

PROGRAMME D'ETUDES D'INGENIEURS

PROGRAMME PEDAGOGIQUE : SCIENCE ET GENIE DES MATERIAUX

PREMIERE (1^{ere}) ANNEE INGENIEUR

Semestre- 5					
Unité d'enseignement	Intitulé du cours	V.H.H	V.T/U.E	Crédits	Coef
U.E.5.1- Fondamentale 1	5101- Thermodynamique des Solutions	3hC/TD	12h	15	6
	5102- Mécanique des milieux continus	3hC/TD			6
	5103- Radiocristallographie: Cristallographie Géométrique	3hC/TD			6
	5104- Transfert de chaleur	3hC/TD			6
U.E.5.2- Fondamentale 2	5201- Propriétés physiques des matériaux	3hC/TD	6h	8	6
	5202- Introduction aux matériaux : Phy.des Matériaux	3hC/TD			6
U.E.5.3- Méthodologie	5301- Mathématiques I	3hC/TD	6h	4	3
	5302- Informatique	3hC/TD			3
U.E.5.4- Transversale	5401- Economie I	1.5hC/TD	4.5h	3	2
	5402- Français I	1.5hC/TD			2
	5403- Anglais I	1.5hC/TD			2
Total hebdomadaire			28.5	30	48

Semestre- 6					
Unité d'enseignement	Intitulé du cours	V.H.H	V.T/U.E	Crédits	Coef
U.E.6.1- Fondamentale 1	6101- Thermodynamique Statistique	3hC/TD	12h	12	6
	6102- Mécanique des Fluides	3hC/TD			6
	6103- Radiocristallographie : Microscopie Electronique	3hC/TD			6
	6104- Transfert de masse	3hC/TD			6
U.E.6.2- Fondamentale 2	6201- Propriétés mécaniques des matériaux	3hC/TD	6h	6	6
	6202- Introduction aux matériaux : Elaboration	3hC/TD			6
U.E.6.3- Méthodologie	6301- Travaux Pratiques	3hC/TD	9h	7	3
	6302- Informatique Industriel	3hC/TD			3
	6303- Mathématiques II	3hC/TD			6
U.E.6.4- Transversale	6401- Economie II	1.5hC/TD	4.5h	3	2
	6402- Français II	1.5hC/TD			2
	6403- Anglais II	1.5hC/TD			2
U.E.6.5- Découverte	6501- Stage	1 Mois		2	6
Total hebdomadaire			31.5	30	60

PROGRAMME PEDAGOGIQUE : SCIENCE ET GENIE DES MATERIAUX

DEUXIEME (2^e) ANNEE INGENIEUR

Semestre- 7					
Unité d'enseignement	Intitulé du cours	V.H.H	V.T/U.E	Crédits	Coef
U.E.7.1- Fondamentale	7101- Métallurgie extractive I	3hC/TD	12h	16	6
	7102- Transformations de phases	3hC/TD			6
	7103- Corrosion et durabilité	3hC/TD			6
	7104- Mise en forme I : Solide	3hC/TD			6
U.E.7.2- Méthodologie	7201- Travaux pratiques	3h	9h	11	6
	7202- Méthodes Numériques	3hC/TD			3
	7203- Capteur et instrumentation électronique	3hC/TP			3
U.E.7.3- Transversale	7301- Gestion I	1.5hC/TD	4.5h	3	2
	7302- Français III	1.5hC/TD			2
	7303- Anglais III	1.5hC/TD			2
Total hebdomadaire			25.5h	30	42

Semestre- 8					
Unité d'enseignement	Intitulé du cours	V.H.H	V.T/U.E	Crédits	Coef
U.E.8.1- Fondamentale 1	8101- Métallurgie extractive II	3hC/TD	9h	9	6
	8102- Mise en forme II : Liquide	3hC/TD			6
	8103- Mise en forme III : Poudres	3hC/TD			6
U.E.8.2- Fondamentale 2	8201- Matériaux et dispositifs Semi-conducteurs	3hC/TD	9h	9	6
	8202- Surfaces et traitements	3hC/TD			6
	8203- Méthodes de caractérisation des matériaux	3hC/TD			6
U.E.8.3- Méthodologie	8301- Projet	3h	3h	3	6
U.E.8.4- Transversale	8401- Gestion	1.5hC/TD	4.5h	6	2
	8402- Anglais III	1.5hC/TD			2
	8403- Communication écrite et orale	1.5hC/TD			2
U.E.8.5- Découverte	8501- Stage	2 Mois		3	6
Total hebdomadaire			25.5h	30	54

PROGRAMME PEDAGOGIQUE : SCIENCE ET GENIE DES MATERIAUX

TROISIEME (3^e) ANNEE INGENIEUR

Semestre- 9					
Unité d'enseignement	Intitulé du cours	V.H.H	V.T/U.E	Crédits	Coef
U.E.9.1- Fondamentale	9101- Polymères et composites	3hC/TD	15h	20	6
	9102- Biomatériaux et Nanomatériaux	3hC/TD			6
	9103- Céramiques, verres et réfractaires	3hC/TD			6
	9104- Matériaux métalliques	3hC/TD			6
	9105- Analyse et modélisation des résultats expérimentaux	3hC/TD			6
U.E.9.2- Méthodologie	9201- Projet	3h	7.5h	8	6
	9202- Recherche opérationnelle	3hC/TD			3
	9203- Hygiène, sécurité et environnement	1.5hC/TD			3
U.E.9.3- Transversale	9301- Management	1.5hC/TD	3h	2	2
	9302- Communication écrite et orale	1.5hC/TD			2
Total hebdomadaire			25.5h	30	46

Semestre- 10					
Unité d'enseignement	Intitulé du cours	V.H.H	V.T/U.E	Crédits	Coef
U.E.10.1- Découverte	101- Stage et projet de fin d'études	3 Mois		30	20
Total hebdomadaire				30	20

MET5 101-THERMODYNAMIQUE DES SOLUTIONS

Semestre 5-Thermodynamique des solutions

Objectifs

Le but de ce cours est de comprendre et maîtriser la thermodynamique en tant qu'outil de base pour l'étude de la stabilité et de la dynamique d'évolution des systèmes physiques et physicochimiques.

Le cours sera appliqué à des systèmes thermodynamiques d'intérêt dans différents domaines de la science de l'ingénieur. Il présente en particulier la thermodynamique des petits systèmes et la thermodynamique des mélanges.

Contenu

1. Concepts et outils de base: Rappels de thermodynamique. Potentiels thermodynamiques, sens d'évolution d'un système, équilibre thermodynamique.

2. Forces motrices de transition de phases dans les corps purs: Transition de phases de 1er et 2nd ordre. Evaluation des forces motrices de transformations de phases. Diagrammes d'état d'un fluide.

3. Thermodynamique des mélanges et application aux équilibres: Grandeurs de mélange et grandeurs partielles molaires, application aux mélanges binaires. Activité dans les mélanges, état de référence. Modèles de solution - description en interaction de paire. Minimum du potentiel thermodynamique, conséquence sur l'état du système à l'équilibre. Evaluation des forces motrices de transformation de phases.

4. Thermodynamique des petits systèmes: Potentiel thermodynamique associé à l'évolution des petits systèmes. Courbure d'interface et potentiel chimique - Relation de Gibbs-Thomson et conséquences. Thermodynamique associée à la germination.

Informations complémentaires

MET5 102 -MECANIQUE DES MILIEUX CONTINUS

Semestre 5-Mécanique des milieux continus

Objectifs

Décrire quelques phénomènes physiques observés dans les milieux continus déformables (ordres de grandeur, méthodes de mesure de ces grandeurs).

Proposer une lecture ambitieuse et rigoureuse du problème de la formulation des lois de comportement des solides et des fluides, et fournir un cadre systématique à l'établissement de ces lois.

Formuler et entreprendre la résolution d'un problème aux limites de physique des milieux continus.

Contenu

1 Introduction

2 Analyse des contraintes

3 Analyse des déformations

4 Mouvement et flux

5. Elasticité linéaire

6. Energie de déformation, critères de résistance.

MET5 103 –RADIOCRISTALLOGRAPHIE : CRISTALLOGRAPHIE GEOMETRIQUE

Semestre 5- Cristallographie géométrique

Objectifs

Donner aux élèves les concepts de bases de cristallographie et de cristalochimie indispensables pour aborder tant la physique du solide que la caractérisation des matériaux.

Contenu

1- Notions de cristallographie géométrique

1.1 Description du réseau ponctuel (réseau, motif, maille, plan, indices Miller)

1.2 Droites et plans cristallographiques (densité atomique), distances réticulaires

Symétrie dans les cristaux : Miroirs, axes de symétrie, centres de symétrie, sans et avec translation, groupe d'espace, groupe ponctuel, groupe de Laue

2- Assemblages compacts et grands types structuraux

2.1 Structures cristallines des métaux : cfc, hc, cc

2.2 Sites interstitiels

2.3 Structures covalentes (diamant), structures ioniques (types AX, AX₂, ABX₃, AB₂X₄)

3 - Réseau réciproque

- 3.1 Définition, Propriétés fondamentales du réseau réciproque
- 3.2 Expressions du réseau réciproque dans plusieurs systèmes cristallins
- 3.3 Expressions des distances interréticulaires en fonction des paramètres réciproques
- 3.4 Relations entre les volumes des mailles directes et réciproques

4 - Diffraction des rayons X

- 4.1 Nature et production des RX, spectre de RX, Absorption des RX
- 4.2 Loi de Bragg, Conditions de diffraction (Equations de Laüe, Relation de Bragg, sphère d'Ewald)
- 4.3 Intensité diffractée (facteur de diffusion, facteur de structure, diffusion anormale)
- 4.4 Classification des méthodes expérimentales (diagramme de poudres)

5. Analyse des spectres de diffraction pour des structures simples.

- 5.1 Identification des phases.
- 5.2 Application au dosage de l'austénite résiduelle dans les aciers.
- 5.3 Principe de la mesure des contraintes résiduelles par rayons X

MET5 104 -TRANSFERT DE CHALEUR

Semestre 5-Transfert de chaleur

Objectifs

Apprendre à se familiariser avec des approches théorétiques et phénoménologiques utilisées pour l'étude quantitative des phénomènes physique fondamentaux du transport de chaleur et de la masse en science des matériaux.

Contenu

1. Introduction
2. Conduction thermique
3. Equation de Fourier
 - 3.1 Application de l'équation de Fourier
 - 3.2 L'équation de Fourier à deux dimensions (régime stationnaire)
4. Régime transitoire. Cas d'une plaque semi-infinie
5. Solidification
6. Conductivité thermique
7. Convection
8. Rayonnement

MET5201 -PROPRIETES PHYSIQUE DES MATERIAUXSemestre 5-Propriétés physique**A- Partie I- Electrons et phonons****Objectifs**

Différencier les propriétés électriques, optiques et thermiques d'un conducteur de celles d'un isolant ou d'un semiconducteur. Estimer un ordre de grandeur de la conductivité électrique ou de la conductivité thermique d'un matériau. Prédire l'évolution en température de la conductivité électrique ou de la conductivité thermique d'un matériau. Utiliser le modèle des électrons libres pour prédire qualitativement et quantitativement les propriétés physiques des métaux. Extraire les informations d'une structure de bandes électronique.

Contenu

1. Introduction
2. Le gaz d'électrons classique (modèle de Drude) : La boîte métallique ; Conductivité électrique, temps de relaxation, densité de porteurs ; Conductibilité thermique et loi de Wiedemann Franz ; Réflectivité optique, fréquence de plasma
3. Le gaz d'électrons quantique (modèle de Sommerfeld) : Quantification, sphère de Fermi ; Densité d'états ; Statistique de Fermi-Dirac, niveau de Fermi ; Paramagnétisme de Pauli ; Conductivité électrique ; Chaleur spécifique et conductibilité thermique
4. Les électrons quasi libres : Effets des ions et origine des bandes interdites ; Théorème de Bloch, fonctions de Bloch ; Structure électronique ; Métaux, isolants, semi-conducteurs, semi-métaux ; trous, masse effective ; Absorption optique, photoconductivité d'un semi-conducteur
5. Le mouvement des ions -Les phonons : Milieu continu : relation de dispersion, vitesse du son ; vibrations d'un réseau monoatomique ; réseau diatomique et généralisation ; nombre de modes, phonons ; statistique de

Bose-Einstein, nombre de phonons ; modèle d'Einstein de la chaleur spécifique, loi de Dulong et Petit ; densité de modes, parallèle avec le gaz d'électrons ; modèle de Debye : chaleur spécifique et conductibilité thermique de réseau

6. Phénomènes de transport électrique : Conductivité des métaux ; règle de Matthiessen, conductivité résiduelle, dépendance en température.

7-Supraconducteurs : -Phénoménologie, mécanisme -Effets du champ magnétique: Effet Hall. Magnétorésistance orbitale, autres effets de magnétorésistance

8-Effets Thermoélectriques : Effet Seebeck, effet Peltier ; effet thermocouple, élément Peltier.

B- Partie II- Propriétés

Objectifs

Différencier un semi-conducteur intrinsèque d'un semi-conducteur extrinsèque - Prédire la dépendance en température de la densité de porteurs et de la conductivité .

Distinguer un matériau diamagnétique, paramagnétique, ferromagnétique ou antiferromagnétique sur la base de la dépendance en température de sa susceptibilité - En extraire la densité de moments magnétiques

1-Semi-conducteurs à l'équilibre thermodynamique : Matériaux semi-conducteurs; Semi-conducteurs intrinsèques; Semi-conducteurs extrinsèques

2-La supraconductivité

3-Propriétés diélectriques

4-Cristaux ferroélectriques

5-Diamagnétisme et paramagnétisme

6-Ferromagnétisme et antiferromagnétisme

7-Résonance magnétique

MET5202- INTRODUCTION AUX MATERIAUX: PHYSIQUE DES MATERIAUX

Semestre 5- Physique des matériaux

Objectifs

Ce cours s'inscrit dans une vision globale et unifiée de la science et génie des matériaux. Il permet aux élèves d'acquérir une connaissance synthétique des caractéristiques générales et des propriétés des principaux matériaux ainsi que de la physico-chimie d'élaboration.

Contenu

1-Introduction des matériaux

1.1 La composition, la structure et la microstructure du matériau

1.2 Les propriétés

1.3 La performance du matériau qui mesure son utilité dans la réalité en prenant en compte les coûts et bénéfices économiques et sociaux

2- Introduire et expliquer les différentes classifications des matériaux

2.1 Scientifiques par la nature des liaisons chimiques (métaux, céramiques et polymères)

2.2 Economiques par les domaines d'application

2.3 Par origine (synthétiques, naturels ou recyclés)

2.4 Par types de propriétés requises (mécaniques, physiques, chimiques)

3- Inventorier les compétences et domaines spécifiques en Sciences et Génie des Matériaux : scientifiques, techniques et économiques

MET6 101–THERMODYNAMIQUESTATISTIQUE

Semestre 6 : Thermodynamique statistique

Objectifs

L'objectif du cours est d'introduire la physique statistique et en familiarisant l'élève aux concepts physiques et aux méthodes de base qui sont nécessaires à la description de systèmes faisant intervenir un nombre très grand de particules.

La physique statistique permet notamment d'expliquer le comportement de systèmes macroscopiques (incluant un très grand nombre de particules) à partir de leurs propriétés microscopiques. Plusieurs illustrations permettront de rendre le cours plus concret.

Contenu

Introduction

1-Micro et Macro-états

- 2- Ensemble microcanonique
- 3- Ensemble canonique
- 4- Le Gaz Parfait
- 5- L'ensemble grand canonique
- 6 -Les statistiques quantiques

MET6 102MECANIQUE DES FLUIDES

Semestre 6- Mécanique des Fluides

Notion Fondamentales

- Notion de fluide.- Fluide au repos, champ de force statique, corps flottants.

Aspects qualitatifs du fluide en mouvement

- Fluide parfait, écoulement au voisinage des parois couche limite, cavitation- Champ de vitesse, écoulement laminaire et turbulent.- Rappel de mécanique des milieux continus.- Les fluides newtonien, le coefficient de viscosité.

Aspects formels

- Equations locales, conditions aux limites. - Loi de Poiseuille, application : extrusion - Théorème d'Euler, actions et réactions. - Théorème de Bernoulli, notion de charge, formule de Torricelli, tuyères.

- Débitmètre.

MET6 103 -RADIOCRISTALLOGRAPHIE : MICROSCOPIE ELECTRONIQUE

Semestre 6- Microscopie électronique

Objectifs

Maîtriser les concepts et les techniques d'observation quantitatives de la microstructure des matériaux basés sur l'utilisation des microscopes à balayage (MEB) et à transmission (MET). Approfondir la théorie de la formation des images haute résolution et de la diffraction convergente en microscopie électronique. Développer la capacité d'interprétation quantitative des observations et des analyses spectroscopiques EDS et EELS en TEM. Maîtriser certains outils d'analyse et de simulation des contrastes en TEM.

Contenu

1. Microscopie à balayage
2. Microscopie à transmission quantitative.
3. Spectroscopie quantitative par EDS et EELS
4. Microscopie à haute résolution.

MET6 104 -TRANSFERT DE MASSE

Semestre 6 : Transfert de masse

Objectifs

Décrire et quantifier les phénomènes de transports de matière.
Etudier en particulier les cas limites les plus fréquents dans le génie des matériaux.
Introduction à la théorie phénoménologique de la diffusion

Contenu

1. Equation de Fick
2. Solution de l'équation de Fick pour différents cas typiques
3. Théorie atomistique de la diffusion
4. Mécanismes de diffusion et effets de corrélation
5. Autodiffusion
6. Hétérodifffusion
7. Diffusion et transport dans les alliages et composés
8. Théorie phénoménologique de la diffusion

MET6 201 -PROPRIETES MECANIQUES DES MATERIAUX

Semestre 6-Propriétés mécaniques

Objectifs

Définir et présenter les principales propriétés mécaniques (module d'Young, limite d'élasticité, contrainte d'écoulement plastique, ténacité) qui caractérisent les matériaux métalliques. Relier ces propriétés à la structure et la microstructure des alliages et mettre en évidence les facteurs de leur évolution (composition, conditions d'utilisation, traitements thermiques, écrouissage,...).

Contenu

1. les défauts ponctuels

- Lacunes et interstitiels

2. Les dislocations

- Définition et propriétés

- Joints de grains

3. Déformation plastique

- Glissement

- Limite d'élasticité

- Ecrouissage

4. Durcissement structural

- Diffusion à l'état solide, précipitation

- Franchissement des précipités par les dislocations

5. Restauration et recristallisation

1.1 Restauration

1.2 Ecrouissage critique

1.3 Recristallisations primaire et secondaire

6. Rupture

2.1 Critère de rupture, ténacité

2.2 Transition fragile - ductile

2.3 Fatigue

7. Déformation à chaud

3.1 Restauration dynamique

3.2 Fluage

MET6202 - INTRODUCTION AUX MATERIAUX : ELABORATION

Semestre 6- Elaboration

Objectifs

Ce cours s'inscrit dans une vision globale et unifiée de la science et génie des matériaux. Il permet aux élèves d'acquérir une connaissance synthétique des caractéristiques générales et des propriétés des principaux matériaux ainsi que de la physico-chimie d'élaboration.

Contenu

- 1- Physico-chimie de l'élaboration : Traitements du minerai ; élaboration du métal; L'affinage; Raffinage ; Métaux de hautes pureté ; Coulée des métaux et alliages.
- 2- Dégradation, corrosion : Processus ; Corrosion électrochimique ; Protection ; Méthodes électrochimiques ; Corrosion sèche.
- 3- La synthèse et les procédés de fabrication du matériau
- 4- Elaboration des céramiques,
- 5- Elaboration des polymères et composites
- 6- Elaborations des nanomatériaux

TP6301- TRAVAUX PRATIQUES

Semestre 6- Travaux Pratiques

Objectifs

Assimiler les concepts généraux qui sont à la base de la science des matériaux. Savoir distinguer les particularités microstructurales des classes de matériaux. Savoir interpréter les comportements des matériaux. Perfectionner la capacité de rédaction d'un rapport.

Programme :

1.Mise en œuvre des matériaux

- 1.1- Déformation à chaud des métaux (TP Forgeage)

- 1.2-Traitement thermique des aciers et essai Jominy (TP Traitement thermique et essai Jominy)
- 1.3- Coulée d'alliages d'aluminium (TP Fonderie)

2. Microstructures

- 2.1- Cristallographie (structure atomique) (TP Cristallographie)
- 2.2-Observation optique (TP Microstructures)
- 2.3-Coulée expérimentale (TP coulée)
- 2.4-Alliages et diagramme de phase (TP Alliages)

3. Propriétés

- 3.1-Comportement des matériaux en traction (TP Comportement mécanique)
- 3.2-Durcissement structural (TP durcissement structural)
- 3.3-Déformation sous choc (TP résilience)

MET 101 - METALLURGIE EXTRACTIVE I

Semestre 7- Métallurgie extractive (alliages ferreux)

Objectifs

Compte tenu de la diversité des alliages ferreux, l'accent est porté à travers l'étude particulière détaillée de quelques aciers sur les mécanismes physico-chimiques mis en œuvre pour assurer la fonction désirée.

Contenu

1. Aspects économiques de la production des matériaux ferreux
 - 1.1 Propriétés mécano-chimique d'usage des aciers
2. Elaboration de l'acier
 - 2.1 Filières fonte
 - 2.2 Filière électrique
 - 2.3 Coulée-continue

MET7 102 - TRANSFORMATIONS DE PHASES

Semestre 7- Transformations de phases

Objectifs

Permettre à l'élève d'appréhender les principales transformations métallurgiques dans un contexte général des transformations de phases au sens phénoménologique et thermodynamique du terme. L'élève sera sensibilisé aux notions de stabilité - instabilité d'une phase et les implications dans le cas des diagrammes unaires et binaires. Les notions de germination et croissance seront développées avec des études plus particulières sur les notions de séquences de transformations et d'enthalpie libre critique de germination

Contenu

Introduction : Présentation des diagrammes d'équilibre des phases

1. Problème de nomenclature des classes de transformations (homogène/hétérogène), définitions d'une phase au sens de Gibbs et de constituant de structure
2. Rappels de thermodynamique chimique : définition de l'enthalpie libre de Gibbs et propriétés générales associées, critère d'inégalité de Clausius, définition du potentiel chimique et de solutions solides idéales, courbes d'enthalpies libres
3. Application de ces notions aux transitions de phases dans les systèmes unaires et binaires
4. Phénomène de germination homogène : introduction et concepts (notions de fluctuations d'hétérophases, de formation d'embryons et de germes - cas de phases liquide et solide)
5. Application aux transformations allotropiques, à la précipitation continue avec définition de la cohérence des précipités (zones de Guinier - Preston, etc...) et sensibilisation aux forces motrices associées
6. Application à la précipitation duplex dans le cas du diagramme Fer/carbone. Application à la solidification de métaux purs et alliages avec introduction des notions de coefficient de partage, de ségrégations et de structure de solidification
7. Introduction aux transformations martensitiques athermique et isotherme où les aspects thermodynamiques et cinétiques sont soulignés
- 8-Traitements thermiques volumiques

MET7 103- CORROSION ET DURABILITE

Semestre 7- Corrosion et durabilité

Objectifs

La lutte contre la corrosion des matériaux métalliques est un enjeu économique important. Comprendre, prévoir, prévenir la corrosion nécessite une connaissance de base de la thermodynamique et de la cinétique électrochimiques ainsi qu'une expérience de terrain.

Programme

1 -Notions élémentaires sur les systèmes électrochimiques

1.1- Electrode, tension d'électrode, tension d'équilibre, diagrammes E-pH, tension mixte, chaînes électrochimiques

1-Réactions spontanées, non-spontanées, prévision des réactions d'électrode

1.1- Courbes courant vs. tension, polarisation, surtension

1.2- Quantités de matière, d'électricité, d'énergie, rendements faradique, énergétique.

2 -introduction à la cinétique électrochimique

2.1- Réactions électrochimiques, phénomènes physiques mis en jeu

2.2- Modélisation du transfert électronique interfacial, du transport de matière

2.3- Comportements cinétiques limites, équations de Tafel, Butler-Volmer, courants limites de transport de matière

2.4 Régimes cinétiques mixtes, détermination des paramètres cinétiques

2.5- Réactions simultanées, application à la corrosion des métaux.

3- Corrosion électrochimique

3.1- Différents types de corrosion, corrosion électrochimique

3.2- Principales formes de corrosion-• Corrosion uniforme ; Sélective ; Galvanique ; Localisée ; Sous contrainte.

3.3- Influence du milieu corrosif, de la nature, la structure, les propriétés électrochimiques des matériaux métalliques

3.4- Méthodes d'étude de la corrosion, électrochimiques ou physiques, mesure des vitesses de corrosion

3.5- Prévention de la corrosion et protection contre la corrosion-Choix des matériaux ; protection anodique, cathodique ; anode sacrificielle ; revêtements organiques ou inorganiques ; inhibiteurs, etc.

MET7 104 - MISE EN FORME I : SOLIDE

Semestre 7-Mise en forme solide

Objectifs

L'objectif du cours de mise en forme est de caractériser macroscopiquement le comportement plastique des métaux et de tirer profit des équations pour estimer les valeurs des principales grandeurs technologiques d'un procédé de mise en forme.

Contenu

1. Essai de traction (application aux problèmes de cintrage et pliage de tôles minces).
2. Critères de limites élastiques (application au frettage).
3. Loi d'écoulement (application à la striction de tôles minces).
4. Méthodes des tranches (application au forgeage et au laminage).
5. Méthodes de la borne supérieure (application au bi-poinçonnement, filage et tréfilage).
6. Aspects technologiques des procédés de mise en forme (présentation faite par les élèves à partir d'exposés).

TP7201- TRAVAUX PRATIQUES

Semestre 7-Travaux Pratiques

Objectifs

Assimiler les concepts généraux qui sont à la base de la science des matériaux. Savoir distinguer les particularités microstructurales des classes de matériaux. Savoir interpréter les comportements des matériaux. Perfectionner la capacité de rédaction d'un rapport.

Programme

TP1 : Capteurs de température

TP2 : Capteurs de grandeurs mécaniques

TP3 : Acquisitions sous LabVIEW (aucun requis préalable)

TP4 : Fonderie

TP5 : Mise en forme

TP6 : Métallurgie extractive
 TP7 : Corrosion
 TP8 : Surfaces et traitements
 TP9 : Poudres : matériaux frittés

MET7202 – METHODES NUMERIQUES

Semestre 7- Méthodes numériques

Programme

- 1- Introduction à la modélisation numérique et à la conception assistée par ordinateur (CAO).
- 2- Les Méthodes Numériques, méthode des éléments finis.
- 3- Lois de comportement et critères de rupture
- 4- Fonctions de forme.
- 5- Équations d'équilibre et formulation de la MEF.
- 6- Modélisation d'un problème par la MEF (2-D).
- 7- Formulation des matrices élémentaires.
- 8- Technique d'assemblage matricielle.
- 9- Techniques de résolution des équations matricielles.
- 10- Conditions aux limites. Maillages, convergence et précision.
- 11- Résolution numérique des équations linéaires.
- 12- Interprétation et exploitation des résultats.
- 13- Utilisation de logiciels spécifiques par Éléments finis.
- 14- Application et Étude de cas.

ELE7 203 - CAPTEURS ET INSTRUMENTATION ELECTRONIQUE

Semestre 7- Capteurs et instrumentation électronique

Objectifs

Donner à des non-spécialistes de l'électronique les notions de base leur permettant de choisir et d'assembler les éléments nécessaires à la constitution d'une chaîne de mesure.

Leur permettre de déterminer le plus petit signal mesurable pour un rapport Signal/Bruit donné et les méthodes classiques d'amélioration de ce rapport.

Programme

1- Instrumentation électronique

- 1.1. Chaînes de mesure
- 1.2. Les signaux analogiques
- 1.3. Les capteurs
- 1.4. L'amplificateur
- 1.5. Les filtres
- 1.6. Les signaux
- 1.7. La conversion numérique/ analogique
- 1.8. La conversion analogique/numérique
- 1.9. Le traitement numérique du signal

2- Capteurs et mesures

- 2.1. Bruits
- 2.2. Les signaux
- 2.3. Bruit apporté par un circuit électronique
- 2.4. Méthode d'amélioration du rapport S/B

MET8 101 - METALLURGIE EXTRACTIVE II

Semestre 8- Métallurgie extractive (alliages non ferreux)

Objectifs

Les matériaux non ferreux seront largement abordés en insistant sur les microstructures résultant des opérations de mise en œuvre et conditionnant les propriétés d'utilisation.

Contenu

1. L'aluminium et ses alliages

- 1.1- Aspects économiques de la production des alliages d'aluminium
- 1.2- Extraction et raffinage de l'aluminium
- 1.3- Propriétés de l'aluminium
- 1.4- Les principaux alliages d'aluminium
- 2. Le cuivre et ses alliages
 - 2.1 Aspects économiques de la production des alliages de cuivre
 - 2.2 Extraction et raffinage du cuivre
 - 2.3 Propriétés du cuivre
 - 2.4 Les principaux alliages de cuivre
- 3. Autres alliages non ferreux
 - 2.1 -Uranium
 - 2.2- Magnésium
 - 2.3- Zinc
 - 2.4- Titane
 - 2.5- Cuivre
- 4. Nouveaux alliages

MET8 102 - MISE EN FORMEII: LIQUIDE

Semestre 8- Mise en forme liquide

Objectifs

La fonderie est une méthode essentielle de mise en forme des métaux. Ce cours doit permettre aux Élèves-Ingénieurs d'obtenir les notions de base nécessaires pour concevoir, réaliser ou acheter une pièce de fonderie

Contenu

- 1. Introduction
 - Présentation des chiffres clés (domaines d'utilisation, productions, effectifs...)
 - Description des principaux procédés de fonderie
- 2. Définition de la pièce
 - Echange client/fondeur pour l'adaptation du tracé de la pièce
- 3. Etude / Conception
 - Etude de moulage, analyse de la forme
 - Définition et calcul du système de remplissage
 - Définition et calcul du système d'alimentation
- 4. Matériels
 - Description des différentes machines à mouler
 - Description d'une sablerie type
 - Moyens de fusion, de transport et de coulée des alliages
- 5. Matériaux
 - Sables de moulage
 - Sables de noyautage
 - Alliages (choix, comportement par rapport aux procédés de fonderie, défauts, retraits, coulabilité...)

MET8 103- MISE EN FORME III: POUDRES ; MATERIAUX FRITES

Semestre 8- Mise en forme des poudres

Objectifs

Connaître et maîtriser les principes de fabrication des matériaux à partir de poudres et comprendre la genèse des microstructures des matériaux frittés pour trouver le meilleur compromis coûts / propriétés pour des pièces dont la forme peut être compliquée. Pour les métaux et alliages cette voie d'élaboration représente pour des raisons économiques une activité industrielle en très forte croissance. Pour les matériaux céramiques ces procédés de fabrication sont pratiquement incontournables.

Programme

- 1. Procédés de fabrication des poudres métalliques
- 2. Caractérisation des poudres : principes et données des principales techniques
- 3. Mise en forme des corps crus avant frittage
- 4. Le frittage des systèmes complexes
- 5. Les procédés de frittage sous contrainte et sous atmosphère contrôlée

MET8 201- MATERIAUX ET DISPOSITIFS SEMICONDUCTEURS

Semestre 8- Matériaux et dispositifs semi-conducteurs

Objectifs

Prévoir la conductivité électrique d'un matériau semiconducteur. Choisir un matériau semiconducteur pour une application électronique ou optoélectronique. Mettre en œuvre des montages électriques.

Réaliser et prévoir le comportement de montages électriques applicatifs de base (circuits logiques, amplificateurs, source de courant, résistance commandée en tension, émetteur et photodétecteur infra-rouge pour transmission par fibre optique) à partir des composants semiconducteurs discrets suivants : diodes à jonction pn, transistor bipolaire, MOSFET et JFET.

Contenu

1. Propriétés électroniques des semiconducteurs
2. Modèle élémentaire de conduction
3. Bandes d'énergie
4. Occupation des niveaux d'énergie
5. Transport des porteurs
6. Création et recombinaison des porteurs
7. Equation de continuité
8. Diode à jonction
9. Jonction p-n
10. Hétérojonction
11. Transistor bipolaire
12. Description simplifiée de l'effet transistor
13. Relations entre les courants en régime normal
14. Les régimes de fonctionnement du transistor
15. Transistor à effet de champ
16. Structure métal-isolant-semiconducteur
17. Transistor à effet de champ à grille isolée
18. Transistor à effet de champ à jonction
19. Notions sur les procédés de fabrication des circuits intégrés
20. Principales étapes d'élaboration
21. Réalisation des circuits intégrés par technologie planaire

MET8 202 - SURFACES ET TRAITEMENTS

Semestre 8- Surfaces et traitements

Objectifs

- Présenter les fondements de la tribologie et de l'approche systémique.
 - Familiariser l'étudiant aux corrélations entre propriétés des matériaux et leur comportement tribologique.
- Mise en œuvre, propriétés et utilisation des revêtements et traitements de surface de lutte contre la corrosion et l'usure des matériaux métalliques. Etude des procédés nouveaux et en développement.

Programme

1. Tribologie

Contacts élastiques/plastiques, frottement, lubrification, déformation et rupture dans les contacts, usure, troisième corps et circuit tribologique, expérimentation.

2. Traitements de conversion

- phosphatation, chromatisation, nouvelles passivations, anodisation.

3. Métallisation par immersion et par projection

- galvanisation, métallisation au pistolet.

4. Revêtements organiques

- les peintures.

5. Dépôts sous vide

- dépôts chimiques en phase gazeuse (C.V.D), dépôts physiques en phase gazeuse (P.V.D).

6. Traitements thermochimiques

- cémentation, nitruration.

7. Contrôle et analyse des revêtements et traitements de surface

- métallographie, spectrométrie à décharge lumineuse, fluorescence X, microdureté, frottement, contraintes, adhérence, brillance, rugosité, épaisseur

MET8 203-- METHODES DE CARACTERISATION DES MATERIAUX

Semestre 9- Méthodes de caractérisation des matériaux

Objectifs

Connaître les méthodes expérimentales utilisées actuellement en recherche fondamentale, appliquée et de développement en matériaux. Etre capable d'entrer en discussion avec un collègue en vue d'une collaboration; quels renseignements peut-on obtenir concernant une technique expérimentale ?, nature des échantillons ?, sensibilité ?, limitations ?, mise en oeuvre... Lecture critique d'un article scientifique.

Contenu

- 1- Les microscopies : électronique, à effet tunnel, à force atomique, optique confocale et en champ proche...
- 2- Les méthodes de caractérisation chimique et électronique : spectroscopie des photoélectrons, spectroscopie en rétrodiffusion Rutherford, spectroscopie de masse d'ions secondaires, spectroscopie Auger, sources et détecteurs...
- 3- Analyse thermique : analyse (ATD, DSC,..)
- 4 - Magnétisme : mesures de champ, des propriétés de para, dia, ferro et superpara, production de champ (bobines supra,...)
- 5- Optique : éléments optiques (modulateurs, polariseurs, lentilles...).
- 6- Spectromètres, monochromateurs...
- 7- Les photodétecteurs (PM, photodiodes, CCD, Streak camera...)
- 8- Les sources de lumière : lasers, lampes à décharge et à incandescence, synchrotron...
- 9- Contrôle non destructif
 - 9.1. Principe général des CND et champ d'application
 - 9.2. Contrôles non destructifs : Contrôles visuels et mesures ; ressuage ; magnétoscopie ; Courants de Foucault ; contrôles par ultrasons ; radiographie)

PR8 301- PROJET

Semestre 8- Projet

Objectifs

Application des concepts introduits en cours.
Développer une méthode de travail pour la réalisation d'un projet.
Initiation à la recherche bibliographique.
Rédaction d'un rapport, soutenance orale publique.

Contenu

Projet d'application en ingénierie basée sur les acquis théoriques. Travail en groupe et organisation du travail. Le sujet est présenté en détails et validé par le responsable de la matière. Initiation à la recherche bibliographique. Méthodologie de rédaction et techniques de présentation orale.

MET9 101 - POLYMERES ET COMPOSITES

Semestre 9- Polymères et composites

Objectifs

Comprendre les nombreux avantages qu'offrent-les matériaux polymères et être ainsi en mesure de sélectionner ou de concevoir un matériau pour une application donnée. Connaître les différents types de matériaux composites usuels.

Programme

1- Les polymères

Introduction

- 1.1 Structures chimiques des chaînes moléculaires et des réseaux
- 1.2. Structure physique des chaînes et distributions des masses molaires
- 1.3. Structure des polymères solides : Polymères amorphes et semicristallins
- 1.4. Comportement mécanique des matériaux polymères solides : Visco-élasticité. Élasticité caoutchoutique. Transition vitreuse en fonction de la structure moléculaire
- 1.5. Propriétés en traction et au choc
- 1.6. Propriétés thermiques

2- Les composites

- 2.1. Les composites thermodurcissables
- 2.2. Les composites thermoplastiques

- 2.3. Les semi-produits :
- 2.4. Les silicones
- 2.5. Les composites thermostructuraux
 - Les composites carbone-carbone
 - Les composites à matrices métalliques
 - Les composites à matrices céramiques
- 2.6. Les composites naturels
- 2.7. Les nanocomposites
- 2.8. Introduction à l'analyse des cycles de vie des composites

MET9 102 – BIOMATERIAUX ET NANOMATERIAUX

Semestre 9

I- Biomatériaux

Objectifs

Description des principes régissant les interactions entre matériaux et organismes vivants. Présentation des différentes classes de matériaux et de leurs interactions avec l'environnement physiologique. Introduction aux notions fondamentales nécessaires au choix judicieux de matériaux pouvant être implantés dans l'organisme humain. Présentation des domaines d'application des différents biomatériaux en médecine.

Programme

1. Introduction: définition et classification des biomatériaux.
2. Perspectives d'utilisation: fonctions et bio-activité des biomatériaux.
3. Éléments de physiologie et d'anatomie: la cellule et les tissus vivants.
4. Caractérisation des biomatériaux: caractéristiques de masse et de surface.
5. Interactions tissus-matériaux: biocompatibilité, hémo-compatibilité.
6. Matériaux pour l'orthopédie: structure et propriétés mécaniques de l'os; métaux et alliages; céramiques, verres et ciments minéraux; polymères et ciments organiques.
7. Matériaux biodégradables: polymères synthétiques ou naturels; céramiques et ciments minéraux.
8. Matériaux pour applications dentaires: céramiques dentaires; ciments dentaires et composites minéraux-organiques.
9. Biocompatibilité, biosécurité, biofonctionnalité.

II - Nanomatériaux

Objectifs

Dans ce cours, nous allons développer le concept des nanomatériaux ainsi que leur rôle dans les systèmes naturels et leur intégration dans les technologies actuelles. Nous allons explorer les caractéristiques uniques de ce genre de matériaux, en particulier les propriétés liées à la taille, aux grandes surfaces spécifiques ainsi que l'interaction interatomique et les niveaux d'énergie qui en résultent. Nous allons élaborer et discuter la relation entre la structure spéciale de ces matériaux et leurs propriétés.

Contenu

Nous discuterons de leur application dans les technologies actuelles comme par exemple dans l'industrie électronique, optique, céramique, magnétique, catalytique. Nous voulons mettre en relation les fonctions et les propriétés des matériaux avec leur taille.

1. Introduction sur les nanomatériaux
2. Atomes, clusters et nanomatériaux
3. Préparation, synthèse
 - 3.1 Voie chimique
 - 3.2 Voie physique
 - 3.3 Biomimétique
4. Propriétés des nanomatériaux
 - 4.1 Mécaniques
 - 4.2 Chimiques
 - 4.3 Magnétiques
 - 4.4 Optiques
 - 4.5 Electroniques
5. Applications futures

MET9 103 - CERAMIQUES, VERRES ET REFRACTAIRES

Semestre 9- Céramiques, verres et réfractaires

Objectifs

Le cours sera agrémenté d'études de cas et de démonstrations d'échantillons, avec le souci de relier chaque application industrielle aux propriétés du matériau choisi. Situer les céramiques, verres et vitrocéramiques par rapport aux autres matériaux. En connaître les caractéristiques essentielles : élaboration, microstructure, propriétés mécaniques, physiques et chimiques.

Programme

1. Les céramiques traditionnelles
 - 1.1 Historique, argile et poterie
 - 1.2 Fabrication de la porcelaine
 - 1.3 Cas particulier des ciments et bétons
2. L'élaboration des céramiques techniques
 - 2.1 Technologie des poudres
 - 2.2 Procédés de mise en forme
 - 2.3 Physique de la densification par frittage
 - 2.4 Techniques de frittage
 - 2.5 Contrôle de la microstructure
3. Les propriétés et applications des céramiques techniques
 - 3.1 Propriétés mécaniques
 - 3.2 Physiques et chimiques
 - 3.3 Oxydes, nitrures, carbures, composites
 - 3.4 Autres cas caractéristiques
4. Les verres minéraux
 - 4.1 Définitions et propriétés
 - 4.2 Principes d'élaboration
 - 4.3 Méthodes de mise en forme
 - 4.4 Innovations techniques récentes
5. Les vitrocéramiques
 - 5.1 Systèmes LAS et MAS
 - 5.2 Cristallisation
 - 5.3 Comparaison vitrocéramiques/verres/céramiques
 - 5.4 Applications
- 6- Les réfractaires

MET9 104 -MATERIAUX METALLIQUES

Semestre 9- Matériaux métalliques

Objectifs

- Appréhender la classe des matériaux métalliques : aciers, alliages de titane, alliages d'aluminium et superalliages ;
- Connaître les propriétés des matériaux métalliques en relation avec leur microstructure, en fonction de leur composition et des traitements thermiques et mécaniques subis ;
- Acquérir ainsi la capacité de choisir le matériau adapté à une application donnée ;
- Intégrer les aspects recyclage et développement durable liés aux matériaux métalliques.
- Donner aux élèves les bases fondamentales de la conception des ouvrages soudés.

Programme

1. Les différentes classes de matériaux métalliques
2. Propriétés physiques et mécaniques des alliages métalliques
3. Mécanismes physiques de la déformation plastique
4. Recyclage des alliages métalliques
5. Relation microstructure / propriétés mécaniques des alliages métalliques
6. Rôle des traitements thermiques et mécaniques sur les propriétés de ces alliages
7. Rupture des alliages métalliques
8. Fluage et durée de vie
9. Fatigue et fatigue-corrosion
10. Conception et calcul des assemblages soudés
11. Comportement des assemblages soudés
12. Procédés et matériels de soudage

13. Fabrication, fonctionnement et exploitation des constructions soudées

MAT9 105 - ANALYSE ET MODELISATION DES RESULTATS EXPERIMENTAUX

Semestre 9- Analyse et modélisation des résultats expérimentaux

Objectifs

Connaître les bases de la programmation avec le logiciel Mathematica. Utiliser Mathematica pour modéliser des phénomènes physiques et analyser des données expérimentales. Être capable de se servir de la bibliothèque de programmes écrits en Mathematica. Développer des nouveaux modules dans son domaine de recherche. Utiliser Mathematica pour écrire des rapports scientifiques.

Contenu

- 1- Bases de l'utilisation de Mathematica, description simplifiée de l'interface utilisateur et du noyau.
- 2- Opérations élémentaires, solutions d'équations linéaires et non-linéaires.
- 3- Représentation graphique 2-D et 3-D.
- 4- Représentations de listes de données, lecture de fichiers de données expérimentales, ajustement de paramètres.
- 5- Différentiation, intégration symbolique et numérique.
- 6- Expressions, fonctions, listes, vecteurs, matrices et tenseurs.
- 7- Solution d'équations différentielles ordinaires, transformées de Laplace et de Fourier.
- 8- Tenseurs.
- 9- Utilisation des bibliothèques graphiques.
- 10- Programmation procédurale.
- 11- Programmation fonctionnelle.
- 12- Programmation basée sur des règles.
- 13- Programmation graphique.
- 14- Création de packages.
- 15- Écriture de notebooks et rapports scientifiques.

MODELISATION DES MATERIAUX

Objectifs

L'objectif est de donner les moyens de résoudre différents problèmes liés à la modélisation (équations différentielles, équations aux dérivées partielles, optimisation, ...). Les outils de base (intégration, interpolation, résolution de système) sont présentés ainsi que les grandes méthodes (Différences Finies, Eléments Finis, ...). D'autres techniques de modélisation discrètes sont également abordées (Monte Carlo, Automates cellulaires, algorithme génétique ...).

Programme

- 1- Présentation du cours, introduction à la modélisation, initiation à Matlab
- 2- Equations différentielles
- 3- Intégration / interpolation
- 4- Différences Finies
- 5- Eléments Finis
- 6- Résolution de systèmes
- 7- Automates Cellulaires
- 8- Méthode de Monte Carlo
- 9- Optimisation
- 10- Algorithme génétique

PRO9201 - PROJET MATERIAUX

Semestre 9- Projet Matériaux

Objectifs

Utilisation et approfondissement de concepts introduits en cours.

- Ouverture sur les matériaux pour le développement durable.
- Développer des méthodes de travail et un mode de pensée applicables à l'ensemble des problèmes de matériaux.
- Initiation à la recherche bibliographique.
- Rédaction d'un rapport, soutenance orale publique.

Contenu

Projet de maîtrise en ingénierie accompli sous la direction d'un directeur de projet et comprenant une étude de niveau supérieur sur un problème de génie

- Lors de la première entrevue avec le tuteur, le sujet est présenté en détails ;

- une formation succincte à la recherche bibliographique est proposée.
Les différentes sources de bibliographie et les différents moyens de recherche bibliographique sont présentés.
Des consignes de présentation des références seront données et devront être suivies lors de la rédaction du rapport.

HSE09 203- HYGIENE, SECURITE ET ENVIRONNEMENT

Semestre 9- Hygiène, sécurité et environnement

Objectifs

Sensibilisation des élèves à l'hygiène, la sécurité et l'environnement

Contenu

1. Organisation générale du travail / les risques professionnelles
 - Définitions- Accidents du travail- Maladies professionnelles- Les indicateurs- Les acteurs
 - Le financement - Les risques industriels (présentation succincte des risques incendies, explosion de poussière, chimiques et toxiques...)
2. Méthodes d'analyse des risques
 - Introduction à l'analyse des risques
 - Notion de méthodologie (APR, HAZOP, MOSAR, Arbre des causes, AMDEC...)
3. Gestion des déchets, effluents liquides et gazeux
4. Systèmes de management de l'environnement et de la sécurité
5. Notion de développement durable
- 6-Normes de management Qualité.

ECO9 301- MANAGEMENT

Semestre 9- Management

Objectifs pédagogiques

Les entreprises évoluent, soit sous l'effet de contraintes externes, soit par stratégie interne. L'innovation, souvent considérée comme essentielle, qu'elle soit technique ou organisationnelle, implique de nombreux et profonds changements. Ces évolutions des entreprises nécessitent de la part de chaque responsable une bonne connaissance des interactions entre la structure et les acteurs qui la composent. Il s'agit de mettre en lumière les processus en jeu en vue de les optimiser dans un but opérationnel et concret : contribuer à faire évoluer l'entreprise et piloter efficacement ses projets.

Contenu

• Comprendre l'organisation et les acteurs :

- Approche systémique et socio-dynamique
- Etre recruté, recruter un collaborateur
- Collaborer avec des supérieurs, manager des collaborateurs
- Manager hors hiérarchie : la transversalité

• Faire évoluer l'organisation :

- Piloter le changement : diagnostic, préconisation, mise en oeuvre, mesure des résultats
- Démarche d'amélioration continue : référentiels, processus, orientation clients, outils

• Conduire un projet :

- Les fondamentaux : de l'idée au produit livré
- Concevoir, planifier, budgéter, piloter l'action et manager l'équipe
- Management de projet et par projet
- Application : concevoir et lancer un produit nouveau

• Outils et méthodes :

- Travail en équipe (Belbin, deBono...)
- Planification
- Business Plan (VAN...)
- Analyse fonctionnelle, cahier des charges
- Management du cycle de vie
- Outils de la Qualité (AMDEC, APR...)
- Capitalisation des connaissances
- Maquettage physique ou virtuel

• L'environnement de l'innovation :

- L'innovation vue comme un processus
- Financement de l'innovation

- Rôle de la normalisation dans l'innovation
- Partenariats, contractualisation

STAGES

STA10 101 ET 102 - STAGE DE SPECIALISATION EN ENTREPRISE

(1^{ère} et 2^e Année Ingénieur)

Objectifs

L'objectif principal est la transformation des connaissances acquises dans le cadre de la formation à l'école, en compétences. Pour cela, il doit permettre à l'élève ingénieur de participer à la réalisation d'une ou plusieurs missions sous le double encadrement d'un tuteur enseignant et d'un maître de stage de l'entreprise. Le stage se déroule soit en entreprise, soit au sein d'un organisme public soit en centre de recherche. Ces différentes entités seront mentionnées par la suite sous le terme générique « entreprise ».

Les projets et les stages

Au cours de leur scolarité, les élèves ingénieurs sont entraînés à travailler en équipe sur des projets scientifiques et techniques proposés par l'école (laboratoires, services...) et par les entreprises : Trois grandes catégories de projets :

- **Les projets de 1^{ère} année** sont orientés vers l'application pratique des connaissances scientifiques sur des sujets à caractère pédagogique et sociaux.
- **Les projets de 2^e année**, conduits en équipe de 2 à 6 personnes selon l'importance du sujet, dans le cadre des parcours d'approfondissement.
- **Les projets de 3^e année**, dernière année d'étude, s'appuient fortement sur les compétences des laboratoires pour leur réalisation dans le cadre des parcours scientifiques choisis. La formation standard de l'Ecole des Mines et de la Métallurgie d'Annaba comporte trois stages obligatoires qui se déroulent, selon le choix de l'élève-ingénieur, minimum de 9 mois. Ces stages sont les suivants :
- **Un stage « ouvrier »** au cours de la **première année** (stage proposé par l'école), dans une entreprise de production.

Objectif : découverte de l'entreprise à partir d'un poste d'ouvrier.

Durée : 4 semaines.

Période : Mars-Avril.

- **Un stage de « projet professionnel »** au cours de la **deuxième année**, dans une entreprise ou un organisme en Algérie avant l'entrée en **troisième** année.

Objectif : Intégration dans une équipe de projet, et acquisition de savoir-faire tels que l'organisation, l'analyse, l'étude, la conception, le conseil, l'audit ou l'encadrement.

Durée : 8 semaines.

Période : Mars-Avril.

STA10 103 - PROJET DE FIN D'ETUDES

(3^e Année Ingénieur)

Objectifs

Le projet de fin d'études, d'une durée de **12 semaines**, a une finalité particulière : il s'agit de mettre l'ingénieur presque diplômé en situation réelle d'exercice de son futur métier au travers de sa participation à la réalisation d'objectifs issus d'une problématique industrielle, dans le but de confirmer son aptitude à exercer ce métier. Au-delà de la stricte application des connaissances et des outils théoriques et méthodologiques acquis durant sa formation, le futur ingénieur doit montrer sa capacité à définir des tâches, tenir un planning..., plus largement faire preuve d'autonomie en même temps que de sens du travail en équipe, d'esprit critique...

Le sujet du projet de fin d'études est proposé par l'entreprise partenaire de l'Ecole des Mines et de la Métallurgie. Une équipe projet est constituée, comprenant un ou plusieurs élèves ingénieurs, un tuteur pédagogique et le responsable de projet pour l'entreprise. Le ou les étudiants de l'équipe projet, sous la supervision de leur tuteur pédagogique et en concertation avec le responsable de projet de l'entreprise, établissent le programme technique du projet, qui doit permettre d'apporter une réponse au besoin technologique exprimé par l'entreprise.

• **Un stage « de fin d'études »** au cours de la troisième année, en Algérie, en entreprise ou en laboratoire pour ceux qui optent pour une formation par la recherche (stage proposé par l'école). Le sujet de ce stage est en forte synergie avec le parcours d'approfondissement choisi par l'étudiant.

Objectif : Remplir une mission d'Ingénieur Généraliste dans le cadre d'une équipe au sein de laquelle il aura à négocier et convaincre, former et informer, être moteur du changement et être créatif.

Durée : minimum 3 mois.

Période : mars-août.

MODULES DE BASES

MAT5 301- MATHEMATIQUE I : STATISTIQUE

Statistique mathématique

1. Echantillonnage
 - 1.1 Type d'échantillonnage
 - 1.2 Distributions d'échantillonnage
2. Théorie d'estimation
 - 2.1 Estimation ponctuelle (estimation de la moyenne, de la variance)
 - 2.2 Estimation par intervalle de confiance
3. Tests statistiques
 - 3.1 Tests paramétriques
 - 3.2 Tests non paramétriques

INF5 302- INFORMATIQUE : ALGORITHMIQUE ET PROGRAMMATION

Objectifs

- 1-Acquisition des concepts de la programmation structurée
- 2-Analyse d'un problème et solution informatisée
- 3-Utilisation d'un système d'exploitation

Contenu

Introduction

- 1-Variables, types simples, opérateurs arithmétiques
- 2-Structures de contrôles
- 3-Fonctions, procédures
- 4-Tableaux
- 5-Variables structurées
- 6-Entrées/sorties sur fichiers
 - 6.1- Applications :
 - 6.2- Illustrations du cours à travers des exemples en langage C / C++
 - 6.3- Applications de quelques algorithmes simples (tris, récursivité, graphes élémentaires, ...)

Mini-projet (10 séances) :

Simulation de phénomènes physiques.

EC05 401 - ECONOMIE

Objectifs

Ce cours d'économie présente la micro-économie, la macro-économie (la politique économique), l'économie internationale (la globalisation commerciale et financière, ses mécanismes et conséquences), l'économie industrielle et le calcul économique.

Programme

- 1- Macroéconomie
 - 1.1. La croissance économique et ses origines
 - 1.2. Le marché du travail, les salaires, le chômage
 - 1.3. Monnaie, inflation, marchés financiers, taux d'intérêt et de change
 - 1.4. Budget, dette et dépenses publiques
 - 1.5. L'industrie dans la concurrence globalisée : quelles politiques structurelles ?
 - 1.6. Innovation, formation et capital humain
- 2- Economie industrielle
 - 2.1-La nature de la firme et le droit des sociétés
 - 2.2-L'organisation et la dynamique de l'industrie
 - 2.3-Structure de marché et droit de la concurrence

LAN5 402 -FRANÇAIS

Objectifs

Remise à niveau grammaticale et lexicale.

Programme

A- **F.O.S** : Français sur Objectif Spécifique

1. Méthodologie de la langue authentique.

Programme basé sur l'utilisation d'une méthode d'enseignement selon le niveau des élèves

2. Travail tutoré

3. Méthode pédagogique : deux évaluations distinctes :

3.1. Niveau réel absolu de l'élève

3.2. Progrès de l'élève en fonction du niveau de départ

LAN5 403 -ANGLAIS

Objectifs

Introduction au discours scientifique I

Développement de vocabulaire scientifique

Ouverture à la communication orale formelle et informelle

Contenu

1. Expression Orale

1.1 Description d'objets

1.2 Description de données statistiques

1.3 Techniques de présentation orale

1.4 Liens

1.5 Présenter de l'information visuelle

1.6 Prononciation

2. Expression Ecrite

2.1 Rédaction de texte descriptif. Utilisation à l'écrit des fonctions apprises. Rédaction de mini-rapport scientifique

2.2 Rédaction de description de données statistiques

2.3 Rédaction de lettre de candidature

2.4 Prise de notes Rédaction de résumé à partir d'un texte écrit ou oral, ou à la suite d'une conversation

3. Compréhension Orale et écrite :

3.1 Compréhension de descriptions et de présentations

3.2 Compréhension globale de documents audio et vidéo authentiques

3.3 Compréhension d'échanges d'information en face à face ou au téléphone (laboratoire de langues)

3.4 Compréhension détaillée de textes généraux et de vulgarisation scientifique

INF6 302- INFORMATIQUE INDUSTRIELLE

Objectifs

Le but du cours est d'acquérir les compétences de base en programmation, pour la commande de systèmes industriels. Il concerne les différents aspects de la mise en œuvre de système qu'ils soient logiciels, matériels ou applicatifs.

Contenu

1. Asservissement linéaire, mono-variable

2. Modélisation d'un système linéaire

2.1 Généralisation de la notion d'impédance, fonction de transfert, régulation et asservissement

2.2 Etude temporelle et fréquentielle des fonctions de transfert

2.3 Stabilité des asservissements linéaires- relations boucle ouverte, boucle fermée

2.4 Réglage du gain, résonance

2.5 Précision en régime permanent

2.6 Etude du régime transitoire, lieu des racines

3. Systèmes non linéaires, premier harmonique

- 3.1 Notion de système non linéaire
- 3.2 Description des systèmes non linéaires séparables et hypothèse du premier harmonique
- 3.3 Gain complexe équivalent
- 3.4 Stabilité des systèmes non linéaires, oscillateurs harmoniques
- 3.5 Régime forcé des systèmes non linéaires, seuils et synchronisation

MAT6 303- MATHEMATIQUE II : SIMULATION

Simulation

1. Génération des nombres au hasard
 - 1.1 Générateurs des nombres au hasard uniformes sur $[0,1]$
 - 1.2 Validation des générateurs
 - 1.3 Génération des variables aléatoires
2. Types de simulation
 - 2.1 Simulation déterministe
 - 2.2 Simulation stochastique
 - Portée des résultats d'une simulation (intervalles de confiance, réduction de la variance, validation)
 - Catégories de simulation (par activité, par événements discrets)
3. Outils informatiques

ECO6 401 - ECONOMIE

Objectifs

Ce cours d'économie présente la micro-économie, la macro-économie (la politique économique), l'économie internationale (la globalisation commerciale et financière, ses mécanismes et conséquences), l'économie industrielle et le calcul économique.

Contenu

2^opartie : Economie industrielle

- 1-Choix stratégiques de différenciation produit et localisation
- 2-Fusions/acquisitions et contrôle des concentrations
- 3-Innovation et propriété intellectuelle
- 4-Industries de réseaux et régulation

3^opartie : Calcul économique

1 - Modélisations des marchés

L'efficacité du marché : Décentralisation des décisions par un système de prix et le critère du profit. Monopoles et concurrence : concurrence parfaite, barrières à l'entrée, réglementation de la concurrence. Imperfections des marchés, interventions de l'Etat : Monopoles naturels, externalités, asymétries d'information sur la qualité.

2 - Les décisions dans l'entreprise

La rentabilité des investissements : Critères de choix, contraintes de financement, domaines de validité des différents critères, en univers certain et risqué.

Implications du calcul économique dans la gestion : Stocks, maintenance, sous-traitance, trésorerie, comptabilité et fiscalité-; Délégation des décisions et raisonnements stratégiques.

LAN6 402- FRANÇAIS

Objectifs

Remise à niveau des compétences en français pour les élèves-ingénieurs

Contenu

1. Notions de culture et civilisation.
2. Entraînement aux entretiens.
3. Rédaction de CV.
4. Préparation linguistique aux stages.

LAN6 403 - ANGLAIS

Objectifs

Remise à niveau grammaticale et lexicale.

Programme

1. Méthodologie de la langue authentique (domaine américain et britannique).

Programme basé sur l'utilisation d'une méthode (Clockwise Advanced ou Business Focus) selon le niveau des élèves

2. Travail tutoré

3. Méthode pédagogique : deux évaluations distinctes :

3.1. Niveau réel absolu de l'élève

3.2. Progrès de l'élève en fonction du niveau de départ

ECO7 301 - GESTION**Objectifs**

Sensibiliser les étudiants à la démarche et aux principes de la gestion de projet.

Acquérir quelques outils techniques de base.

Etre capable de mettre très rapidement en pratique les principes et concepts de la gestion de projet dans les projets proposés.

Maîtriser les différents aspects de la gestion de la production en milieu industriel.

Programme**1- Les fondamentaux de la gestion de projet**

1.1 Qu'est-ce qu'un projet ? Quelles sont les caractéristiques d'un projet ? Quelle est la différence avec une activité traditionnelle ? Qu'est-ce que le management de projet ? 1.2 Quels sont les acteurs principaux et quel est leur rôle ? Quelles sont les phases d'un projet ?

2- Introduction à la gestion de projet

2.1 Les critères de découpage d'un projet selon les normes internationales

2.2 La planification des délais : le réseau PERT et le diagramme de GANTT

2.3 Les ressources et les coûts d'un projet : définitions, courbe en S

2.4 Pilotage et suivi du projet : suivi des délais, suivi de l'avancement physique, suivi des coûts

2.5 Le management des risques : définition des risques, notion de maîtrise des risques

2.6 Organisations et management de projet : les modèles de structures de projet

2.7 Le management de l'équipe projet : constitution de l'équipe, rôle du chef de projet, la dynamique de groupe

3-Gestion Industrielle

3.1. Processus Industriel

- Conception de processus ;Analyse fonctionnelle ;Analyse de la valeur ;AMDEC ...

- Optimisation de processus

3.2 Plan d'expérience, méthode Taguchi ... Maîtrise statistique des processus capabilité (Cpk, Cp, Cmk, Cm, Cmc).Suivi et pilotage de la production (rappels et application)

3.3. Maintenance fiabilité

- Maintenance et système de production (organisation de la maintenance -> Auto maintenance, TPM, contrat de maintenance)

- Management technique (indicateurs TRS, MTBF, MTTR)

3.4. Qualité : Certification d'entreprise, assurance qualité, maîtrise de la qualité

- Connaissance des Normes ISO 9000, EAQF, QS 9000 (FMEA, PPAP, AAQP, MSA, SPC)

- Certification produit (démarche AQP)

- Certification de personnel

LAN7 302- FRANÇAIS**Objectifs**

Approfondir les compétences en français pour les élèves-ingénieurs

Programme

1. Culture et civilisation Française

2. Entraînement aux entretiens
3. Rédaction de CV
4. Préparation linguistique aux stages

LAN7 303 - ANGLAIS

Objectifs

Introduire des thèmes plus particulièrement liés au monde du travail, au sein d'une société. Approfondir les connaissances lexicales de la spécialité (domaine des matériaux) en privilégiant l'expression orale dans des situations spécifiques.

Consolider la langue de spécialité.

Etre capable de présenter un sujet sur la vie universitaire ou professionnelle.

Comprendre de manière globale et détaillée des documents multimédia abordant des sujets de spécialité.

Contenu

1. Savoir se présenter dans une situation formelle et informelle, présenter un collègue.
2. Connaissance de cultures étrangères (compréhension écrite, présentation orale)
3. Communication au téléphone, révision de la lettre de motivation (demande de stage).
4. Caractéristiques des matériaux (compréhension et prononciation des termes spécialisés).
5. Présentation d'un procédé de fabrication industriel ou d'un procédé expérimental.
6. Lecture d'articles spécialisés en vue de la rédaction de résumé et de l'acquisition de vocabulaire spécialisé.
7. Techniques de présentation orale : rendre son discours compréhensible, structuration, transitions.
8. Participer à une réunion de travail : outils linguistiques pour aider à la prise de parole, exprimer son accord ou désaccord, présider une réunion, prise de décision.
9. Communication en entreprise : description des activités d'une entreprise, organigramme de l'entreprise, secteurs d'industrie.
10. Réinvestissements des acquis des semestres précédents.
11. Travaux de compréhension et d'expression à partir de l'étude de sujets scientifiques, économiques, culturels, etc... Sous forme de documents multimédia.
12. Commentaire de faits d'actualité nationale et internationale.
13. Présentations orales avec support multimédia.
14. Préparation au TOEIC
15. Création d'entreprise
16. Organisation de Conférence
17. America On Screen : étude de la société américaine
18. International Business
19. Proficiency English : étude de la langue niveau avancé

ECO8 301 - GESTION

Objectifs

Donner les concepts de la gestion de production.

Initiation au management et au management du progrès

Contenu

I-Optimisation de la Gestion de la Production

1. Ordonnancement et séquencement
2. Transport et affectation
 - Définition et application du problème de transport
 - Solution du problème de transport
 - Problème d'affectation
3. Organisation dans l'atelier de production
4. Méthodes multicritères pour les problèmes de production
 - Exemple de production avec critères multiples
 - Classification des méthodes multicritères

II-Management

1. Le rôle du cadre
2. Le management participatif
3. Manager les compétences
 - Identifier les outils de gestion des ressources humaines

- L'entretien d'évaluation : un moment privilégié pour une évolution négociée

III-Management du progrès

1. L'entreprise et ses contraintes d'organisation.
2. La notion de création de valeur comme réponse organisationnelles aux exigences de Progrès.
3. Du mille feuille au puzzle ou comment mettre en évidence la cohérence de toutes les démarches dans l'entreprise.
4. L'autoévaluation : quand ?, comment ?, pour quoi ?
5. Le plan annuel de développement fédérateur du Progrès et déclinant la stratégie.
6. Le plan action compétitivité comme moteur du Progrès.
7. Le ciment indispensable : le management participatif.

LAN8 402– ANGLAIS

Objectifs

Approfondissement grammatical systématique et enrichissement lexical

Etude et pratique de l'anglais dans un contexte scientifique, technique et/ou professionnel

Contenu – programme

1. Préparation à un des examens de niveau
 2. Mise en situation de la langue dans le domaine de spécialité
- 20 séances de 3 heures et 20 heures de travail tutoré en période académique
- Méthode pédagogique : deux évaluations distinctes :
- a. Niveau réel absolu de l'élève
 - b. Progrès de l'élève en fonction du niveau de départ

CEO8403 : COMMUNICATION ÉCRITE ET ORALE

Cette formation en communication écrite se présente en quatre étapes : une évaluation initiale d'une communication écrite et d'une communication orale, une prescription individuelle (s'il y a lieu); une évaluation finale d'une communication écrite et d'une communication orale en fin de cycle la réalisation d'un portfolio sur ces formes de communication.

Cette formation vise à apprendre à rédiger des textes de façon efficace et productive ainsi qu'à préparer et présenter des exposés de façon efficace et productive, conformes aux conventions de communication en vigueur dans la discipline.

Note : des activités relatives à ce cours se dérouleront également à l'intérieur du cours

Objectif

- Optimiser les compétences en communication écrite et orale
- Communiquer efficacement et avec aisance pour répondre aux destinataires internes et externes
- Structurer les réponses : clarté et élégance de l'information
- Enrichir son vocabulaire : vers un dynamisme de la communication.

Contenu

Au cours de la formation, seront abordés:

- Les principes de la communication écrite.
- Les six étapes de l'écriture.
- La lisibilité
- La méthode rédactionnelle qui permet d'écrire de façon concise et claire.
- Le rappel des règles fondamentales de la grammaire (accords, conjugaisons, ponctuation, etc)
- L'utilisation du vocabulaire usuel.
- La technique de la lettre.
- Les caractéristiques de la correspondance

Méthode pédagogique

- Apport méthodologique et exploitation de nombreux supports
- Ces deux jours sont axés sur des mises en situation écrite et orale

avec une alternance de travail individuel et de travail en groupe
-Corrections individuelles et collectives

MAT9 202 - RECHERCHE OPERATIONNELLE

Objectifs

La recherche opérationnelle est un ensemble de techniques mathématiques permettant de formaliser et d'analyser les problèmes de décision complexes qui se posent aux entreprises. On peut citer les problèmes de logistique et de distribution, de localisation, de planification, d'emploi du temps, de gestion de stocks ou des réserves énergétiques

Contenu

1. Application de la théorie des graphes : connexité, algorithmique dans les graphes, problèmes de chemins, arbres et arborescences, couplages dans les graphes, problèmes de flot et de transport, introduction aux métaheuristiques.
2. Programmation linéaire : modélisation, méthodes du simplexe, analyse de sensibilité, dualité.
3. Phénomènes aléatoires : files d'attente, modélisation des processus d'arrivées et de service, chaînes de Markov, problèmes de fiabilité et des stocks, programmation dynamique.

CEO9 302: COMMUNICATION ÉCRITE ET ORALE

Méthode d'analyse

- 1- Le résumé, La lecture, Les articulations
- 2- Le plan, La synthèse de document
- 3- Le rapport
- 4- Les objectifs
- 5- L'organisation, La rédaction
- 6- L'oral

1ère Année Ingénieur

Semestre 5

de	Intitulé du Cours	Crédit	Cours	TD/TP	Total	Coef
MET100	Transfert de chaleur	4	1.5	1.5	3	6
MET101	Thermodynamique des Solutions	4	1.5	1.5	3	6
MET102	Mécanique des milieux continus	4	1.5	1.5	3	6
MET103	Radiocristallographie : Cristallog. Géométrie	3	1.5	1.5	3	6
MET104	Introduction aux matériaux:Physique. Des Matériaux	4	1.5	1.5	3	6
MET105	Propriétés physique des matériaux	4	1.5	1.5	3	6
MAT100	Mathématique I	2	1.5	1.5	3	3
INF100	Informatique	2	1.5	1.5	3	3
ECO100	Économie	1	1.5	/	1.5	2
LAN100	Français	1	1.5	/	1.5	2
LAN101	Anglais	1	1.5	/	1.5	2
TOTAL		30	18	13.5	28.5	48

Semestre 6

Code	Intitulé du Cours	Crédit	Cours	TD/TP	Total	Coef
MET107	Transfert de masse	3	1.5	1.5	3	6
MET108	Thermodynamique Statistique	3	1.5	1.5	3	6
MET109	Mécanique des Fluides	3	1.5	1.5	3	6
MET110	Radiocristallographie : Microscopie Electronique	3	1.5	1.5	3	6
MET111	Introduction aux matériaux :Elaboration	3	1.5	1.5	3	6
MET112	Propriétés mécaniques des matériaux	3	1.5	1.5	3	6
TP100	Travaux Pratiques	3	/	3	3	6
MAT101	Mathématique II	2	1.5	1.5	3	3
INF101	Informatique industriel	2	1.5	1.5	3	3
ECO101	Économie	1	1.5	/	1.5	2
LAN102	Français	1	1.5	/	1.5	2
LAN103	Anglais	1	1.5	/	1.5	2
STA100	Stage	2	/	1 Mois	/	6
TOTAL		30	18	17.5	31.5	60

2^{ème} Année Ingénieur

Semestre 7

Code	Intitulé du Cours	Crédit	Cours	TD/TP	Total	Coef
MET116	Mise en forme I : Solide	4	1.5	1.5	3	6
MET117	Métallurgie extractive I	4	1.5	1.5	3	6
MET119	Transformations de phases	4	1.5	1.5	3	6
MET123	Corrosion et durabilité	4	1.5	1.5	3	6
TP101	Travaux pratiques	5	1.5	1.5	3	6
MAT102	Méthodes Numériques	3	1.5	1.5	3	3
ELE100	Capteur et instrumentation électronique	3	1.5	1.5	3	3
GES100	Gestion	1	1.5	/	1.5	2
LAN104	Français	1	1.5	/	1.5	2
LAN105	Anglais	1	1.5	/	1.5	2
TOTAL		30	15	10.5	25.5	42

Semestre 8

Code	Intitulé du Cours	Crédit	Cours	TD/TP	Total	Coef
MET121	Mise en forme II : Fonderie	4	1.5	1.5	3	6
MET122	Métallurgie extractive II	4	1.5	1.5	3	6
MET119	Matériaux et dispositifs Semi-conducteurs	4	1.5	1.5	3	6
MET124	Surfaces et traitement	4	1.5	1.5	3	6
MET125	Mise en forme III : Poudres : matériaux frites	4	1.5	1.5	3	6
MET131	Méthodes de caractérisations des matériaux	3	1.5	1.5	3	6
PR100	Projet	2	/	3	3	6
GES101	Gestion	1	1.5	/	1.5	2
LAN106	Anglais	1	1.5	/	1.5	2
CEO101	Communication écrite et orale	1	1.5	/	1.5	2
STA101	Stage	3	/	2 Mois	/	6
TOTAL		30	13.5	12	25.5	54

3^{ème} Année Ingénieur

Semestre 9

Code	Intitulé du Cours	Crédit	Cours	TD/TP	Total	Coef
MET126	matériaux métalliques	4	1.5	1.5	3	6
MET127	Polymères et composites	4	1.5	1.5	3	6
MET128	Biomatériaux et Nanomatériaux	4	1.5	1.5	3	6
MET130	Céramiques, verres et réfractaires	4	1.5	1.5	3	6
MAT103	Recherche opérationnelle	2	1.5	1.5	3	3
PRO100	Projet matériaux	4	/	3	3	6
MAT104	Analyse et modélisation des résultats expérimentaux	4	1.5	1.5	3	3
ECO104	Hygiène, Sécurité et environnement	2	1.5	/	1.5	2
ECO107	Management	1	1.5	/	1.5	2
CEO102	Communication écrite et orale : Français	1	1.5	/	1.5	2
CEO102	Communication écrite et orale ; Anglais	1	1.5	/	1.5	2
TOTAL		30	16.5	19	27	51

Semestre 10

Code	Intitulé du Cours	Crédit	Total	Coef
STA103	Stage pratique et Projet de fin d'études	12 Semaines		20
TOTAL				20