs.

M31 : Le management des projets de l'Entreprise

Objectif du Module

- Présenter les différentes formes d'organisation et de management des projets de l'entreprise pour participer à la création de la valeur pour les différents intervenants dans la vie d'une organisation.
- Développer un état d'esprit pour l'élève ingénieur en matière d'adaptation à l'objectif de la gestion par projet au sein de l'entreprise.
- Connaître les techniques de gestion des services publics.

Volume horaire global		
Cours	TD	TP
40	16	

Contenu du Module

- Management et gestion des projets
 - introduction à la gestion des projets.
 - les modèles de la gestion et du management des projets.
- Gestion des services publics
 - introduction à la gestion des services publics.
 - élaboration des budgets des établissements publics.
 - la dépense du budget des établissements publics.
- Jeu de projets d'entreprise
 - Simulation sur la création d'entreprises.
 - Présentation des projets d'entreprise.

Mini projets

Il s'agit de mettre les étudiants en situations professionnelles réelles, de communication managériale dans un premier temps puis de gestion de projets innovants. Les étudiants sont encadrés et « coachés » par des enseignants et des professionnels qui les amènent à développer des comportements et des compétences adaptés aux situations rencontrées.

M32 : Langues & Communication des organisations

Objectif du Module

- La partie Anglais de ce module vise essentiellement à munir l'ingénieur d'un outil de communication dont il a besoin, et pendant sa formation pour effectuer et mener à bien sa

recherche, et dans l'exercice de sa profession. La progression de cette classe de langue est faite de manière à permettre à l'étudiant de développer une compétence communicative en Anglais aussi bien au niveau de la réception orale et écrite (Reading/Listening skills) qu'au niveau de la production orale et écrite (Speaking/Writing skills).

- La partie Techniques d'Information et de Communication vise à :
 - Initier les étudiants à la communication et aux ressources humaines au sein de l'Entreprise ou dans des collectivités territoriales subventionnées par le pouvoir public,
 - Avoir une bonne connaissance des techniques nécessaires à la réalisation de produits et services sur l'Internet et intranet,
 - Appréhender l'organisation et le fonctionnement de l'entreprise dans son contexte informationnel et communicationnel afin de proposer une réponse technologique adéquate aux besoins exprimés par les différents acteurs,
 - Assurer la gestion et le suivi de projet, assurer l'interface avec les prestataires de service extérieurs
 - Coordonner et animer une équipe autour d'un tel projet.

Volume horaire global		
Cours	TD	TP
32	16	08

Contenu du Module

Anglais

- Plus de temps sera réservé à la documentation et aux comptes-rendus de lecture et résumés. Un projet personnel (final paper level 2) est soumis par écrit et présenté sous forme de communication orale en classe

Communication des organisations

- Communication visuelle et audiovisuelle
 - Réalisation des posters et prospectus
 - Conception de page web
- Communication électronique
 - Ressources Internet
 - Conception de site web
 - Courrier électronique
- Communication dans les entreprises
 - Communication de crise et gestion des conflits
 - Gestion des savoirs, TIC et travail coopératif
 - L'évaluation des compétences
- Collectivités territoriales et associations
 - Subventions, conventions, délégations, partenariat
 - Production des projets

Travaux pratiques

L'objectif est de développer le sens du collectif – travail en groupe.

Réalisation pour une entreprise :

- d'un poster
- d'un prospectus
- Et/ou d'une séquence vidéo
- Animation d'une réunion

M33 : Fabrication des peintures & Procèdes de peinture

Objectif du Module

Les principes de base de formulation des différents types de revêtements ainsi que le matériel utilisé lors de la fabrication (pré-mélange, empattage) seront étudiés.

Volume horaire global		
Cours	TD	TP
30	10	16

Contenu du Module

Fabrication des peintures

Préambule

- Généralités sur la fabrication des peintures (Structure d'une usine de peintures).
- Déroulement du processus de fabrication d'une peinture
- Production traditionnelle ou à partir de pâtes pigmentaires : Exemple de formulation
- Matériel de fabrication
- La fabrication des peintures-poudres
- Données complémentaires relatives au mélange et à la mise en solution
- Malaxage
- Dispersion et matériel de dispersion
 - Généralités sur la dispersion
 - Les contraintes mécaniques dans la dispersion
 - Dispersion à l'aide d'un disperseur
 - Dispersion sur broyeuse à trois cylindres
 - Dispersion à l'aide de broyeurs à billes
 - Dispersion en extrudeuse dans la fabrication des peinture-poudres
- Filtration et tamisage
- Compléments sur la fabrication des peintures en phase aqueuse

Procédés de peinture

- Marchés et domaines d'emploi des peintures et vernis
- Peinture en série des automobiles (OEM)
- Peintures de réparation pour automobiles
- Peinture industrielle des matériaux composites (plastiques)
- Mise en peinture du matériel ferroviaire
- Laquage en bande (Coil Coating)
- Revêtements d'isolation pour matériel électrique
- Autres systèmes de peinture pour métaux
- Peinture du bois et des matériaux dérivés
- Peintures bâtiment - Revêtement des subjectiles minéraux
- Récupération et réemploi des résidus de peinture
- Décapage
- Management de la qualité - Assurance qualité

Travaux pratiques

- Préparation et caractérisation des formulations de peintures et des colles

Mini projets

C'est initier les élèves ingénieurs aux techniques de mise en œuvre des peintures et des colles dans les sociétés industrielles.

M34 : Spectrométries & Analyses chromatographiques

Objectif du Module

- Utiliser les techniques spectroscopiques comme outil de caractérisation des matériaux,
- Appréhender les méthodes de séparation et de caractérisation de la distribution des masses des matériaux, en particulier par des méthodes chromatographiques.

- Savoir choisir la technique d'analyse la plus appropriée au matériau étudié.

Volume horaire global		
Cours	TD	TP
24	16	16

Contenu du Module

Spectrométries

- Généralités sur les interactions Rayonnement-Matière
- Les spectres de rotation (IR lointain ou Micro-ondes)
 - Eléments de théorie, Applications analytiques des spectres de rotation pure
- Spectroscopie Infrarouge
 - La théorie, Spectres de vibration-rotation, Conditions d'absorption d'une radiation lumineuse
 - Influence de la masse des atomes, Influence de la constante du rappel, Influence de l'environnement
 - Instrumentation, Techniques d'examen des échantillons, Méthodes par réflexion IR
- Spectrométrie d'absorption de l'ultraviolet et du visible
 - Domaine spectral, Définitions des termes usuels, Transitions dans l'UV-visible, Influence des substituants
 - Chromophores des systèmes conjugués
 - Effets de solvant, Appareillage, Application dans le domaine des polymères
- Les spectres de fluorescence
 - Principe, La fluorimétrie
- Spectrométrie de la fluorescence X
 - Principe, Les différents modes d'excitation, Types de spectres, Applications
- Spectrométrie de masse
- Spectres de diffusion Raman
 - Principe, Règles de sélection, Applications
- Résonance magnétique nucléaire
 - Origine du signal RMN, Déplacement chimiques, Couplages spin-spin, Appareillage, Applications

Analyses chromatographiques

- Identification des matériaux organiques
 - Tests préliminaires, Méthodes de séparation de mélanges complexes
- Techniques chromatographiques
 - Principe de la chromatographie
 - Chromatographie en phase gazeuse (PCV), Chromatographie liquide à haute performance (HPLC), Chromatographie sur couche mince (CCM), Chromatographie gaz inverse
 - Electrophorèse
- Techniques de détermination des masses molaires
 - Généralités, Chromatographie par perméation de gel (CPC), Chromatographie d'exclusion stérique (SEC ou GPC)
 - Méthodes viscosimétriques
 - Techniques basées sur les propriétés colligatives des solutions
 - Diffusion de lumière
 - Applications

Travaux pratiques

- Effets de substituant sur la vibration $\nu_{C=O}$ du groupe carbonyle. Corrélation avec la multiplicité de la liaison,
- Etude de l'équilibre S-cis / S-trans dans les cétones α - β éthyléniques,
- Calcul de la position conformationnelle d'un sulfite cyclique par infra-rouge,
- Détermination des structures des produits de déshydratation de la pseudo-ionone,
- Isomérisation photochimique de la trans dialcone,
- Prise en évidence de l'effet stérique. Additivité des coefficients d'extinction,
- Etude par RMN de ^{13}C et H de quelques facteurs agissant sur les déplacements chimiques,
- Stéréochimie statique et dynamique.
- Extraction liquide-liquide des cations métalliques.

- Chromatographie sur papier et sur couche mince, Chromatographie sur colonne, Chromatographie en phase gazeuse, Chromatographie en phase liquide a haute pression

M35 : Recyclage et valorisation des matières plastiques / Polymères et composites spécifiques

Objectif du Module

- Appréhender les phénomènes de vieillissement climatique des revêtements organiques et les différents types de vieillissement des polymères et comprendre leurs conséquences sur les propriétés des matériaux,
- Comprendre les relations structure/comportement et conditions de mise en œuvre/comportement d'un matériau polymère,
- Développement des principes généraux de la stabilisation (thermique et photochimique notamment) des systèmes polymères.
- Développement des stratégies pour lutter contre ce vieillissement.
- Sensibiliser les futurs ingénieurs sur la question de l'environnement dans le domaine des matières plastiques. Il sera question de présenter les différentes étapes à suivre pour le recyclage des déchets plastiques mais également les limites de recyclage de ces derniers.

Volume horaire global		
Cours	TD	TP
24	16	16

Contenu du Module

Recyclage et valorisation des matières plastiques

- Présentation de la situation actuelle à l'échelle nationale et internationale
- Valorisation des déchets plastiques
- Collecte, désignation et recyclage des déchets plastiques
- Les limites de recyclage

Polymères et Composites spécifiques

Classes des polymères

- Les thermodurcissables
- Les thermoplastiques
- Les élastomères
- Les polymères naturels
- Les polymères à propriétés spécifiques

Les composites à matrice polymères

- Introduction
- Les matrices
- Renforts fibreux : fils, fibres et tissus textiles
- Interface et adhésion dans les composites
- Les différents types de matériaux composites
- Mise en œuvre des composites
- Présentation générale des nanorenforts et applications
- Les nanocomposites à matrice organique
- Revêtements nanocomposites

Travaux pratiques

Reconnaissance des matières plastiques

L'objectif est de montrer les différentes techniques utilisées pour la reconnaissance des matières plastiques. Il s'agit essentiellement des mesures de densité et de la technique de la flamme

Caractérisation des thermoplastiques par techniques physico-chimiques (essai de solubilité, densité, effet de flamme)

L'objectif est de familiariser les élèves ingénieurs aux techniques de reconnaissances des polymères par des mesures simples.

Composites

L'objectif est de présenter les techniques de base d'élaboration des matériaux composites thermoplastiques et thermodurcissables.

Il est question également d'initier les étudiants aux techniques d'analyse et de caractérisation des renforts

- Moulage au contact,
- Préparation de composites par extrusion,
- Préparation de composites par injection,
- Analyse du renfort,
- Calcul simplifié des propriétés mécaniques anisotropes,
- Essais mécaniques sur les matériaux composites.

Nanocomposites

Familiariser les étudiants avec la notion de l'échelle nanométrique et manipulation de nanoparticules

- Distinction entre échelle micrométrique et nanométrique par microscopie.
- Analyse de quelques charges nanométriques et élaboration de nanocomposites

Mini projets

C'est initier les élèves ingénieurs à l'utilisation des normes internationales ou nationales en vigueur dans le domaine de l'élaboration et la caractérisation des polymères et composites.

M36 : Simulation des écoulements dans les machines de transformation des matières plastiques

Objectif du Module

- Présenter les modèles de simulation de l'écoulement (cas de l'extrusion et ses variantes, de l'injection, du thermoformage et du calandrage)
- Monter l'importance de la simulation numérique dans l'optimisation des phénomènes thermiques, rhéologiques et d'écoulement dans les machines de transformation,
- Initier les étudiants aux logiciels de simulation utilisables dans le domaine de la mise en forme des matières plastiques.

Volume horaire global		
Cours	TD	TP
30	14	12

Contenu du Module

Simulation des écoulements dans les machines de transformation des matières plastiques

- Introduction
- Les procédés d'extrusion : L'extrusion monovis
 - Description géométrique
 - Zone d'alimentation
 - Zone de plastification
 - Zone de compression
 - Modèle d'ensemble de l'extrusion monovis
 - Application à la plastification en injection
- Ecoulement dans les outillages
 - ❖ *Le calandrage*

- Présentation du calandrage
- Analyse newtonienne symétrique
- Analyse newtonienne bidimensionnelle générale
- Prise en compte d'une loi de comportement pseudoplastique
- Les effets thermiques en calandrage
- ❖ Les filières d'extrusion
 - Introduction
 - Description des géométries rencontrées
 - Rappel sur les hypothèses et les méthodes de calcul
 - Exemples de résultats
- Les procédés comportant un étirage
 - ❖ Le filage textile
 - Les différentes situations du filage textile
 - Etirage d'un fluide newtonien isotherme
 - Etirage d'un fluide de Maxwell isotherme
 - Etirage d'un fluide visqueux dans des conditions non isothermes
 - Modèle général du filage textile
 - ❖ Notions de biétirage
 - Introduction
 - Les procédés d'extrusion à filière plate
 - Modèle newtonien isotherme
 - Modèle viscoélastique isotherme
 - Autres modèles
 - ❖ Le soufflage des gaines
 - ❖ Le soufflage des corps creux
- Les instabilités d'écoulement
 - ❖ Les instabilités d'extrusion
 - ❖ Les instabilités d'étirage
 - ❖ D'autres exemples d'instabilités

Travaux pratiques

- Utilisation des logiciels de simulation de l'écoulement :
 - Polyflow
 - Moldflow

Le but est de familiariser les étudiants avec les logiciels de simulation de l'injection et des écoulements Polyflow et moldflow..

M37 : Contrôle non destructif

Objectif du Module

- Présentation des différentes techniques du contrôle non destructif.

Volume horaire global		
Cours	TD	TP
28	28	

Contenu du Module

- Définitions, Exemple du CND le plus simple : l'examen visuel, Généralisation du principe aux différentes techniques
 - Règles de l'art
- Mise en œuvre des CND, Réglementation
 - Contrôle non destructif par ressuage

- Introduction, Principaux paramètres mis en jeu dans l'exécution de la méthode, Eléments nécessaires au contrôle d'une pièce, Appareillages, Principales normes, Cahiers des charges et exigences, Conclusion
 - Contrôle non destructif par ultrasons
- Introduction, Production des US, Méthode de contrôle par écho d'anomalie, Méthodes par transmission, Différentes techniques de mise en œuvre, Utilisation des différentes modes de propagation, Conclusion
 - Contrôle non destructif par radiographie
- Introduction, Historique, Principe d'un contrôle, Perspectives d'évolution de la technique
 - Contrôle non destructif par magnétoscopie
- Principaux paramètres mis en jeu dans l'exécution de la méthode, Intensités du champ d'excitation, Méthodes d'aimantation, Eléments nécessaires au contrôle, Normes et cahiers des charges, Domaines d'application, Conclusion
 - Contrôle non destructif par courants de Foucault
 - Contrôle non destructif par émission acoustique

M38 : Qualité – Analyse AMDEC - Plan d'expériences

Objectif du Module

Qualité – Analyse AMDEC :

L'objectif de cette partie est de donner aux étudiants les outils utilisés dans la gestion de la maintenance des équipements industriels (Analyse PARETO, Analyse AMDEC...) et le contrôle de la qualité des produits fabriqués (Maîtrise statistique des procédés...)

Plan d'expériences

- La planification d'expériences en formulation de ce traité a été consacré à l'exposé et à la mise en oeuvre des techniques destinées à la sélection des ingrédients d'une formule et à la mise en évidence, parmi les facteurs qui caractérisent un procédé de fabrication, de ceux qui ont un réel effet sur les propriétés du produit final.
- L'utilisation d'un modèle mathématique prévisionnel afin de pouvoir simuler le comportement des propriétés étudiées dans le domaine expérimental

Volume horaire global		
Cours	TD	TP
40	16	

Contenu du Module

Gestion de la qualité - Analyse AMDEC

- Cartes de contrôle pour grandeurs mesurables
- Cartes de contrôles pour des grandeurs non mesurables
- Capabilité des procédés
- Notions de maintenance industrielle
- Analyse AMDEC
- Analyse PARETO
- Etudes de cas.

Plan d'expériences

- Criblage de facteurs indépendants
- Criblage de composants en mélange
- Optimisation de mélanges.
- Surfaces de réponses
- Optimisation multicritère et désirabilité
- Problèmes mixtes facteurs/composants

Mini projets

Mise en place d'un système de contrôle statistique de la qualité des produits fabriqués.

M39 : La gestion de la production industrielle

Objectif du Module

- Présenter les différents modèles de la gestion de production d'une entreprise.
- Concevoir des applications et des informations pour la gestion de la production.
- Mise en place d'un tableau de bord pour la gestion de production d'une entreprise.

Volume horaire global		
Cours	TD	TP
40	16	

Contenu du Module

- Introduction
- Ordonnancement en ateliers spécialisés
- Gestion calendaire de stock
- Gestion par point de commande
- Planification de la production
- Programmation dynamique de la production
- Techniques de gestion à temps (JAT)
- Ordonnancement des projets de production
- Conception d'un centre de production
- Programmation linéaire de la production
- Analyse post optimal de la production
- Gestion de la production assistée par ordinateur

Mini projets

Conception des ateliers de production, développement des applications informatiques

- Se familiariser avec les outils de la gestion de production de l'entreprise.

Stage en entreprise en matière de gestion de production.

- Connaître les outils de la gestion de production utilisés par les organisations

M40: Management, gestion de la sécurité et gestion de l'environnement

Objectif du Module

- Présenter les concepts modernes de la Qualité et de son management
- Situer la Qualité dans son environnement social
- Présenter les principes du management de et par la qualité et faire prendre conscience de son intérêt
- Faire comprendre le contenu et les exigences de la norme ISO 9001 : 00
- Présenter les critères d'évaluation d'un système de management de la santé et de la sécurité au travail.
- Faire comprendre le contenu et les exigences de la norme OHSAS 18001
- Expliquer les menaces qui peuvent peser sur le plan économique et réglementaire d'une entreprise sur le plan environnemental
- Faire comprendre le contenu et les exigences de la norme ISO 14001
- Présenter la similitude des concepts de management de la qualité, de la sécurité et de l'environnement et faire comprendre l'utilité d'un système de management intégré

Volume horaire global		
Cours	TD	TP
36	10	10

Contenu du Module

Management de la Qualité

- Vocabulaire Qualité
- Evolution du concept
- Qualité et micro-économie
- Méthodologie pour obtenir et maîtriser la qualité – Outils de la qualité
- Management de la qualité – approche processus
- Exigences et outils de l'ISO 9001 :00, Certification

Management de la Sécurité

- Exigences de la norme OHSAS 18001
- Législation
- Méthodes d'intervention et de redressement
- Correspondance de la norme OHSAS 18001 avec l'ISO 9001 : 00

Management de l'environnement

- Gestion des rejets industriels
- Méthodes de prévention, de traitement et de valorisation
- Système de management environnemental : norme ISO 14001
- Système de Management Intégré (SMI)

Mini projets

Visites de sites industriels pour voir les pratiques industrielles en matière de management qualité, sécurité et environnement

Les stages

Le partenariat étroit avec le monde industriel est inscrit dans le projet de la filière « IMF » à travers :

- La participation des entreprises à l'enseignement : présence d'intervenants, de professionnels, rencontres, conférences scientifiques et techniques, contribution à l'élaboration du programme et à son suivi.
- Visites des sites industriels,
- Participation aux séminaires, aux forums, aux salons d'exposition ...
- Les stages en entreprises.

Les contacts avec les entreprises se font dès la 1^{ère} année du Cycle de l'Ingénieur (CI) sous formes de stages :

- stage de découverte de l'entreprise en 1^{ère} année du CI : durée **25** jours minimum, Il fait objet d'un rapport de synthèse.
- stage de perfectionnement en 2^{ème} année du CI : durée de **30** jours au minimum, Il fait objet d'un rapport de synthèse et d'une présentation orale
- **Projet de Fin d'Etudes** en 3^{ème} année (6^{ème} semestre): durée **4** mois minimum, il fait l'objet d'un rapport et d'une soutenance publique devant un jury mixte Entreprise-Université.

Les stages en entreprise ont un rôle crucial dans la formation des élèves ingénieurs. Ils représentent un moyen irremplaçable de prendre contact avec le milieu professionnel, d'en appréhender la diversité, les préoccupations et les nécessités. Ils permettent aussi aux élèves de se faire une idée

précise du métier d'ingénieur et des secteurs d'activités dans lesquels ils peuvent envisager d'évoluer.

● **Stage de découverte**

Un stage de découverte qui permettra au stagiaire de :

- se familiariser avec le milieu professionnel et d'apprendre les conditions de travail du personnel chargé des tâches d'exécution et à différencier les étapes d'élaboration d'un objet, de la matière première à l'objet fini,
- prendre contact pour la première fois avec le milieu de travail, d'observer et d'analyser les différents aspects qui le caractérisent : le technique, l'organisationnel, les enjeux des structures hiérarchiques et le social.

L'encadrement de stagiaire sera assuré par des enseignants de l'université et éventuellement des acteurs du milieu socio-économique. Le stage est sanctionné par la rédaction d'un mémoire évalué par une commission d'examen.

● **Stage de perfectionnement**

Le stage de spécialité à pour objectif de:

- découvrir le travail d'un ingénieur au sein d'une entreprise,
- mettre en application ses connaissances dans le domaine des matériaux et confronter la réalité industrielle à travers la résolution d'un problème posé au sein de la structure d'accueil.
- prendre conscience des aspects techniques de la fonction ingénieur mais aussi des facteurs humains, économiques et sociaux qui l'accompagnent,

Ce stage sera effectué dans les entreprises des matériaux afin de compléter l'enseignement au niveau de l'élaboration d'un produit et sensibiliser aux principes des normes nationales et internationales.

L'encadrement de stagiaire sera assuré par un enseignant de l'université et éventuellement des acteurs du milieu socio-économique. Le stage fait objet d'un rapport de synthèse et d'une présentation orale devant une commission d'examen.

● **Projet de Fin d'Etudes (PFE)**

Le PFE permet à chaque élève-ingénieur d'être confronté à des situations réelles de complexité croissante dans le cadre de travaux réalisés le plus souvent pour le compte d'entreprise. Il permet à l'élève-ingénieur l'apprentissage de l'autonomie et des responsabilités, tant sur le plan technique et économique que relationnel, et facilite son insertion professionnelle.

L'encadrement de stagiaire sera assuré par des enseignants de l'université et des acteurs du milieu socio-économique. Le stage fait objet d'un rapport de synthèse et d'une soutenance devant un jury.

Le PFE a pour objectif :

- acquisition du savoir-faire industriel et finalisation industrielle des résultats
- initiation au travail en équipe
- gestion du temps
- démarche proactive auprès des entreprises
- s'intégrer dans le monde industriel et mettre en application ses connaissances par la réalisation d'études concrètes pour l'entreprise d'accueil
- maîtriser l'interaction entre procédés, structures et propriétés des matériaux,