**Licence de Physique**

**Mention : Physique des Matériaux**

***Les parcours sont définis par les options de parcours***

**Version\_Aout\_2021**

**Semestre -1-volume horaire : 30h**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **N°** | **Unité d'enseignement (UE) / Compétences** | **Code de l'UE****(Fondamentale / Transversale / Optionnelle)** | **Elément constitutif d'UE (ECUE)** | **Volume des heures de formation présentielle (14 semaines)** | **Nombre de Crédits accordés** | **Coefficients** | **Modalité d’évaluation** |
| **Cours** | **TD** | **TP** | **Autres** | **ECUE** | **UE** | **ECUE** | **UE** | **Contrôle continu** | **Régime mixte** |
| **1** | **UE : Mathématiques 1** | **UEF110** | **UEF111** | **Algèbre 1** | **1,5** | **1,5** |  |  | **3** | **6** | **1,5** | **3** |  | **X** |
| **UEF112** | **Analyse 1** | **1,5** | **1,5** |  |  | **3** | **1,5** |  | **X** |
| **2** | **UE : Chimie 1** | **UEF120** | **UEF121** | **Chimie générale** | **1,5** | **1,5** | **1.5** |  | **4** | **4** | **1,5** | **1.5** |  | **X** |
| **3** | **UE : Physique 1** | **UEF130** | **UEF131** | **Mécanique 1** | **1,5** | **1,5** | **1.5** |  | **3** | **6** | **2** | **3.5** |  | **X** |
| **UEF132** | **Optique****& instruments** | **1,5** | **1,5** | **1.5** |  | **3** | **1.5** |  | **X** |
| **4** | **UE : Physique 2** | **UEF140** | **UEO141** | **Electrostatique** | **1,5** | **1,5** | **1.5** |  | **4** | **4** | **2** | **2** |  | **X** |
| **5** | **UE : Informatique 1** | **UEF150** | **UEF151** | **Langages de programmation** | **1.5** |  | **1,5** |  | **4** | **4** | **2** | **2** |  | **X** |
| **6** | **UE : Unité transversale** | **UE160** | **UET161****UET162** | **Communication :** |  |  |  | **1,5** | **3** | **6** | **1,5** | **3** | **X** |  |
| **2CN** |  |  |  | **1,5** | **3** | **1,5** |
| **TOTAL 30h** |  |  | **10.5** | **9** | **7,5** | **3** | **30** | **30** | **15** | **15** |  |  |

**Semestre -2 volume horaire : 30h**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **N°** | **Unité d'enseignement (UE) / Compétences** | **Code de l'UE****(Fondamentale / Transversale / Optionnelle)** | **Elément constitutif d'UE (ECUE)** | **Volume des heures de formation présentielle (14 semaines)** | **Nombre de Crédits accordés** | **Coefficients** | **Modalité d’évaluation** |
| **Cours** | **TD** | **TP** | **Autres** | **ECUE** | **UE** | **ECUE** | **UE** | **Contrôle continu** | **Régime mixte** |
| **1** | **UE : Mathématiques 2** | **UEF210** | **UEF211** | **Algèbre 2** | **1,5** | **1,5** |  |  | **3** | **6** | **1,5** | **3** |  | **X** |
| **UE212** | **Analyse 2** | **1,5** | **1,5** |  |  | **3** | **1,5** |
| **2** | **UE : Physique 3** | **UEF220** | **UEF221** | **Mécanique 2** | **1,5** | **1,5** | **1.5** |  | **4** | **4** | **2** | **2** |  | **X** |
| **3** | **UE : Physique 4** | **UEF230** | **UEF231** | **Magnétostatique & phénomènes d’induction** | **1,5** | **1,5** | **1.5** |  | **3** | **7** | **1,5** | **3,5** |  | **X** |
| **UEF232** | **Electrocinétique & circuits électriques** | **1,5** | **1,5** | **1.5** |  | **4** | **2** |
| **4** | **UE : Chimie** | **UEF240** | **UEF241** | **Chimie2** | **1,5** | **1,5** | **1.5** |  | **5** | **5** | **2,5** | **2,5** |  | **X** |
|  |
| **5** | **UE : Informatique 2** | **UEF250** | **UEO251** | **Programmation et interface** | **1,5** |  | **1.5** |  | **4** | **4** | **2** | **2** |  | **X** |
|  |
| **6** | **UE : Unité transversale** | **UET2 60** | **UET261****UET262** | **Communication :** |  |  |  | **1,5** | **2** | **4** | **1** | **2** | **X** |  |
| **2CN** |  |  |  | **1,5** | **2** | **1** |
| **TOTAL 30h** | **Com :** |  | **10,5** | **9** | **7.5** | **3** | **30** | **30** | **15** | **15** |  |  |

**Semestre -3- 30h**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **N°** | **Unité d'enseignement (UE) / Compétences** | **Code de l'UE****(Fondamentale / Transversale****/ Optionnelle)** | **Elément constitutif d'UE (ECUE)** | **Volume des heures de formation présentielles (14 semaines)** | **Nombre de Crédits accordés** | **Coefficients** | **Modalié****d’évaluaton** |
| **Cours** | **TD** | **TP** | **Autres** | **ECUE** | **UE** | **ECUE** | **UE** | **Contrôle** | **Régime** |
| **continu** | **mixte** |
| **1** | **UE : Thermodynamique et Mécanique des fluides** | **UEF310** | **UEF311** | **Thermodynamique** | **1.5** | **1.5** | **1.** |  | **3** | **6** | **1.5** | **3.** |  | **X** |
| **UEF312** | **Mécanique des Fluides** | **1.5** | **1.5** |  | **3** | **1.5** |  | **X** |
| **2** | **UE : Electromagnétisme et physique des ondes** | **UEF320** | **UEF321** | **Electromagnétisme** | **1.5** | **1.5** | **1.** |  | **3** | **6** | **1.5** | **3** |  | **X** |
| **UEF322** | **Physique des ondes** | **1.5** | **1.5** |  | **3** | **1.5** |  |  | **X** |
| **3** | **UE : Mathématique 3** | **UEF330** | **UEF331** | **Analyse 3****Algèbre 3** | **1.5****1.5** | **1.5****1.5** |  |  | **2****2** | **4** | **1.****1.** | **2** |  | **X** |
| **4** | **UE : Option de parcours** | **UEO340** | **UEO341** | **Option de parcours 1** | **1.5** |  | **1.** |  | **3** | **6** | **1.5** | **3** | **X** |  |
| **UEO342** | **Option de parcours 2** | **1.5** | **1.5** |  | **3** |  | **1.5** |  |  | **X** |
| **5** | **UE Transversales** | **UET50** | **UET351** | **Anglais** |  |  |  | **1.5** | **2** | **4** | **1** | **2** | **X** |  |
| **UET352** | **Culture d’entreprise** |  |  |  | **1.5** | **2** |  | **1** |  | **X** |  |
| **6** | **UE ctivités Pratiques** | **UEAP360** | **UEAP361** | **Stage, prototype,****Travail de terrain,****projet personnel ...** |  |  | **3** |  | **4** | **4** | **2** | **2** | **X** |  |
| **TOTAL 30h** |  |  |  | **12** | **9** | **6** | **3** | **30** | **30** | **15** | **15** |  |  |

**Semestre -4- 30h**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **N°** | **Unité d'enseignement (UE) / Compétences** | **Code de l'UE (F / T /O)**  | **Elément constitutif d'UE (ECUE)** | **Volume des heures de formation présentielles (14 semaines)** | **Nombrede Crédits accordés** | **Coefficients** | **Modalié****d’évaluation** |
| **Cours** | **TD** | **TP** | **Autres** | **ECUE** | **UE** | **ECUE** | **UE** | **Contrôle****continu** | **Régime****mixte** |
| **1** | **UE : Matériaux organiques et inorganiques**  | **UEF410** | **UEF411** | **Matériaux organiques** | **1.5** | **1.5** | **1** |  | **3** |  | **1.5** | **2.5** |  | **X** |
| **UEF412** | **Matériaux inorganiques** | **1.5** | **1.5** |  | **2** | **5** | **1.** |  |  |
| **2** | **UE : Matériaux 1** | **UEF420** | **UEF421****UEF422** | **Fondement des Sciences** **des Matériaux** | **1 .5****1.5** |  **1.5** | **1** |  | **3****2** | **5** | **1.5****1.** | **2.5** |  | **X** |
| **Elaboration des matériaux** |
| **3** | **UE : Concepts Quantique et Cristallographie** | **UEF430** | **UEF431** | **Concepts Quantiques** | **1.5** | **1.5** |  |  | **3** | **6** | **1.5** | **3** |  | **X****X** |
| **UEF432** | **Cristallographie** | **1.5** | **1.5** |  |  | **3** | **1.5** |  |
| **4** | **Options de parcours** | **UEO440** | **UEO441** | **Option de parcours 1** | **1.5** |  | **1** |  | **3** |  | **1..5** |  |  | **X** |
| **UEO442** | **Option de parcours 2** | **1.5** | **1.5** |  | **3** | **6** | **1.5** | **3** |
| **5** | **UE Transversales** | **UET450** | **UET451** | **Anglais 1** |  |  |  | **1.5** | **2** |  | **1.** |  | **X** |  |
| **UET452** | **Culture d’entreprise 1** |  |  |  | **1.5** | **2** | **4** | **1** | **2** |  |
|  **6** | **UE : Activité Pratique** | **UEAP460** |  **UEAP461** | **Stage, prototype,****Travail de terrain,** **projet personnel ….** |  |  | **3** |  | **4** | **4** |  | **2** | **X** |  |
| **TOTAL 30h00** |  |  |  | **12** | **9** | **6** | **3** | **30** | **30** | **15** | **15** |  |  |

**Semestre -5- 30h.00**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **N°** | **Unité d'enseignement (UE) / Compétences** | **Code de l'UE****(Fondamentale / Transversale/ Optionnelle)** | **Elément constitutif d'UE (ECUE)** | **Volume des heures de formation présentielles****(14 semaines)** | **Nombre de Crédits accordés** | **Coefficients** | **Modalité****d’évaluation** |
| **Cours** | **TD** | **TP** | **Autres** | **ECUE** | **UE** | **ECUE** | **UE** | **Contrôle** | **Régime** |
| **continu** | **Mixte** |
| **1** | **UE : PPM et Techniques de Caractérisation****des Matériaux****Com :** | **UEF510** | **UEF511** | **Propriétés physiques****de la matière** | **1,5** | **1.5** |  |  | **3** |  | **1.5** | **3** |  | **X** |
| **UEF512** | **Techniques de caractérisation****des matériaux** | **1.5** |  | **1.** |  | **3** | **6** | **1.5** |  |  | **X** |
| **2** | **UE : Métallurgie et Métrologie**  | **UEF520** | **UEF521****UEF522** | **Métallurgie****Métrologie**  | **1.5****1.5** | **1.5** | **1.** |  | **3****3** | **6** | **1.5****1.5** | **3** |  | **X** |
|  |
| **3** | **Propriétés Mécaniques et Thermodynamique Avancée** | **UEF530** | **UEF531** | **Propriétés mécaniques****des matériaux****composants** | **1.5** | **1.****1.** |  **1.** **1.** |  | **3** | **6** | **1.5** | **3** |  | **X** |
| **UEF532** | **Thermodynamique avancée** | **1.5** |  | **3** |  | **1.5** |  |  | **X** |
| **4** | **UE : Options de parcours** | **UEO540** | **UEO541** | **Option 1** | **1.5** | **1.5** |  |  | **2** |  | **1** | **2** |  | **X** |
| **UEO542** | **Option 2** | **1.5** |  | **1.5** |  | **2** | **4** | **1** |  |  | **X** |
| **5** | **UE T** | **UET550** | **UET551** | **Anglais 2** |  |  |  | **1.5** | **2** |  | **1** | **2** | **X** |  |
| **UET552** | **Culture d’entreprise 2** |  |  |  | **1.5** | **2** | **4** | **1** | **X** |  |
| **6** | **Activités pratiques** | **UEF560** | **UEF561** | **Stage, prototype,****Travail de terrain,****projet personnel ...** |  |  | **3** |  | **4** | **4** | **2** | **2** | **X** |  |
| **TOTAL 30h00** |  |  |  | **12** | **6.5** | **8.5** | **3** | **30** | **30** |  **15** | **15** |  |  |

**Semestre -6- 30h.00**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **N°** | **Unité d'enseignement (UE) / Compétences** | **Code de l'UE****(Fondamentale / Transversale/ Optionnelle)** | **Elément constitutif d'UE (ECUE)** | **Volume des heures de formation présentielles****(14 semaines)** | **Nombre de Crédits accordés** | **Coefficients** | **Modalité****d’évaluation** |
| **Cours** | **TD** | **TP** | **Autres** |  |  |  |  | **C. C** | **R. M** |
|  |  |
| **1** | **UE : Semiconducteurs, Composants et Electronique numérique** | **UEF610** | **UEF611** | **Semi-conducteurs et Composants Electronique** | **1.5** | **1.** | **1.5** |  | **3** |  | **1.5** | **3** |  | **X** |
| **UEF612** | **Electronique numérique** | **1.5** | **1.** |  | **3** | **6** | **1.5** |  |  | **X** |
| **2** | **UE : Traitement des surfaces, Corrosion, Diffusion et Traitements Thermiques** | **UEF620** | **UEF621** | **Traitement des surfaces****et corrosion** | **1.5** | **1.** | **1.5** |  | **3** | **6** | **1.5** | **3** |  | **X** |
| **UEF622** | **Diffusion et traitements thermiques**  | **1.5** | **1.** |  | **3** | **1.5** |  |  | **X** |
| **3** | **UE : Choix des Matériaux,****CND etCAO-DAO** | **UEF630** | **UEF631** | **Choix des matériaux****et CND** **CAO-DAO** | **1.5** |  | **1.5** | **2** | **3****3** | **6** | **1.5****1.5** | **3** |  | **X** |
| **UEF632** |  |
| **4** | **UE : Option de parcours** | **UEO640** | **UEO641** | **Option de parcours 1** | **1.5** |  | **1.5** |  | **3** | **6** | **1.5** | **3** |  | **X** |
| **UEO642** | **Option de parcours 2** | **1.5** | **1.5** |  |  | **3** | **1.5** |  | **X** |
| **5****6** | **UE : Activités pratiques** | **UEF650** | **UEF651** | **Stage, prototype,****Travail de terrain,****projet personnel …** |  |  | **6** |  | **6** | **6** | **3** | **3** | **X** |  |
| **TOTAL 30 heures.** |  |  |  | **10.5** | **5.5** | **12.** | **2** | **30** | **30** | **153** | **15** |  |  |

**Programmes des unités d’enseignement**

**Semestre 1**

**Ttre du Module : Algèbre 1**

 **Volume horaire : 42heures (21 h : Cours, 21 h : TD) Crédits :3 Coefficient:1.5 Semestre: S1**

|  |  |
| --- | --- |
| **Chapitre 1** | **Structures algébriques : Groupe, anneau, corps,** |
| **Chapitre 2** | **Notions sur les polynômes** |
| **Chapitre 3** | **Notions sur les fractions rationnelles** |
| **Chapitre 4** | **Introduction aux Espaces vectoriels*** *sous-espaces,*
* *familleslibres,*
* *bases des espaces de dimensionfinie*
* *espace vectoriel defonctions*
 |

**Titre du Module Analyse 1**

 **Volume horaire :42heures (21 h : Cours, 21 h : TD) Crédits :3 Coefficien t:1.5 Semestre: S1**

|  |  |
| --- | --- |
| **Chapitre 1** | **Titre : Corps des nombres réels :*** Rappel des ensemble N,Z,Q
* Construction de R (définition axiomatique, propriétés de la bornes supérieure, )
* Propriétés de R (valeur absolue, R est archimidien, partie entière, ..)
* Applications (caractérisation des intervalles, racine carrée, coupures)
 |
| **Chapitre 2** | **Titre: Suites numériques*** Suites arithmétiques,
* Suites géométriques et de Cauchy,
* Convergence,
* Critères de convergence Q est dense dans R,
 |
| **Chapitre 3** | **Fonctions d'une variable réelle à valeur réelle** :* Limites,
* Continuité,
* Différentiabilité, dérivées, dérivée de fonctioncomposée,
* Théorème des accroissementsfinis,
* Formules deTaylor à l’ordre 1
 |
| **Chapitre 4** | **Titre : Fonctions à plusieurs variables réelles à valeur réelle*** Continuité,
* Différentielle, dérivées partielles,
* Extrema,
* Formule de Taylor à l’ordre 2 etplus
* .
 |

**Titre du Module : Chimie générale**

**Volume horaire : 63 heures (21 h : Cours, 21 h : TD ; 21h TP) Crédits : 4 Coefficient : 1.5 Semestre: S1**

|  |  |
| --- | --- |
| **Chapitre 1** | **Titre : Notions d’atomistique*** L'atome, le tableau périodique
* rayonnement et excitation des atomes.
* Principes physiques du modèle de Bohr,
* insuffisance du modèle classique et présentation du modèle quantique.
* Atome d'hydrogène et polyélectronique.
* Configuration électronique et remplissage des orbitales (principe Aufbau, règle de Hund, postulat de Pauli).
 |
| **Chapitre 2** | **Titre: Introduction à la chimie des solutions*** Acides et bases en solution aqueuse.
* Equilibres d’oxydo-réduction.
* Piles.
 |
| **Chapitre 3** | **Introduction à la Thermodynamique chimique*** Grandeurs thermodynamiques
* Principes de la thermodynamique
* Application du premier et deuxième principe aux réactions chimiques :
* grandeurs de réaction, potentiel chimique principe d’évolution et d’équilibre
 |
|  |  |

**Titre du Module : Mécanique 1**

**Volume horaire : 63 heures ( 21 h : Cours, 21 h : TD ; 21h TP ) Crédits : 3 Coefficient : 2 Semestre 1**

|  |  |
| --- | --- |
|  **Chapitre 1** | **Titre : Pré requis et outils mathématiques*** Calcul vectoriel : produit scalaire (norme), produit vectoriel, Fonctions à plusieurs variables, dérivation
* Analyse vectorielle : les opérateurs gradient, rotationnel,…
* Les systèmes de coordonnées : le système cartésien, cylindrique et sphérique (expliquer leur intérêt en physique en général et en mécanique en particulier)
 |
| **Chapitre 2** | **Titre : Cinématique du point matériel*** Notion de référentiel et de repérage d’un point matériel
* Définition du vecteur vitesse et son expression dans les différents systèmes de coordonnées (système cartésien, cylindrique et sphérique)
* Définition du vecteur accélération et son expression dans les différents systèmes de coordonnées (système cartésien, cylindrique et sphérique)
* Définition de la base de Serret-Frenet : Notion d’abscisse curviligne et sa signification, expression de la vitesse et de l’accélération dans la base de Serret-Frenet, notion de vecteur tangent et normal, définition du rayon de courbure et du centre de courbure (à chaque fois, la signification physique de chaque grandeur sera précisée).
 |
| **Chapitre 3** | **Titre : Changement de référentiel-Composition des mouvements*** Notion d’observateur, Définitions des vecteurs position, vitesse et accélération par rapport à deux référentiels différents : Interprétation physique
* Relation entre les vecteurs vitesse définis par rapport à deux référentiels différents : loi de composition des vitesses : Interprétation physique
* Relation entre les vecteurs accélération définis par rapport à deux référentiels différents : loi de composition des accélérations : Interprétation physique
 |
| **Chapitre 4** | **Titre : Dynamique du point matériel*** Les lois de Newton : Principe fondamental de la dynamique et notion de référentiel galiléen
* Approfondissement de la notion de référentiel galiléen : exemples de référentiels galiléens par rapport à un mouvement prédéfini
* Principe fondamental par rapport à un référentiel non galiléen : notion de forces d’inertie
* Théorème du moment cinétique
* Notion de travail et de puissance d’une force par rapport à un référentiel
* Notion de mouvement sans frottements
* Théorèmes énergétiques : théorème de l’énergie cinétique, théorème de l’énergie mécanique
 |

 **Titre du Module : Optique géométrique et instrumentations**

**Volume horaire : 63 heures : Cours, 21 h : 21 TD ; 21h TP) Crédits : 3 Coefficient 1.5 Semestre 1**

|  |  |
| --- | --- |
| **Chapitre 1** | **Fondements de l'optique géométrique*** Notions sur les ondes, longueur d'onde, plans d'onde, indice de réfraction d'un milieu
* Principe de propagation rectiligne de la lumière
* limite de validité de l'optique géométrique
* chemin optique et principe de Fermat
* Lois de Descartes et application à l’étude d’un prisme
 |
| **Chapitre 2** | **Formation des images*** Objets et images
* aplanétisme
* systèmes centrés dans l'approximation de Gauss
* notion de stigmatisme
 |
| **Chapitre 3** | **Systèmes optiques à faces sphériques*** Miroirs sphériques application au miroirs plans
* dioptres sphériques et application aux dioptres plans
* Donner les formules de conjugaison dans l'approximation de Gauss sans les établir
* lentilles minces
* formules de conjugaison et de grandissement d'une lentille mince
* construction d'images
 |
| **Chapitre 4** |  Instrumentation* Loupe
* Oeil
* Telescope
* Microscope
 |

**Titre du Module : Electrostatique**

**Volume horaire : 63 heures ‘21 h : Cours, 21 h : TD ; 21hTP) Crédits : 4 Coefficient :2 Semestre 1**

|  |
| --- |
|   |
| **Chapitre 1**  | **Titre : Charge électrique et interaction électrostatique** * Electrisation et charges électriques
* Force d’interaction électrostatique-Loi de Coulomb
* Distribution continue de charges-Densité de charges
*  Applications
 |
| **Chapitre 2**  | **Titre : Champ et potentiel électrostatiques** * Champ crée par: une charge ponctuelle, un ensemble de charges, une distribution continue de charges
* Circulation du champ électrostatique, potentiel électrostatique
* Relation entre champ et potentiel électrostatiques
* Energie potentielle d’interaction d’un système de charges ponctuelles, Energie d’interaction d’une distribution continue de charges
* Applications
 |
| **Chapitre 3** | **Titre : Dipôle électrostatique** * Dipôle électrostatique isolé : définition, moment dipolaire, potentiel électrostatique, champ électrostatique (approximation dipolaire), lignes de champ et surfaces équipotentielles (applications)
* Dipôle placé dans un champ extérieur
 |
| **Chapitre 4**  | Titre : Flux du champ électrostatique – Théorème de Gauss* Flux du champ et théorème de Gauss
* Notion de symétries
* Application du théorème de Gauss au calcul du champ électrostatique
* Exemples d’application
* Relations de passage
* Equations locales du champ et du potentiel
 |
| **Chapitre 5** | **Titre : Les conducteurs en équilibre électrostatique*** Conducteurs en équilibre électrostatique : généralités, propriétés d’un conducteur en équilibre électrostatique, champ au voisinage d’un conducteur en équilibre (théorème de Coulomb), pression électrostatique
* Systèmes de conducteurs en équilibre électrostatique, Influence électrostatique, pouvoir des pointes
*  Coefficients de capacité et d’influence d’un système de conducteurs en équilibre-les condensateurs, Associations de condensateurs.
 |

**Titre du Module : Algorithme et programmation**

**Volume horaire : 42 heures (21 h : Cours, 21 h : TP) Crédits : 4 coef : 2 Semestre: S1 Coefficient : 1.5**

|  |  |
| --- | --- |
| **Chapitre 1***(2séances de cours***)** | **Introduction à l’informatique*** Interaction homme-machine (*langage de communication, temps de réponse, analyse et automatisation,....)*
* Présentation sommaire des éléments de la machine (brièvement l’a*rchitecture d’un ordinateur, codage binaire, langage machine*)
* Introduction aux langages de programmation (*création de langages pour se rapprocher du vocabulaire de l’homme et des interpréteurs ou compilateurs pour transformer ces langages en langage machine, edition d’un programme, compilation, exécution, test, erreur de syntaxe erreur d’analyse*)
* Introduction à l’algorithmique (*analyse d’un problème et écriture de l’algorithme indépendamment du langage*)
 |
| **Chapitre 2***(4 séances de cours)* | **Introduction au Langage des algorithmes*** Différentes étapes d’un algorithme (*définition et analyse d’un problème, écriture d’un algorithme, programmation, compilation, test du programme)*
* Structure d’un algorithme (*schéma d’un algorithme, type de base des variables et des constantes*)
* Les instructions de bases (*affectation, opérations arithmétiques, opérations logiques, entrées et sorties*)
* Structures conditionnelles
* Structure itératives
* Applications : *algorithmes fondamentaux recherche d’un élément, parcours, tri, .....*
 |
| **Chapitre 3***(4 séances de cours)* | **Introduction au langage de programmation (Python)*** Entête
* Instruction d’entrée /sortie
* Type et déclaration des variables
* Instruction de base
* Instructions conditionnelles et itératives
* Fonctions et procédure de base
* Applications
 |
| **Chapitre 4***(4 séances de cours)* | **Notions avancées de programmation*** Traitement des chaines de caractères
* Fonctions et procédures
* Notions sur les fichiers
* Applications
 |

12 séances de TP

* + *Une séance pour l’édition, compilation et exécution d’un programme fourni*
	+ *Une séance pour la manipulation des formats des entrées sortie*
	+ *Une séance pour l’écriture d’un programme d’opérations arithmétiques*
	+ *Une séance pour l’application des structures conditionnelles*
	+ *Une séance pour l’application des structures itératives*
	+ *4 séances pour écrire des programmes de base*
	+ *Une séance pour utiliser les fonctions*
	+ *Une séance pour utiliser les procédures*
	+ *Une séance pour utiliser les fichiers*

**Semestre 2**

**Titre du Module : Analyse 2**

**Volume horaire : 42 heures (21 h : Cours, 21 h : TD) Crédits : 3 Coefficient : 1.5 Semestre: S2**

|  |  |
| --- | --- |
| **Chapitre 1** | **Titre : Fonctions analytiques usuelles*** Fonction exponentielle,
* Fonction logarithmique,
* Fonction hyperbolique,
* Fonction réciproque
* Etc
 |
| **Chapitre 2** | **Titre : Développements limités** |
| **Chapitre 3** | **Titre : Primitives et integrals*** Introduction à la notion d'intégrale à l'aide d'aire,
* théorème fondamental de l'analyse,
* calcul de primitives,
* intégration des fractions rationnelles,
* techniques de calcul des primitives
 |
| **Chapitre 4** | **Titre : Notions sur les courbes paramétrées élémentaires et les courbes polaires** |
| **Chapitre 5** | **Titre : Equations différentielles linéaires** |

**Titre du Module : Algèbre 2**

**Volume horaire 42 heures (Cours 21h, TD 21h) Crédit : 3 coefficient : 1.5 Semestre 2**

|  |  |
| --- | --- |
| **Chapitre 1** | **Titre: Applications linéaires,*** Homomorphisme,
* endomorphismes,
* matrices, changement de base
* Théorème du rang, déterminant.
 |
| **Chapitre 2** | **Titre : Diagonalisation des matrices.*** *Valeurs propres,*
* *vecteurs propres,*
* *matrices de passage*
 |
| **Chapitre 3** | **Titre : Systèmes linéaires** |

 **Titre du Module :** **Mécanique 2**

**Volume horaire : 63 heures (21 h : Cours, 21 h : TD et 21h TP) Crédits : 4 Coefficient 2 Semestre: S2**

|  |  |
| --- | --- |
| **Chapitre 1** | **Titre :** .**Système de deux points matériels** * Dynamique et notion de particule fictive
* Collision entre deux points matériels
* Lois de conservation, choc à une dimension : chocs élastiques et chocs mous, chocs élastiques à deux dimensions
* Applications
 |
| **Chapitre 2** | **Titre : Interaction de gravitation*** Loi d’attraction universelle, champ de potentiel de gravitation, énergie potentielle de gravitation
* Application aux mouvements des planètes
 |
| **Chapitre 3** | **Titre : Oscillateurs harmoniques*** Description du mouvement
* Etude énergétique
* Analogie électromécanique
 |
| **Chapitre 4** | **Titre : Oscillations libres, amorties et forcées*** Mise en équation et caractéristiques
* Analogie électromécanique
 |

 **Titre du Module: Magnétostatique et phénomènes d'induction**

**Volume horaire : 63 heures ‘21h cours, 21h TD 21hTP Crédit 3 coefficient 1.5 Semestre 2**

|  |  |
| --- | --- |
| **Chapitre 1** |  **Titre: Courants et conducteurs*** Densité de courant
* Equation de continuité,
* Loi d’Ohm.
 |
| **Chapitre 2** |  **Titre: Champ magnétique*** Loi de Biot et Savart,
* théorème d’Ampère,
* calcul de champs magnétiques créés par des courants permanents,
* potentiel vecteur,
* équations locales de la magnétostatique
 |
| **Chapitre 3** | **Titre: Phénomènes d’induction*** Phénomènes d’induction (circuit dans un champ magnétique variable et circuit mobile dans un champ magnétique permanent),
* force de Laplace,
* théorème de Maxwell,
* énergie magnétique,
* application aux circuits couples
 |

**Titre du Module : Electrocinétique**

**Volume horaire : 63 heures (21h cours, 21h TD 21hTP) Crédit : 4 Coefficient : 2 Semestre 2**

|  |  |
| --- | --- |
| **Chapitre 1** | **Titre : Les circuits électriques**Courant, tension: (Vecteur densité de courant, courant électrique, résistivité, lois d'Ohm, lois de Joule...) Les dipôles électriques (actifs, passifs....)* Point de fonctionnement Lois de Kirchoff (lois des nœuds, lois des mailles)
 |
| **Chapitre 2** | **Titre; Théorèmes généraux*** Théorème de Millemann, Théorème de superposition, Théorème Thèvenin, Théorème de Norton, Théorème Kennely.
 |
| **Chapitre 3** | **Titre: Régimes transitoire*** **Dipôles en régime transitoire**; Relations courant tension et dipôles passifs linéaires en régime variable ;
* Systèmes du premier ordre ; Système du second ordre
* Circuit LC, Circuit RL et Circuit RLC série.
* Régime forcé du système ; Particularités des systèmes du second ordre
 |
| **Chapitre 4** | **Titre; Régime Sinusoïdal*** Notion d'impédance complexe
* Propriétés et représentation ; Représentation des grandeurs sinusoïdales (Fresnel) ; Dipôles passifs en régime sinusoïdal (RLC) ; Puissance dissipée dans les dipôles passifs ; Adaptation d'impédance en puissance
* 1 et 2 ordre Résonance, amortissement, facteur de qualité, facteur de puissance
 |
| **Chapitre 5** | **Titre; Quadripôles linéaires*** Représentation matricielle des quadripôles (matrices impédance, admittance, hybride h et g, signification physiques des paramètres, schéma équivalents, quadripôles réciproque et symétriques)
* Quadripôles en charge (impédance d'entrée et de sortie, gain en courant, tension et en puissance)
* Association
 |
| **Chapitre 6** | **Titre; Filtres passifs*** Etude de fonctions de transfert ( gain en dB, diagramme de Bode, fréquence de coupure)1 et 2 ordre
* Applications (filtre passe haut,filtre passe bas,.....)
 |

**Titre du Module: Chimie Inorganique et introduction à la cinétique chimique**

**Volume horaire : 63 heures (21 h : Cours, 21 h : TD ; 21h TP) Crédits : 5 Coefficient : 2.5 Semestre 2**

|  |  |
| --- | --- |
|  | **Chimie Inorganique***Propriétés physique et chimique des éléments. Evolution dans le tableau périodique. Nomenclature et structure des composés inorganiques.**Les produits inorganiques dans la vie quotidienne. Complexes des métaux de transition.**Réactions de substitution.**Notions sur les cristaux***Introduction à la cinétique chimique***Cinétique formelle et méthodes expérimentales de la cinétique* |

**Titre du Module : Programmation et Interfaçage**

**Volume horaire : 42 heures (21 h : Cours, 21 h : TP) Crédits : 4 Coefficient : 2 Semestre 2**

|  |  |
| --- | --- |
| **Chapitre 1***(4 séances)* | **Rappels et compléments sur la programmation (en Python)*** Complément sur les chaines de caractères
* Complément sur les procédures e fonctions (passage par valeur, passage par variable, variable locale)
* Complément sur les fichiers
* Ports d’entrée/sortie
* Applications
 |
| **Chapitre 2***(2 séances)* | **Introduction au Labview*** Présentation du logiciel et de ses fenêtres
* Ecriture de programme d’opérations arithmétiques
* Structure conditionnelles et structure itératives
 |
| **Chapitre 3***(2 séances)* | **Communication avec les instruments** * Notions sur l’architecture et les ports de l’ordinateur
* Liaison ordinateur instrument
* Transmission série ou parallèle, synchronisation,
* Instruction de communication pour l’émission et la réception
* Application à des sources de courant ou de tension, des multimètres, ..
 |
| **Chapitre 4***(6 séances)* | **Communication avec les différents ports par Labview*** Port Série RS232
* Port USB
* Port IEEE (GPIB, ..)
* Applications

 |

6 séances de TP

* + *Une séance pour les applications en Python*
	+ *3 séances pour l’initiation à Labview*
	+ *Une séance pour commander un instrument et lire une donnée d’un instrument*
	+ *Une séance pour utiliser un programme en Labview mesurant une caractéristique (I(V), V(f), G(f), ….)*
	+

 **Semestre 3**

**Titre du Module : Analyse 3**

**Volume horaire : 31.5 heures (21 h : Cours, 10.5 h : TD) Crédits : 2 Coefficient : 1. Semestre: S3**

|  |  |
| --- | --- |
| **Chapitre 1** | **Titre : Séries entières** |
| **Chapitre 2** | **Titre : Séries de Fourier** |
| **Chapitre 3** | **Titre : Fonctions d'une variable complexe** |
| **Chapitre 4** | **Titre : Fonctions holomorphes*** Singularités,
* théorème des résidus,
* applications au calcul des intégrales
 |

**Titre du Module : Algèbre 3**

**Volume horaire : 31.5 heures (21 h : Cours, 10.5 h : TD) Crédits : 2 Coefficient : 1. Semestre: S3**

|  |  |
| --- | --- |
| **Chapitre 1** | **Titre: Forme linéaire**  |
| **Chapitre 2** | **Titre : Algèbre bilinéaire multilinéaire** * Déterminant,
* produit scalaire,
* etc
 |
| **Chapitre 3** | **Titre: *espace euclidien et Hermtien*** *(notion de matrice autoadjointe)* |
| **Chapitre 4** | **Titre: forme quadratique** |
| **Chapitre 5** | **Titre: Réduction des endomorphismes symétriques et orthogonaux** |

**Titre du Module : Thermodynamique**

**Volume horaire : 49 (21 h : Cours, 21 T D, 7 TP), Crédit 3 coefficient 1.5 S3**

|  |  |
| --- | --- |
| **Chapitre 1** | **Titre: Langue thermodynamique*** La thermodynamique et ses repères historiques
* Définitions
* Notion de température
* Thermomètres à gaz parfait
 |
| **Chapitre 2** | **Titre: Théorie cinétique des gaz parfaits*** Introduction
* Hypotheses de la théorie cinétique
* Caractéristique de la vitesse
* Le gaz parfait
* Interprétation cinétique de la pression
* Interpretation cinétique de la temperature
* Energie d’un gaz parfait monoatomique-énergie interne
* Loi de Dalton
* Généralisation à tous les gaz parfaits
* Capacité thermique
 |
| **Chapitre 3** | **Titre: Le premier principe de la thermodynamique*** Transformations réversibles
* Travail
* Variables Intensives-Variables Extensives
* Premier principe de la thermodynamique
* Energie interne
* Notion de chaleur
* Autre formulation du premier principe : conservation de l’énergie
* Coefficients calorimétriques
* Application du premier principe au gaz parfait
 |

|  |  |
| --- | --- |
| **Chapitre 4** | **Titre: Le deuxième principe de la thermodynamique*** Insuffisance du premier principe de la thermodynamique
* Importance du sens de l’évolution
* Importance des sources de chaleur
* Transformation monotherme
* Transformations cycliques dithermes
* Transformation cyclique polytherme
* Entropie
 |
| **Chapitre 5** | **Titre: Conséquences des deux principes de la thermodynamique*** Méthodes générales de résolution des problèmes de la thermodynamique
* Relation fondamentale de la thermodynamique
* Fonctions d’état
* Potentiel chimique
* Relations de Maxwell
* Relations de Gibbs et d’Helmholtz
* Deuxième lois de Joule pour un gaz parfait
* Lois de Joule appliquée au gaz réel
 |
| **Chapitre 6** | **Titre: Changement d’état d’un corps pur*** Phases et changements de phases
* Diagramme d’équilibre
* Echanges thermiques lors du changement de phase
* Formule de Clapeyron
* Capacité calorifique et entropie en un point de la courbe de saturation
* Surface caractéristique- état fluide
* Propriété de la fonction de Gibbs dane changement de phase
 |
| **Chapitre 7** | **Titre: Troisième principe de la thermodynamique*** Insuffisance des deux premiers principes
* bases expérimentales du troisième principe
* Enoncé du troisième principe
* Conséquences du troisième principe
 |

**Titre du Module : Mécanique des fluides**

**Volume horaire : 49 heures (21 h : Cours, 21 h : TD et 7h TP ) Crédits : 3 Coefficient : 1.5 Semestre 3**

|  |  |
| --- | --- |
| **Chapitre 1** | **Titre :** Généralités sur la mécanique des fluides* Généralités sur les fluides
* Propriétés des fluides
* Forces intervenant en mécanique des fluides
 |
| **Chapitre 2** | **Titre :** Statique des fluids* Lois générales de la statique des fluides
* Statique des fluides incompressibles : Hydrostatique
* Statique des fluides compressibles
 |
| **Chapitre 3** | **Titre :** Cinématique des Fluides* Particule fluide – Variables d’étude
* Description du fluide en mouvement
* Dérivée particulaire
* Equation de continuité
* Caractéristiques des écoulements fluides
* Ecoulements irrotationnels - Potentiel de vitesse
 |
| **Chapitre 4** | **Titre :** Dynamique des fluides parfaits incompressibles* Ecoulement des fluides
* Equation d’Euler – Relation de Bernoulli
* Applications du théorème de Bernoulli:Venturi
* Théorème de Bernoulli dans le cas des écoulements instationnaires
* Théorème de Bernoulli en présence d’une machine
 |
| **Chapitre 5** | **Titre :** Dynamique des fluides visqueux incompressibles* Notion de fluide visqueux - Définition de la viscosité
* Equation fondamentale de la dynamique des fluides visqueux - Equation de Navier-Stokes
* Applications : Ecoulement de Poiseuille – Ecoulement de Couette.
* Classification des écoulements, écoulements laminaires et écoulements turbulents
* Notion de perte de charge
* Pertes de charge le long d’une conduite cylindrique : Les pertes de charge régulières et singulières
* Bilan énergétique d’un circuit hydraulique en présence de machines (pompes)
 |

**Titre du Module : Electromagnétisme**

**Coeffecient 1.5 Semestre 3 Volume horaire : 49 h (21h : Cours, 21 h : TD 7h : TP) Crédits : 3**

|  |  |
| --- | --- |
| **Chapitre 1** |  **Régimes variables - Equations de Maxwell dans le vide*** **Rappels sur les équations de Maxwell en régime statique**
* **Rappels sur les phénomènes d’induction électromagnétique**
* Equations de Maxwell en régime variable **(contenu physique,** équation de conservation de la charge)
* **Relations de passage des composantes des champs E et B**
* Equations vérifiées par le potentiel scalaire et le potentiel vecteur, notion de jauge
* Résolution des équations aux potentiels avec la jauge de Lorentz (Potentiel retardé, Approximations des régimes quasi stationnaires)
* Energie électromagnétique
 |
|  **Chapitre 2** | **Ondes Electromagnétiques dans le vide*** Equations de Maxwell dans le vide et loin des sources (en l’absence de charges et de courants)
* Equation d’onde
* Résolution de l'équation d'onde : onde plane, onde sphérique
* Ondes électromagnétiques planes progressives monochromatiques (spectre électromagnétique), Notation complexe
* Energie électromagnétique (Bilan énergétique, Vecteur de Poynting)
* Polarisation d’une onde plane progressive harmonique
 |

|  |  |
| --- | --- |
|  **Chapitre 3** | **Titre: Introduction aux milieux matériels**1. **Milieux diélectriques et polarisation en régime statique**
* Description macroscopique d'un milieu diélectrique
* Vecteur polarisation, charges et courants de polarisation, vecteur induction électrique 𝐷⃗
* Permittivité et susceptibilité électrique dans les milieux linéaires homogènes et isotropes
* Champs microscopiques et macroscopiques et équations locales pour 𝐷⃗ et 𝐸⃗
* Relation de continuité (ou de passage) des champs 𝐷⃗ et 𝐸⃗
1. **Milieux magnétiques et aimantation en régime statique**
* Description macroscopique d'un milieu magnétique,
* Vecteur excitation magnétique, vecteur aimantation, charges et courants d’aimantation
* Perméabilité et susceptibilité magnétiques dans les milieux linéaires homogènes et isotropes
* Equations locales pour 𝐻⃗ et 𝐵⃗ , relations de passage
* Notions sur les milieux magnétiques (paramagnétisme, diamagnétisme, ferromagnétisme, …)
 |
|  **Chapitre 4** | **Titre: Propagation des ondes électromagnétiques planes dans les milieux linéaires, homogènes et isotropes non magnétiques globalement neutres (Dispersion, absorption)*** Equations de Maxwell dans un milieu matériel (équation de dispersion, Constante diélectrique)
* Onde électromagnétique plane dans un milieu diélectrique linéaire homogène et isotrope, notion d'indice de réfraction complexe, dispersion et absorption dans un milieu diélectrique,
* Propagation dans un milieu LHI dans le cadre du Modèle de l'électron élastiquement lié : milieu diélectrique parfait (isolant), milieu conducteur, plasma.
 |
| **Chapitre 5** | **Titre : Propagation des ondes EM dans les milieux matériels limités (Réflexion, réfraction)*** Conditions aux limites à l’interface de deux diélectriques,
* lois de Snell-Descartes
* Onde polarisée dans le plan d’incidence, onde polarisée perpendiculairement au plan d’incidence
* Coefficients de Fresnel et facteurs de réflexion et de transmission en amplitude et en énergie
 |

**Titre du Module : Physique des Ondes**

**Coeffecient 1.5 Semestre 3 Volume horaire : 49 h (21h : Cours, 21 h : TD 7h : TP) Crédits : 3**

|  |  |
| --- | --- |
|  **Chapitre 1** | **Titre : Propagation dans une ligne de transmission****Lignes à pertes****.** Définition d’une ligne de transmission**.** Equations des télégraphistes. Cas du régime harmonique. Détermination des paramètres secondaires. Impédance complexe. Coefficient de réflexion**Lignes sans pertes****.** Paramètres secondaires. Taux d’ondes stationnaires. Impédance **Abaque de Smith** . Construction de l’abaque. Adaptation d’une ligne de transmission (par simple et double stub) |
| **Chapitre 2** | **Titre : Couplage d’oscillateurs mécaniques et électriques*** Analogie Electrique-Mécanique : on se limite à l’analogie force-tension.
* Cas d’un système à deux degrés de liberté
* Modes propres et coordonnées normales
* Généralisation à un système à N degrés de liberté
* Application : Vibrations d’une chaine linéaire atomique : cas du cristal NaCl
* Approximation des milieux continus
 |
| **Chapitre 3** | **Titre : Corde vibrante*** Description et mise en équation
* Résolution de l’équation de propagation
* Réflexion et transmission le long d’une corde
* Aspect énergétique
* Application : Guitare
* Etude énergétique
 |
| **Chapitre 4** | **Titre : Ondes acoustiques dans les fluides*** Définition des ondes sonores
* Mise en équations (Equation hydrodynamique, Equations de continuité, équations thermodynamiques dans le cas d’un gaz parfait avec des transformations adiabatiques réversibles)
* Les approximations acoustiques
* Equations de propagation en p (surpression) et en u (vitesse vibratoire)
* Impédance d’onde
* Résonateur d’Helmoltz
* Etude énergétique
 |
| **Chapitre 5** |  **Titre : Propagation guidée*** Notion de guide d’ondes
* Rappels des équations de Maxwell (cas d’un conducteur parfait et un diélectrique parfait)
* Equations de propagation : Etude générale
* Définitions des modes (Mode transverse magnétique TM ou E, Mode transverse Electrique ou H, Mode transverse électromagnétique TEM)
* Fréquence de coupure et longueur d’onde de coupure
* Applications (guide rectangulaire, guide circulaire, guide coaxial).
* Impédance d’onde et impédance caractéristique d’un guide.
* Analogie de Schelkunoff
* Cavité rectangulaire (Mise en équation, conditions aux limites, Facteur de qualité ou coefficient de surtension propre, pertes dans le diélectrique).
 |

 **Semestre 4**

 **Titre du Module Matériaux organiques**

**Semestre 4 Volume horaire : 52.5 h (21h : Cours, 21 h : TD 10.5h : TP) Crédits : 3 Coefficient 1.5**

|  |  |
| --- | --- |
|  **Chapitre 1** | **Titre : Notions de base** **Introduction à la chimie organique**1. Le pétrole, principaux constituants
2. Les dérivés du pétrole
3. Les agro ressources
4. Les biomatériaux
5. Le carbone et les grandes familles d’hydrocarbures
* Les familles d’hydrocarbures à connaître (alcènes, alcynes, dérivé halogéné, alcane cyclique…)
1. Différences entre plastique et polymère
* Molécules pour réaliser des polymères
* La polyaddition
* La polycondensation.
* Polymérisation par polyaddition
* Polymérisation par polycondensation
 |
| **Chapitre 2** | **Titre : Matériaux polymères**

|  |
| --- |
| 1. Techniques de détermination des masses molaires des polymères
* Dosage des bouts de chaînes
* Chromatographie d’exclusion stérique
* MALDI-TOF
* Viscosimétrie
* Osmométrie
* Tonométrie
* Ebulliométrie – cryométrie
 |
| 1. Cohésion et solubilité des polymères
* Interactions intermoléculaires dans les polymères
* Energie de cohésion des polymères
* Polymères en solution
 |
| 1. Organisation supramoléculaire des polymères
* Morphologie des polymères à l’état solide
* Cristallinité des polymères
* Polymères orientés
* Polymères cristaux liquides
 |
| 1. Transition vitreuse
* Mouvements moléculaires et transitions de phase dans les polymères
* Facteurs influençant la transition vitreuse
* Détermination de la température transition vitreuse
 |

 |
| **Chapitre 3** | **Titre : MATIERES PLASTIQUES** **1**- Historique2 - Les secteursd'activités : - Emballage, bâtiments, secteur automobile, industrie électrique, domaine médical, …. 3. DU PETROLE AUX MATIERES PLASTIQUES 4. Les thermoplastiques 5. Les thermodurcissables 6 - les procédées de transformation - L'injection, l'Injection Soufflage, principe du soufflage bi-orienté, l'Extrusion, le calandrage, l'Enduction, le Roto moulage, l 'Expansion, la Pultrusion, la Compression, le Thermoformage, la Stratification, la Chaudronnerie, les principaux moyens de mise en œuvre avec les matières associées : 7. INJECTION DES THERMOPLASTIQUES ; PRINCIPE et DESCRIPTION DU CYCLE D’INJECTION  a- Accostage - matière dosée  b - Injection de la matière dans le moule  c - Maintien en pression  d - Refroidissement  e - Dosage 8. Injection multi matière 9. Injection assistée par gaz  |
| **Chapitre 4** |  **Titre : Les polymères conducteurs :** 1 .Définitions.- Les différents types de polymères et leurs propriétés -Classification des polymères selon leur origine, structure (dimensionnelle) et domaine d’application)2. Les polymères conducteurs- Définition et classification Les polymères conducteurs extrinsèques et intrinsèques 3. Mécanisme de conduction dans les polymères conducteurs. Application :- Le poly pyrrole (Historique, structure, méthode de synthèse ; synthèse chimique et synthèse électrochimique- Mécanisme de polymérisation du pyrrole4. Mécanismes de conductivité électronique - Conductivité - Dopage et principe du dopage- Solubilité des poly pyrroles et applications 5. Dopage par Les métaux de transition -Définition et généralités sur le métal de transition - Complexation, généralités sur les complexes- Différents types de complexes simples ou internes. Complexes mononucléaires 6. Conductivité thermique -Capacité calorifique -Diffusivité thermique-Application : le phénol- Définition, oxydation du phénol ; méthodes de dégradation du phénol et utilisation - Les risques de pollution de l’environnement. |

**Titre du Module Matériaux Inorganiques**

 **Volume horaire : .52.5 h (21h : Cours, 21 h : TD 10.5h : TP) Crédits : 2 Coefficient 1 Semestre 4**

|  |  |
| --- | --- |
| Chapitre 1 | Titre : Liaisons crystalline 1. Présentation du tableau de Mendeleïev
2. Propriétés atomiques en utilisant la structure du tableau de Mendeleev : rayon atomique et masse, métallicité, électronégativité,

 Dureté et polarisabilité1. Rappel de la structure électronique d’un atome et notion d’orbitales atomiques
2. Potentiel d'ionisation
3. Energie des orbitales atomiques
4. Affinité électronique
5. Principe d'égalisation des électronégativités et transfert de charge

  |
| Chapitre 2 | LIAISON IONIQUE 1- Les propriétés des substances ioniques  2-Formation de la liaison ionique 3- Quelques structures cristallines 3-1- Structure des composés AB et dérivés- Structures correspondant à l’occupation des sites cubiques : Structure du chlorure de césium  CsCl.- Structures correspondant à l’occupation des sites octaédriques : - Structures cubiques faces centrées : NaCl et structures dérivées ABO2- Structures hexagonales : NiAs- Structures correspondant à l’occupation des sites tétraédriques- Structures cubiques faces centrées : ZnS blende- Structures hexagonales : ZnS Würtzite3-2- Structure des composés AB2 et dérivés- Structures correspondant à l’occupation des sites cubiques - Structure de la fluorine CaF2- Structures correspondant à l’occupation des sites octaédriques : Structure du rutile TiO2, Structure de CdI2, Structure de CdCl2- Structures correspondant à l’occupation des sites tétraédriques, Structure de la β-cristobalite SiO2 3-3-Structures plus complexes : Structure type rhénite AB3, Structure type pérovskite ABO3, Structure type spinelle AB2O44- Rationalisation des structures ioniques- Formule chimique et coordinence- Prédiction de la structure cristalline : Règle du rapport des rayons ioniques (1ère règle de Pauling).- Principe de la valence électrostatique (2ème règle de Pauling).- Connexion des polyèdres de coordination (3ème règle de Pauling).  5- Cohésion dans les solides ioniques : Energie réticulaire - Calcul de l’énergie réticulaire à partir du modèle de Born-Landé : Constate de Madelung. - Calcul de l’énergie réticulaire à partir du modèle de Born-Haber- Energie réticulaire des composés d’éléments de transition. - Relation de Kaputinskii, rayons des ions complexes.6- Caractère covalent des liaisons dans les solides- Dureté et polarisabilité- Taille des ions et polarisabilité7- Implication de l’énergie de réseau. Stabilité des solides ioniques - Température de fusion des oxydes alcalino-terreux- Décomposition des carbonates- Double décomposition des solides ioniques-Solubilité des solides ioniques dans l’eau. |
| Chapitre 3 | - Défauts ponctuels et lacunes dans un cristal imparfait 1- Les défauts ponctuels dans les solides stœchiométriques - Nécessité thermodynamique des défauts. - Les désordres natifs dans les composés stœchiométriques. -Notion d’élément de structure et de charge effective : Formalisme de Kröger-Vink-Réactions quasi chimiques entre les éléments de structure et conditions d’équilibre 2- Les défauts ponctuels dans les solides non-stœchiométriques-Préparation d’un solide non-stœchiométrique : Centre-F -Défauts prédominants dans les solides non-stœchiométriques : Classification de Wagner \* Lacunes anioniques prédominantes \* Lacunes cationiques prédominantes \* Anions interstitiels prédominants \* Cations interstitiels prédominants-Equilibre d’un solide de Wagner avec l’un de ses constituants gazeux \* Composés à lacunes anioniques  \*Composés à lacunes cationiques  \* Composés à anions interstitiels  \*Composés à cations interstitiels. 3- Influence des éléments étrangers sur les défauts des solides. Dopage -Atome étranger de même valence 2- Atomes étrangers de valence différente en substitution dans un solide3- Dopage d’un solide de Schottky par un cation de valence inférieure : Aspect quantitatif4- Dopage d’un solide de Frenckel par un cation de valence inférieure : Aspect quantitatif5- Imperfection électronique contrôlée  |

**Titre du Module : Fondement des Sciences des Matériaux**

**Semestre 4 Volume horaire : 31.5 h (21h : Cours, 10.5h : TD) Crédits : 3 Coefficient 1.5**

|  |  |
| --- | --- |
| **Chapitre 1** | **Titre : GENERALITES SUR LA SCIENCE DES MATERIAUX** 1- Introduction et historique  2- Notions d’échelles et élément de volume représentatif (EVR) : atome, agrégat, nanomatériaux et massif 3- Nature des matériaux et propriétés : matériaux amorphes et cristallinsMasses volumiques ; Propriétés mécaniques ; Propriétés électriques, Propriétés magnétiques ; Propriétés optiques, Propriétés thermiques, Microstructure  4- Utilisation des matériaux  |
| **Chapitre 2** | **Titre : MÉTAUX ET ALLIAGES**  1- Désignation normalisée des métaux et alliages  2- Fer et alliages de fer  3- Aluminium et alliages d’aluminium  4- Cuivre et alliages cuivreux  5- Zinc et alliages de zinc  6- Magnésium et alliages de magnésium  7- Titane et alliages de titane  8- Nickel et alliages de nickel  9- Terres rares  10- Méthodes de mise en œuvre des métaux et alliages  11- Guide d’identification des métaux et alliages |
| **Chapitre 3** | **Titre : MATÉRIAUX ORGANIQUES** 1- Généralités  2- Les polymères thermoplastiques  3- Les polymères thermodurcissables 4- Les élastomères 5- Les bio polymères 6- Les méthodes de mise en œuvre des matériaux organiques 7- Le Guide d’identification des polymères |
| **Chapitre 4** | **Titre : MATÉRIAUX MINÉRAUX** 1- Généralités 2- Les verres minéraux 3- Les céramiques traditionnelles 4- Les céramiques techniques et cermets 5- Les semi-conducteurs |
| **Chapitre 5** | **Titre : MATÉRIAUX COMPOSITES, MULTIMATÉRIAUX** 1- Généralités  2- Matériaux composites  3- Multi matériaux  4- Traitements de surface et revêtements  5- Matériaux cellulaires |
| **Chapitre 6** | **Titre : MATÉRIAUX INNOVANTS ET INTELLIGENTS** 1-Nanomatériaux, matériaux cellulaires, matériaux programmables (potentiel de polymère, graphème innovant, matériaux autoréparants, Le béton LiTracon , …2- Sélection : Propriétés, adéquation matériau-fonction-procédé) 3- Matériaux intelligents* Type de « SMART Material »
* Alliages à mémoire de forme Déformation thermique
* Changement de couleur du rayonnement photochromique
* Changement de couleur de la température thermo chromique
* Les fluides électro- et magnéto-rhéologiques
 |
| **Chapitre 7** | **Titre : MATÉRIAUX ET IMPACT ENVIRONNEMENTAL** 1-Dégradation : Vieillissement, Corrosion, Usure  Vieillissement, Corrosion, frottement et usure 2- Impact Environnemental, Impact Sanitaire, Recyclabilité  Coût en énergie, Risques sanitaires, toxicité et Recyclage …  |

**Titre : Elaboration des Matériaux**

**Volume horaire 31.5 heures (Cours 21H TP 10.5 Crédit 2 coefficient 1 Semestre 4**

|  |  |
| --- | --- |
| **Chapitre 1***(3séances de cours, 1 séances de TP* **)** | **Techniques du vide*** Généralités sur le vide (utilité du vide, *relation vide-pression, différents types de vide, différentes unités du vide, ….)*
* Technologie du vide (matériaux utilisés pour les vides et les joints, soudure et assemblage, nettoyage et manipulation des enceintes de vide, ….)
* Différents types de pompes (*pompe à membrane, pompe à palette, pompe a adsorption, pompe à diffusion, pompe ionique, pompe cryogénique, pompe turbomoléculaire*)
* Différents types de jauges (*jauge de Pirani, jauge de Penning, jauge capacitif, …..)*
 |
| **Chapitre 2***(2 séances de cours)* | **Bases de l’élaboration des matériaux*** Matière premières, précurseurs et notions sur la pureté et la purification
* Réactivité, solubilité et phénomène de ségrégation
* Importance des diagrammes de phase et des diagrammes binaires, ternaires,…dans l’élaboration
* Effet de la température sur la nucléation, la coalescence et l’adhérence
 |
| **Chapitre 3***(4séances de cours, 2séances de TP)* | **Elaboration des matériaux massifs*** Méthode Bridgman et ses dérivées
* Méthode Czochalski et ses dérivées
* Méthode de la zone fondue et son application dans la purification
* Méthode de la réaction à l’état solide
* Méthode sol gel
* Coprécipitation
* Méthode de la réaction à l’état liquide
* Méthode mécanosynthèse
* ………
 |
| **Chapitre 4***(4séances de cours, 2 séances de TP)* | **Elaboration des matériaux en couche minces*** Evaporation (par effet Joule, canon à électrons, …)
* Méthode de pulvérisation
* Epitaxie par jet moléculaire
* Dépôt chimique en phase vapeur et ses différentes variantes
* Dip coating et spin coating
* electrodéposition
* ……..
 |

**Titre du Module : Concepts Quantiques,**

**Volume horaire : 42 heures (21 h : Cours, 21 h : TD) Crédits : 3 Coefficient 1.5 Semestre 4**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Chapitre 1** | **Introduction aux phénomènes quantiques*** Rappels sur la physique classique
* Rayonnement du corps noir, Effet photoélectrique,
* Quantification de l’énergie des atomes : Spectres atomiques, modèle de Bohr. Expérience de Franck et Hertz.
* Aspect corpusculaire du rayonnement : Effet Compton. Notion de photon
* Constante de Planck, action et ordres de grandeur.
 |  |
| **Chapitre 2** |  **Les particules quantiques :** dualité onde-corpuscule* Expériences des fentes d’Young et ses paradoxes :

 avec une onde lumineuse  avec des projectiles  avec des particules quantiques* Relations onde-particule, longueur d’onde de de Broglie,
* Expériences d’interférométrie avec des ondes de matière (Davisson et Germer, interférométrie atomique, …)
* Particule libre, onde plane, paquet d’ondes, Inégalités de Heisenberg, vitesse de groupe, vitesse de phase, Quelques applications
* Intrication quantique « cryptographie quantique »
 |  |
| **Chapitre 3** |  **Equation de Schrödinger*** ~~E~~quation de Schrödinger
* Puits de potentiel infini, confinement et quantification de l’énergie,
* Traversée d’une barrière de potentiel, effet Tunnel.
* Applications : puits quantiques microscope électronique, radioactivité, …
 |  |
| **Chapitre 4** | **Atome d’hydrogène*** Le modèle de Bohr et ses limites
* Equation de Schrödinger
* Séparation des variables
* Fonctions d’onde et orbitales atomiques
* Spectre énergétique
* Absorption et émission de rayonnement
 |
| **Chapitre 5** |  **Oscillateur harmonique / rayonnement du corps noir*** Rappels sur l'oscillateur harmonique en mécanique classique
* Equation de Schrödinger
* Energies propres et fonctions d’onde à une dimension
* Oscillateur harmonique à trois dimensions
* Application : rayonnement du corps noir
* Eléments de physique statistique (densité d’états, facteur de Botzmann,…)
* Equilibre entre radiation et matière
* Modes de la radiation en cavité
* Energie moyenne d’un oscillateur harmonique à l’équilibre thermique.
* Loi de Planck. Loi de Stéfan.

**7**  |

## Titre du Module : Cristallographie

**Volume horaire: 42heures Cours: 21 h TD: 21h Crédits : 3 Coefficient : 1.5 Semestre 4**

|  |  |
| --- | --- |
| **Chapitre 1** | **Titre : Réseau direct** * Repères cristallographiques,
* Analyse vectorielle,(TD)
* Mailles (1D, 2D, 3D) ; multiplicité
* Rangée, plan réticulaire, équation de zone
* Changements de bases
 |
| **Chapitre 2** | **Titre : Réseau réciproque*** Définition et propriétés,
* Exemples
* Relation entre réseau direct et réseau réciproque, application aux calculs des distances inter-réticulaires
 |
| **Chapitre 3** | **Titre : Symétrie des réseaux cristallins*** Propriétés de symétrie ponctuelle
* Différents éléments de symétrie (notation de Hermann Mauguin et Schönflies)
* Notions de groupes ponctuels, projection stéréographique
* Dénombrement des groupes ponctuels (classes cristallines)
* Introduction aux groupes d’espace (symétrie microscopique : axes hélicoïdaux et plans de glissement), tables internationales
 |
| **Chapitre 4** | **Titre : Les rayons X*** Production,
* Spectre d'une anticathode,
* Absorption des rayons X. (coefficient d’absorption massique et linéique, variation du coefficient d’absorption en fonction de la longueur d’onde du rayonnement et en fonction de numéro atomique, filtrage)
 |
| **Chapitre 5** | **Titre Diffusion cohérente des rayons X : diffraction*** Diffusion par un électron (facteur de Thomson),
* Diffusion par un atome (facteur de diffusion atomique),
* Diffusion par une maille (facteur de structure),
* Diffusion par un réseau périodique (pouvoir réflecteur).
* Application aux réseaux et notions de solution solides cubiques
 |

**MODULES DU SEMESTRE 5**

**Titre du Module : Propriétés Physiques de la Matière**

**Volume horaire : 42 heures (21 h : Cours, 21 h) Crédit 3 Coefficient 1.5 Semestre 5**

|  |  |
| --- | --- |
| **Chapitre 1** | **Les tenseurs**Introduction des tenseurs (milieu isotrope et milieu anisotrope) : Représentation effective des propriétésphysiques anisotropes par une méthode analytique matricielle Principes de Curie et de NeumannTenseur de rang 0, Tenseur de rang 1, Tenseur de rang 2 (axes principaux, et coefficient principaux)….Critère de tensorialité, réduction d’un tenseur par les éléments de symétrie cristalline, quadrique (forme et propriétés), intensité d’une propriété physique représentative d’un tenseur, détermination géométrique des axes et coefficient principaux (construction du cercle de Mohr), applications (tenseur conductivité, tenseur permittivité, tenseurs susceptibilités électrique et magnétique).Tenseurs métriques et applicationstenseur contrainte et tenseur déformation Tenseur de rang 3 : réduction par les éléments de symétrie ; notation contractée, application à la piézoélectricité, tenseur électro-optique……Tenseur de rang 4 : tenseur d’élasticité et de rigidité, loi de Hooke, notation contractée, réduction par les éléments de symétrie, application aux matériaux isotropes applications à d’autres tenseurs représentatifs d’une propriété physique. |
| **Chapitre2** | **Propriétés électriques de la matière**Rappels sur les notions de : Polarisation, permittivité diélectrique, susceptibilité électrique, champ électrique macroscopique, champ électrique local,Polarisabilité électronique, Polarisation ionique  Polarisabilité d'orientation, théorie de LangevinChamp local, Relation de Clausius MossottiNotion d’indice pour un diélectrique, dispersionFerroélectricité, piézoélectricité, pyroélectricité |
| **Chapitre 3** |  **Propriétés magnétiques de la matière**Rappels sur les notions de : moment magnétique et potentiel vecteur crée par un moment dipolaire , ….Milieux magnétiques : courant ampérien et moment magnétique orbital de l’électron, Etude macroscopique des milieux : Courants ampériens, équations de maxwell dans les milieux, relations constitutives pour les milieux linéaires (M = f (H), M = f (T)Etude microscopique des milieuxDiamagnétisme : modélisation simple de l’origine du phénomène (précession de Larmor), calcul de la susceptibilité magnétiqueParamagnétisme : introduction, théorie de Langevin, théorie quantique Champ local, Lois de Curie et de Curie Weiss, ferromagnétisme, ferrimagnétisme.., courbe de 1ère aimantation, hystérésis, perte par hystérésis et utilisation des matériaux ferromagnétiques |
| **Chapitre 4** | **Liaisons cristallines**Introduction Descriptions des liaisons cristallines : liaisons de Van der Waals-London, liaisons ioniques,liaisons covalentes,liaisons métalliquesrelation entre structure et liaisons dans un solide |

**Titre du module : Techniques de caractérisation**

**Volume horaire 35 h (Cours 21H, TP 14H) Crédit 3 Coefficient 1.5 Semestre 5**

|  |  |
| --- | --- |
| **Chapitre 1** |  **Caractérisations Morphologique et structural des matériaux****-** Techniques d'analyse basées sur l'interaction particules-matière :- microscopie électronique à balayage, - microscopie électronique en transmission (MET)- spectroscopie en dispersion d'énergie des rayons X (EDS)- spectroscopie en dispersion de longueur d'ondes des rayons X (WDS)- spectroscopie en pertes d'énergie des électrons (EELS)- spectroscopie Auger- diffraction des électrons rétrodiffusés (EBSD)- spectroscopie de masse à ionisation secondaire (SIMS)* radiographie X
* spectrométrie de fluorescence X
* diffraction des rayons X,
* spectroscopie de photoémission de rayons X (ESCA).
 |
| **Chapitre 2** | **Caractérisation physique des surfaces :** approche thermodynamique (tension de surface et adhésion)* mesure des angles de contact
* évaluation des énergies de surface
* morphologie des surfaces

**Techniques avancées de la mesure de la rugosité aux niveaux micrométrique et nanométrique** * Profilométrie,
* Interférométrie optique,
* Microscopie à force atomique.
 |
| **Chapitre 3** |  **Techniques de characterizations mécaniques*** Introduction
* Principe
* Essais de traction, de dureté et de résilience des matériaux métalliques.
* Essais de fluage et de relaxation d'un matériau polymère
* Essais de flexion de matériaux céramiques et composites.
 |
| **Chapitre 4** | **Technique d’analyse thermique** 1 -Dilatomètrie:2-Analyse thermogravimétrique3- Analyse Thermique : ATD (Analyse Thermique Différentielle), ATG ([Analyse thermogravimétrique](https://fr.wikipedia.org/wiki/Analyse_thermogravim%C3%A9trique%22%20%5Co%20%22Analyse%20thermogravim%C3%A9trique))4- Analyse Calorimétrique DSC [(Calorimétrie différentielle à balayage)](https://fr.wikipedia.org/wiki/Calorim%C3%A9trie_diff%C3%A9rentielle_%C3%A0_balayage), DMA ('analyse mécanique dynamique)5- Mesure thermique |
| **Chapitre 5** | **Techniques d’analyse Optique**1. FTIR
2. RAMN
3. PL, PLE
4. Absorption UV-visible
5. RMN
 |

**Titre du module : Métallurgie**

**Volume horaire 42 h (Cours 21H, TD 21H) Crédit 3 Coefficient 1.5 Semestre 5**

 **Objectifs :**- Connaître les différents matériaux métalliques industriels, leurs structures, leurs propriétés et les procédés d'élaboration.

- Définir les différents traitements des métaux et savoir pratiquer un traitement thermique.

|  |  |
| --- | --- |
| **Chapitre 1** | **Nature des matériaux métalliques :** • Métaux dans le tableau périodique • Liaisons métalliques• Caractéristiques de l’état métallique |
| **Chapitre 2** |  **Elaboration et Structure des matériaux métalliques** • Elaboration des alliages ferreux • Elaboration des alliages non ferreux• Préparations métallographiques • Observations microscopiques • Solutions solides • Alliages et diagramme de phase : solutions solides, composés définis et diagrammes de phase• Transformation de phases : diffusion, transformation de phase |
| **Chapitre 4**  | **Défauts dans les solides :*** Classification géométrique des défauts :
* Défauts ponctuels, notion de lacunes, atomes interstitiels, impuretés substitutionnelle
* Défauts linéaires, bidimensionnels et tridimensionnels : dislocations, vecteur de Burger, dislocation coin, dislocation vis et coin, formation de dislocation coin, formation de dislocation vis, dislocation mixte, défauts planaires, défauts volumiques.
* Défauts et propriétés physiques : centres colorés dans les cristaux ioniques ;
 |
| **Chapitre 5** |  **Propriétés mécaniques des solides** • Élasticité, • Plasticité• Contrainte et de déformation • Essais mécaniques usuels (traction, flexion, dureté, fatigue, fluage) • Contrôle non destructif des structures métalliques (rayons X, ultrasons, émission acoustique, magnétoscopie)  |
| **Chapitre 6** |  **Propriétés physiques** **des métaux**: •Propriétés  Thermiques, • Propriétés Électriques, • Propriétés Électroniques•Propriétés Magnétiques |
| **Chapitre 7** |  **Diagrammes de phase :** • Analyse thermique, • Notions de thermodynamique des diagrammes, • Polymorphisme, • Diagrammes binaires ; • Diagramme fer-carbone • Diagrammes ternaires • Exploitations des diagrammes de phase |

Titre du Module : Métrologie

**Volume horaire 35 h (Cours 21H, TP 14H) Crédit 3 Coefficient 1.5 Semestre 5**

**Objectif.**

###### L’objectif essentiel du module est de :

###### Savoir analyser, interpréter, présenter un résultat de mesure sous la forme : valeur numérique, unité, incertitude ;

###### Apprendre à évaluer l’influence des principales étapes d’un procédé de mesure d’une grandeur physique sur les performances de l’instrument ;

###### Des réponses concrètes aux problèmes posés par l’estimation des incertitudes liées aux opérations d’étalonnage

**Détails du module cours « Métrologie ».**

|  |  |
| --- | --- |
| **Chapitre 1** | Titre: Grandeurs physiques * Grandeur Mesurable et Grandeur repérable ;
* Systèmes d’unités ; Invariance d’une grandeur ;
* Equation aux unités ; Equation aux dimensions ;
 |
| **Chapitre 2** |  **Titre : Notions d’erreurs, Correction et Incertitude**Erreur aléatoire ; Erreur systématique ; Correction ;* Incertitude : incertitude évaluée par des méthodes de type A et de type B.
 |
| **Chapitre 3** | **Titre : Incertitudes de mesure**Loi de combinaison des variances pour une grandeur propagée linéairement ;* Présentation des résultats de mesure de cas concrets.
 |
| **Chapitre 4** | **Titre: Estimateurs*** Estimation de l’Espérance Mathématique : Valeur moyenne ;
* Estimation de la variance et Ecart type Expérimental ;
* Loi de propagation des incertitudes.
* Covariance et coefficient de corrélation linéaire ;
 |
| **Chapitre 5** | **Titre : Expression du résultat final d’une mesure*** Loi de propagation généralisée des incertitudes ;
* Démarche structurée l’estimation d’une incertitude de mesure ;
* Les différentes lois de probabilité : loi Uniforme, loi Normale, loi Dérivée-Arcsinus, loi Triangulaire ;
* Applications aux différents mesurandes : longueur, résistance électrique, force mécanique, température, courant électrique,…etc.
 |
| **Chapitre 6** | **Titre : Tests statistiques** * Tests statistiques, tests paramétriques et non paramétriques, théorème de la limite centrale,
* Intervalle de confiance pour l’espérance mathématique, intervalle de confiance pour la variance.
 |
| **Chapitre 7** | **Titre : Méthodes des Moindres Carrés** * Théorème de Gauss,
* Estimation par la méthode des moindres carrés de la pente et de l’ordonnée à l’origine d’une droite,
* Estimation des variances sur la pente et l’ordonnée à l’origine,
* Estimation de la covariance sur la pente et l’ordonnée à l’origine.
 |
| **Travaux Pratiques****associés** |  **Détails du module de Travaux Pratiques « Métrologie » :**L’étudiant est appelé pendant la séance des travaux pratiques à maîtriser les différentes techniques d’étalonnage des différents dispositifs de mesure tout en définissant les corrections et les incertitudes associées : * Etalonnage de capteurs de mesure de température,
* Etalonnage des balances de pesage,
* Etalonnage des pieds à coulisse et des micromètres,
* Etalonnage des multimètres :
* en tension continue et alternative,
* en courant continu et alternatif
* en résistance électrique.
* Etalonnage et caractérisation des débitmètres, etc.
 |

Titre du Module : Propriétés mécaniques des matériaux :

 Crédits : 3 Volume horaire : 49 heures (21 h : Cours, 14 h : TD et 14 h TP) Coefficient : 1.5 Semestre 3

**Objectifs de l’enseignement :**

Connaitre les diverses propriétés des matériaux et leur importance dans leurs transformations et leurs utilisations.

-Connaitre certaines techniques de mesure des propriétés des matériaux.

Connaissances préalables recommandées : Résistance des matériaux, Matériaux métalliques, Matériaux non métalliques : verres, céramiques et plastiques .

|  |  |
| --- | --- |
| **Chapitre 1** |  **Titre : sollicitations uni-axiales des matériaux*** Essai de traction-compression
* Essai de flexion
* Essai de torsion
 |
| **Chapitre 2** | **Titre : Essais de dureté et de résilience*** Principe de l’essai de dureté
* Différents types des essais de dureté
* Essai de résilience
 |
| **Chapitre 3** | **Titre : Différents type de sollicitations mécaniques*** Les essais monotones
* Les essais cycliques
 |
| **Chapitre 4** |  **Titre : Essai de fatigue*** Endurance et limite d’endurance
* Courbe de Wohler
* Diagramme de Haigh
 |

|  |  |
| --- | --- |
| **Chapitre 5** |  **Titre :** Elasticité et viscoélasticité des matériaux* Elasticité linéaire
* Viscoélasticité linéaire
* Plasticité et viscoplasticité
* Limite d’élasticité
* Anisotropie
 |
| **Chapitre 6** | **Titre : Mécanismes d’endommagement des matériaux** * Endommagement localisé
* Endommagement diffus
* Les essais de fissuration
 |
| **Chapitre 7** | **Titre : Modélisation du comportement mécanique*** Contrainte équivalente
* Variables d’écrouissage
* Comportement élastoplastique
* Comportement élastoviscoplastique
 |

Titre du Module : **Thermodynamique avancée**

Volume horaire : 49 heures (21 h : Cours, 14 h : TD et 14 h TP) Coefficient : 1.5 Crédits : 3 Semestre 5

|  |  |
| --- | --- |
| **Chapitre 1** | **Titre : Changements d’état d’un Corps Pur*** Équilibre liquide-vapeur
* Saturation et point critique
* Composition d’un mélange liquide-vapeur à l’équilibre
* Vaporisation
* Diagramme des phases*,* Point triple
* Chaleurs latentes de changement de phase
* Formules de Clapeyron
 |
| **Chapitre 2** | **Titre : Diagramme Psychrométrique*** Air humide: humidité absolue, humidité relative, température sèche ou du bulbe sec, température humide, température de rosée, enthalpie massique, pression partielle, pression de vapeur sèche, pression de vapeur saturante, mesure de la température sèche et humide: Psychromètre
* chauffage de l'air, refroidissement de l'air, refroidissement et déshumidification de l'air, humidification par vapeur
* Application: Centrale de traitement d’air
 |
| **Chapitre 3** | **Titre : Les moteurs thermiques*** **Combustion: combustible, différents types de combustion, rendement dune combustion**
* Généralités sur les moteurs thermiques
* Moteurs à combustion interne (moteurs alternatifs, les turbines à Gaz qui seront vues en dernier chapitre)
* Moteurs à combustion externe (Moteur à vapeur, moteur Stirling)
* Moteurs à combustion interne à allumage commandé (moteur à essence)
* Moteurs à combustion interne à allumage par compression (moteur Diesel)
* Principe de fonctionnement et étude thermodynamique d’un moteur à combustion interne à allumage commandé 4 temps et 2 temps
* Principe de fonctionnement et étude thermodynamique d’un moteur à combustion interne à allumage par compression 4 temps
* Caractéristiques des moteurs thermiques
* Rapport volumétrique de compression
* Vitesse moyenne du piston
* Puissance, puissance fiscale
* Rendement thermodynamique
* Nature du combustible
* Différents types de combustions et rendements d’une combustion
* La suralimentation (moteurs Hdi et Sdi)
 |
| **Chapitre 4** | **Titre : Les machines frigorifiques*** Généralités sur les machines frigorifiques

 - Production et application industrielle du froid - Les fluides frigorigènes - Cycle de Carnot d’une machine frigorifique - Coefficients de performance et rendement d’une MF* Les diagrammes frigorifiques

 - Diagramme de Clapeyron P-V - Diagramme T-S - Diagramme enthalpique P-h (diagramme des frigoristes), ln(P)-h (diagramme des frigoristes tronqué) - Diagramme de Mollier h-s - Diagramme Entropique T-S* Machines frigorifiques a compression simple

 - Principe de fonctionnement - Cycle frigorifique correspondant (Dans le diagramme T-S et dans ln(P)-h) - Bilan thermique du cycle - Applications industrielles* Machines frigorifiques a compression étagée

 - Principe de la compression bi-étagée - Cycle frigorifique correspondant (Dans le diagramme T-S et dans ln(P)-h) - Machine a injection partielle - Machine a injection totale - Applications industrielles |
| **Chapitre 5** | **Titre : Les Centrales thermiques*** La vapeur d’eau
* Principe de fonctionnement d’une centrale thermique
* Le générateur de vapeur
* La turbine à vapeur
* Le condenseur
* Le cycle combiné
* **La turbine à Gaz**
 |

**MODULES DU SEMESTRE 6**

**Titre du Module : Semiconducteurs et composants (Electronique Analogique)**

**Volume horaire : 45.5 heures (21 h : Cours, 14 h : TD, 10.5h TP) Crédits : 3 Coefficient : 1.5 Semestre: S 6**

|  |  |
| --- | --- |
| **Chapitre1**  | **INTRODUCTION A LA PHYSIQUE DU SEMICONDUCTEUR** I Bandes d’énergie II Porteurs de charge III Semi-conducteur extrinsèque  semi-conducteur de type n, semiconducteur de type p, position du niveau de Fermi – Diagrammes d’énergie **IV Génération –recombinaison – Durée de vie des porteurs**  Génération-recombinaison thermique, Génération-lumineuse, niveaux pièges dans un semi-conducteur Résultats de la théorie simplifiée de Schockley-Read-Hall  |
| **Chapitre 2** | **Diodes à jonction et circuits à diode*** Diode à jonction PN (structure et principe de fonctionnement , effet de la polarisation en direct et en inverse, caractéristiques courant-tension, différents types de diodes)
* point de fonctionnement (en régime statique et dynamique)
* Schéma électrique équivalent (diode idéale et réelle en régime de forts signaux, diode en régime de petits signaux)

circuits à diodes (circuits écrêteurs, circuits de redressement et filtrage, circuits de stabilisation, circuits de détection) |
| **Chapitre 3** | **Les transistors*** transistor bipolaire (structure et symbole, principe de fonctionnement, caractéristiques statiques, circuits de polarisation)
* le transistor en régime dynamique (les trois régimes de fonctionnement des transistors, les différents montages émetteur commun, base commune et collecteur commun)
* transistors à effet de champ (structure, symbole, principe de fonctionnement, réseaux de caractéristiques statiques, circuits de polarisation)
* le transistor en hautes fréquences (Schéma équivalent)
 |
| **Chapitre 4** | **Amplificateurs à transistors*** émetteur commun
* collecteur commun
* base commune
 |
| **Chapitre 5** | **L'amplificateur opérationnel*** description de l'amplificateur opérationnel (circuit intégré, symbole, caractéristiques, fonction de transfert, amplificateurs opérationnel idéal) Adaptation d'impédance.
* Applications (circuits suiveurs, inverseurs, amplificateurs, additionneurs, intégrateur, différentiateur, fonctionnel, comparateur,......)
 |
| **Chapitre 6** | **Filtres et oscillateurs*** caractéristiques des filtres actifs (**fonction de transfert, type, ordre de filtre**)
* oscillateur à base de transistors et à base d’amplificateur opérationnel (à oscillateur Colpitts, Pont de Wien , oscillateur à réseau déphaseur)
 |

**Titre du Module : Electronique numérique**

**Volume horaire : 45.5 heures (21 h : Cours, 14 h : TD, 10.5h TP) Crédits : 3 Coefficient : 1.5 Semestre: S 6**

|  |  |
| --- | --- |
| **Chapitre 1** | **Systèmes de numération**- Le système décimal- Le système binaire- Le système octal- Le système hexadécimal- Conversion d’un système de numération à un autre : - *De la base B vers la base 10* *- De la base 10 vers la base B* *- De la base 2n vers la base 2*Les codes binaires : code BCD, code majoré de 3, code de GrayConversion binaire → Gray ; Conversion Gray → binaire  |
| **Chapitre 2** | **Les opérations binaires**- Addition de deux entiers positifs- Représentation des nombres entiers signés : Notation en complément à 1, Notation en complément à 2- Addition en complément à 2- Soustraction: complément à 2- Multiplication de nombres binaires- Multiplication en complément à 2- Division binaire |
| **Chapitre 3** | **La logique combinatoire**- Variable logique, Notion d'opérateur logique, table de vérité- Opération d'ordre 1 : fonction d'une variable : Porte NON- Opération d'ordre 2 : fonction à deux variables : Porte ET, OU- Propriétés des opérations logiques élémentaires : *Théorème d'idempotence*, *théorème des constantes*, *théorème de complémentation, théorème de commutativité*, *théorème de distributivité* , *théorème d'associativité* , *relation d'absorption*, *théorème de consensus* - Opérateurs complets: théorème de Morgan, fonctions NAND, fonctions NOR- Systèmes combinatoires universels: formes canoniques: mintermes, maxtermes, fonction logique universelle, fonction OU-EXCLUSIF, *théorème d'associativité,* fonction majorité |
| **Chapitre 4** | **Représentation et simplification des fonctions logiques**Diagramme de Karnaugh, Simplification des fonctions logiques, Minimisation des fonctions logiques par le diagramme de Karnaugh, Cas des fonctions contenant des termes indifférents : fonctions incomplément définies |
| **Chapitre 5** | **Applications simples de la logique combinatoire** Aiguilleurs, démultiplexeur, décodeur, multiplexeur, encodeur de priorité, circuits arithmétiques: demi-additionneur-aditionnaire, mémoires Réalisation d’une fonction logique combinatoire |
| **Chapitre 6** | **LOGIQUE SEQUENTIELLE****LES BASCULES**  - Circuits logiques séquentiels : circuits séquentiels asynchrones, circuits séquentiels synchrones- Les bascules :bascule RS (RSH), bascule à verrouillage (D-latch), bascules maître-esclave, bascule JK, bascule D synchrone bascule T.  |

**Titre du module : Traitements des Surfaces et Corrosion**

**Volume horaire : 45.5 heures (21 h : Cours, 14 h : TD, 10.5 TP) Crédits : 3 Coefficient : 1.5 Semestre: S 6**

**Partie A : Traitement des surfaces**

Objectifs

* Ce cours vise à apprendre aux étudiants la notion de traitement de surface
* Décrire les différentes filières de traitements et revêtements de surface à partir des propriétés fonctionnelles améliorées en s’appuyant sur de nombreux exemples industriels.
* L’amélioration de ces propriétés est directement fonction de la qualité des dépôts ou des couches superficielles modifiées par le traitement et les différents moyens de contrôle destructifs et non destructifs seront évoqués.

|  |  |
| --- | --- |
| **Chapitre 1** |  **DEFINITION ET CRITERES FONCTIONNELS DES SURFACES**Définition et critères fonctionnels des surface Propriétés des surfaces**PREPARATION DES SURFACES**1. La propreté de surface
2. L’opération de dégraissage
3. L’opération de décapage
4. L’opération de polissage
 |
|  |
| **Chapitre 2** | **REVÊTEMENTS PAR VOIE HUMIDE**1. Dépôt électrolytique ou électrodéposition
2. Dépôt chimique en phase liquide
3. Dépôts par immersion dans des métaux fondus
4. Formation et croissance de germes
 |
| **Chapitre 3** |  **REVÊTEMENTS PAR VOIE SÈCHE**1. Dépôts par projection thermique
2. Dépôt chimique en phase vapeur (CVD)
3. L'évaporation sous vide
4. La pulvérisation cathodique
5. La déposition ionique
 |
| **Chapitre 4** |  **CONTROLES DES REVETEMENTS DE SURFACE**1. Contrôle analytique
2. Contrôle topographique et géométrique
3. Contrôle mécanique
4. Contrôle de l’épaisseur et de l’adhérence
5. Contrôle de la ductilité et de la porosité
 |

**Partie B Corrosion**

**Objectifs**

# Fournir les notions de base nécessaires à une bonne compréhension des phénomènes de corrosion, soit dans le cadre de leur prise en compte lors de la conception d'une installation, soit dans le cas de l'analyse d'une situation existante

# Rappel des notions de thermodynamique et de cinétique électrochimique;

# L'étude des diverses formes de corrosion, des différentes méthodes de protection ainsi que quelques exemples d'application dans des domaines industriels

|  |  |
| --- | --- |
| **Chapitre 1** | **THERMODYNAMIQUE ELECTROCHIMIQUE** 1. Introduction
2. Notions d’oxydoréduction
3. : Loi de Nernst
4. Diagramme potentiel-pH
5. Propriétés redox de l’eau
6. Principe du tracé
7. Applications
 |
| **Chapitre 2** | **CINETIQUE ELECTROCHIMIQUE**1. Introduction
2. Cinétique des réactions électrochimiques
3. Courbes Intensité potential
 |
| **Chapitre 3** |  **LES DIFFERENTES FORMES DE CORROSION AQUEUSE ET LEURS MECANISMES**1. Introduction
2. Généralités
3. Les différents types de la corrosion
4. Aspect thermodynamique
5. Aspect Cinétique
6. Mécanismes de la corrosion
7. Protection contre la corrosion
 |

**Titre du module : Diffusion et Traitement Thermique**

**Volume horaire : 45.5 heures (21 h : Cours, 14 h : TD, 10.5h TP) Crédits : 3 Coefficient : 1.5 Semestre: S 6**

|  |  |
| --- | --- |
| **Chapitre 1**  | **La diffusion thermique**1. Les différents modes de transfert thermique

La conduction, la convection et le rayonnement1. La diffusion thermique
* Champ de température
* Le gradient de température
* Le flux thermique
* La loi de fourrier : conductivité thermique
1. Equation de la diffusion thermique
* Conduction à une dimension sans terme de source
* Equation de diffusion thermique à trois dimensions
* Conduction avec terme de source
1. Bilan thermique
* Cas d’une symétrie cylindrique
* Cas d’une symétrie sphérique
1. Solution de l’équation de diffusion
* La résistance thermique
 |
| **Chapitre 2** | **TRAITEMENTS THERMIQUES DES ACIERS**1. Définitions et procédés des traitements thermiques 2. Transformations isothermes 3. Variation de la grosseur du grain d'austénite en fonction de la température 4. Gammes des traitements thermiques de l'acier 5. Défauts des traitements thermiques de l'acier 6. Traitements thermochimiques de l'acier 7. Principaux types de traitements thermochimiques de l'acier  8. Durcissement superficiel par écrouissage |
| **Chapitre 3** | **CLASSIFICATION DES ACIERS ET DES FONTES**1. Classification des aciers 2. Aciers à outils 3. Aciers et alliages spéciaux4. Classification des fontes |
| **Chapitre 4** |  **DESIGNATION NORMALISEE DES ACIERS ET DES FONTES** 1. Désignation des aciers 2. Désignation normalisée des fontes  |

**Titre du module : Choix des matériaux et CND**

**Volume horaire : 42 heures (21 h : Cours, 21h TP) Crédits : 3 Coefficient : 1.5 Semestre: S 6**

**Partie I : Choix des matériaux**

**Objectifs :** Choix sur les critères de performance sur les propriétés physiques des matériaux et aide au choix rationnel possible par la méthode des indices de performance.

|  |  |
| --- | --- |
| **Chapitre 1** |  **Titre : Généralités*** Sélection par les propriétés physique (Mécanique, électrique, thermique….)
* Indices de performance
* Méthode des indices de performance
* Définir les spécifications de conception:
* Objectif : qu’est ce qui doit être maximisé ou minimisé (volume, poids, coût)
* Contraintes : exigences essentielles qui doivent être satisfaites (rigidité, résistance, tenue à la corrosion, paramètre de mise en forme, etc.)
 |
| **Chapitre 2** |  **Exemple:** Choix de matériaux pour construire une poutre à un coût minimum * Indices de performance.
* Fiche d’un matériau : propriétés mécaniques, physiques chimiques
* Diagrammes d’Ahby
* Méthode des indices de performances
* Les Logiciels : Fuzzymat, CES GRANTA DESIGN, …
* Cartes de sélection
* Choix multicritères
* Multi astreintes : astreintes limitantes
* Multi objectifs : analyse de la valeur
 |

Partie II : Contrôles Non Destructifs : CND

OBJECTIFS D’APPRENTISSAGE

Apporter `a l’´etudiant les compétences nécessaires dans les contrôles non destructifs des pièces.

D´écrire les différentes méthodes de contrôles non destructifs, leurs réglementations ainsi que les défauts que ces méthodes permettent d’identifier. Réaliser des contrôles et expertiser des pièces réelles.

|  |  |
| --- | --- |
| **Chapitre 1** | • Méthodes de contrôle anciennes– Contrôle visuel– Ultrasons (découverts en 1883 par Galton) – Ressuage (pratiqué en 1930)– Magnétoscopie (principe attribué au major W H Hoke en 1922) - Courant de Foucault |
| **Chapitre 2** |  Méthodes de contrôle en évolution – Radiographiques : tomographie, radio numérique – Ultrasonores : multi-éléments, imagerie, TOFD, ondes guidées… |
| **Chapitre 3** |  Méthode de contrôle en émergence - Thermographie- Emission acoustique Classification- La thermographie Infrarouge- L’analyse vibratoire- Phased Array |

**Titre du module : CAO-DAO**

**Volume horaire : 28 heures (28 h : Cours intégré) Crédits : 3 Coefficient : 1.5 Semestre: S 6**

# Objectifs:

#  • Savoir modéliser une pièce de complexité moyenne • Savoir réaliser la mise en plan d'une pièce • Savoir réaliser un assemblage • Savoir réaliser la mise en plan d'un ensemble.

• Créez des dessins, des prototypes, des plans en utilisant la conception assistée par ordinateur (CAO). Ainsi, maîtrisez des logiciels tels que **Revit, AutoCAD, SketchUp et SOLIDWORKS.**

|  |  |
| --- | --- |
| **Chapitre 1** |  **Titre : Introductions aux logiciels de dessin et de conception*** Rappel des règles de tracé d’un plan
* Les avantages offerts par l’informatisation des plans
* Présentation des logiciels de dessin et de conception
* Les logiciels de dessin et de conception utilisés industriellement
 |
| **Chapitre 2** | **Titre : Interface du logiciel AUTOCAD*** Configuration d’un dessin et utilisation de la boite à outils
* Méthodes d’accès aux commandes
* Fonctionnement du menu curseur
 |
| **Chapitre 3** |  **Titre : Notions d’esquisse pour le logiciel AUTOCAD** * Les outils du dessin
* Les fonctions de modification et de création
* Les principaux objets graphiques
* Habillage et propriétés des objets
 |
| **Chapitre 4** |  **Titre : Dessiner en 3D avec AUTOCAD*** Les commandes 3D
* Création des objets 3D
* Mise en page des plans
 |
|  **Chapitre 5** |  **Titre : Notions d’esquisse pour le logiciel SOLIDWORKS** * Dessiner des esquisses en 2D
* Les fonctions de dessin en 2D
* Utiliser les commandes et fonctions avancées
* Utiliser la bibliothèque (Toolbox) pour créer des pièces standard
 |
| **Chapitre 6** | **Titre : passage de 2D à 3D*** Présentation des fonctions 3D
* Assemblage
* Mise en plan (dessins de définition et d’ensemble)
 |
| **Chapitre 7** | **Titre : Simulation numérique*** Simuler le fonctionnement de l’ensemble avec une animation
 |