**Licence de Physique**

**Mention Physique**

**Parcours :Physique Générale**

**Physique Numériqueet Physique des Matériaux**

**Semestre -1- volume horaire : 28h00**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **N°** | **Unitéd'enseignement (UE) / Compétences** | **Code de l'UE****(Fondamentale / Transversale / Optionnelle)** | **Elémentconstitutifd'UE (ECUE)** | **Volume des heures de formation présentielle (14 semaines)** | **Nombre de Créditsaccordés** | **Coefficients** | **Modalitéd’évaluation** |
| **Cours** | **TD** | **TP** | **Autres** | **ECUE** | **UE** | **ECUE** | **UE** | **Contrôlecontinu** | **Régime mixte** |
| **1** | **UE :Mathématiques 1** | **UEF110** | **UEF111** | **Algèbre** | **1,5** | **1,5** |  |  | **3** | **6** | **1,5** | **3** |  | **X** |
|  | **UEF112** | **Analyse** | **1,5** | **1,5** |  |  | **3** | **1,5** |
| **2** | **UE :Chimie** | **UEF120** | **UEF120** | **ChimieGénérale** | **1,5** | **1,5** | **1** |  | **4** | **4** | **2** | **2** |  | **X** |
|  |
| **3** | **UE : Physique 1** | **UEF130** | **UEF131** | **Mécanique 1** | **1,5** | **1,5** | **1** |  | **3** | **6** | **1.5** | **3** |  | **X** |
|  | **UEF132** | **Optiquegéométrique****& instruments** | **1,5** | **1,5** | **1** |  | **3** | **1..5** |
| **4** | **UE : Physique 2** | **UEF140** | **UEO140** | **Electrostatique** | **1,5** | **1,5** | **1** |  | **4** | **4** | **2** | **2** |  | **X** |
|  |
| **5** | **UE : Informatique 1** | **UEF150** | **UEF150** | **Algorithmique&programmation** | **1,5** |  | **1,5** |  | **4** | **4** | **2** | **2** | **X** |  |
|  |
| **6** | **UE :Unitétransversale** | **UET160** | **UT161****UT162** | **Technique de communication** |  |  |  | **1.5****1.5** | **3****3** | **6** | **1.5****1.5** | **3** | **X** |  |
| **2CN** |
| **TOTAL 28h00** |  |  | **10,5** | **9** | **5,5** | **3** | **30** | **30** | **15** | **15** |  |  |

**Semestre -2 volume horaire : 27h30**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **N°** | **Unitéd'enseignement (UE) / Compétences** | **Code de l'UE****(Fondamentale / Transversale / Optionnelle)** | **Elémentconstitutifd'UE (ECUE)** | **Volume des heures de formation présentielle (14 semaines)** | **Nombre de Créditsaccordés** | **Coefficients** | **Modalitéd’évaluation** |
| **Cours** | **TD** | **TP** | **Autres** | **ECUE** | **UE** | **ECUE** | **UE** | **Contrôlecontinu** | **Régime mixte** |
| **1** | **UE :Mathématiques 2** | **UEF210** | **UEF111** | **Algèbre 2** | **1,5** | **1,5** |  |  | **3** | **6** | **1,5** | **3** |  | **X** |
|  | **UEF112** | **Analyse 2** | **1,5** | **1,5** |  |  | **3** | **1,5** |
| **2** | **UE : Physique 3** | **UEF220** | **UEF120** | **Mécanique 2** | **1,5** | **1,5** | **1** |  | **4** | **4** | **2** | **2** |  | **X** |
|  |
| **3** | **UE : Physique 4** | **UEF330** | **UEF131** | **Magnétostatique&Phénomènesd’induction** | **1,5** | **1,5** | **1** |  | **3** | **6** | **1.5** | **3** |  | **X** |
|  | **UEF132** | **Electrocinétique& circuits électriques** | **1,5** | **1,5** | **1** |  | **3** | **1.5** |
| **4** | **UE :Chimie 2** | **UEF240** | **UEF141** | **Chimieinorganique&cinétique** | **1,5** | **1,5** | **1** |  | **4** | **4** | **2** | **2** |  | **X** |
|  | **UEF142** |
| **5** | **UE : Informatique 2** | **UEF250** | **UEF211** | **Programmation et interfaçage** | **1,5** |  | **1** |  | **4** | **4** | **2** | **2** | **X** |  |
|  | **UEF212** |
| **6** | **UE :UnitéTransversale** | **UET260** | **UET261****UET262** | **Technique de communication** |  |  |  | **1.5****1.5** | **3****3** | **6** | **1.5****1.5** | **3** | **X** |  |
| **2CN** |  |
| **TOTAL27.5 heures** | **Com :** |  | **10,5** | **9** | **5** | **3** | **30** | **30** | **15** | **15** |  |  |

**Semestre -3 volume horaire : 29h30**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **N°** | **Unitéd'enseignement (UE) / Compétences** | **Code de l'UE****(Fondamentale / Transversale / Optionnelle)** | **Elémentconstitutifd'UE (ECUE)** | **Volume des heures de formation présentielle(14 semaines)** | **Nombre de Créditsaccordés** | **Coefficients** | **Modalitéd’évaluation** |
| **Cours** | **TD** | **TP** | **Autres** | **ECUE** | **UE** | **ECUE** | **UE** | **Contrôlecontinu** | **Régime mixte** |
| **1** | **UE :Mathématiques 3 &Métrologie** | **UEF310** | **UEF311** | **Mathématiques 3** | **1,5** | **1,5** | **1** |  | **3** | **5** | **1,5** | **2,5** |  | **X** |
|  | **UEF312** | **Métrologie** | **1.5** |  |  | **2** | **1** |
| **2** | **UE : Mécanique des fluides & Thermodynamique** | **UEF320** | **UEF321** | **Mécanique des fluids** | **1,5** | **1,5** | **1** |  | **3** | **6** | **1,5** | **3** |  | **X** |
|  | **UEF322** | **Thermodynamique** | **1,5** | **1,5** | **3** | **1,5** |
| **3** | **UE : Electromagnétisme dans le vide & Electronique 1** | **UEF330** | **UEF331** | **Electromagnétisme dans le vide** | **1,5** | **1,5** | **1** |  | **3** | **6** | **1,5** | **3** |  | **X** |
|  | **UEF332** | **Electroniqueanalogique** | **1,5** | **1,5** |  | **3** | **1,5** |
| **4** | **UE :Activitéspratiques** | **UEF340** | **UEF340** | **Stage, prototypage, travail sur terrain, Projet Personnel ….** |  |  | **3** |  | **4** | **4** | **2** | **2** | **X** |  |
| **5** | **UE : Options de parcours** | **UEO350** | **UEO351** |  **Option de parcours** | **1,5** | **1,5** | **1** |  | **3** | **3** | **1,5** | **1,5** |  | **X** |
|  |
| **6** | **UE :Tranversale** | **UET360** | **UET361****UET362** | **Anglais** |  |  |  | **1.5****1.5** | **3****3** | **6** | **1.5****1.5** | **3** | **X** |  |
| **Culture d’entreprise** |
| **TOTAL 29h30** |  |  | **10,5** | **9** | **7** | **3** | **30** | **30** | **15** | **15** |  |  |

**Semestre - 4 volume horaire : 30h00**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **N°** | **Unitéd'enseignement (UE) / Compétences** | **Code de l'UE****(Fondamentale / Transversale / Optionnelle)** | **Elémentconstitutifd'UE (ECUE)** | **Volume des heures de formation présentielle(14 semaines)** | **Nombre de Créditsaccordés** | **Coefficients** | **Modalitéd’évaluation** |
| **Cours** | **TD** | **TP** | **Autres** | **ECUE** | **UE** | **ECUE** | **UE** | **Contrôlecontinu** | **Régime mixte** |
| **1** | **UE : Mathématiques 4 & Mécanique des solides** | **UEF410** | **UEF411** | **Mathématiques 4** | **1,5** | **1 ,5** |  |  | **3** | **6** | **1,5** | **3** |  | **X** |
|  | **UEF412** | **Mécanique des solides** | **1,5** | **1,5** | **3** | **1,5** |
| **2** | **UE : Electromagnétisme dans la matière & Electronique numérique** | **UEF420** | **UEF421** | **Electromagnétisme dans la matière** | **1,5** | **1,5** | **1** |  | **3** | **6** | **1,5** | **3** |  | **X** |
|  | **UEF422** | **Electroniquenumérique** | **1,5** | **1,5** | **1** |  | **3** | **1,5** |
| **3** | **UE : Physique des ondes, Relativité restreinte & Introduction à la physique quantique** | **UEF430** | **UEF431** | **Physique des Ondes** | **1,5** | **1,5** | **1** |  | **3** | **6** | **1,5** | **3** |  | **X** |
| **Introduction à la physique quantique & Relativité restreinte** |
|  | **UEF432** |  | **1,5** | **1,5** |  | **3** | **1,5** |
| **4** | **UE :Activitéspratiques** | **UEF440** | **UEF441** |

|  |
| --- |
| **Stage, prototypage, travail sur terrain, Projet Personnel….** |

 |  |  | **3** |  | **4** | **4** | **2** | **2** | **X** |  |
|  |
| **5** | **UE : Options de parcours** | **UEO450** | **UEO451** | **Option de parcours** | **1,5** | **1,5** |  |  | **4** | **4** | **2** | **2** |  | **X** |
|  |
| **6** | **UE :Unitétransversale** | **UET460** | **UET461****UET462** | **Anglais** |  |  |  | **1.5** | **2** | **4** | **1****1** | **2** | **X** |  |
| **Culture d’entreprise** | **1.5** | **2** |
| **TOTAL 30h00** | **10,5** | **10,5** | **6** | **3** | **30** | **30** | **15** | **15** |  |  |

**Semestre -5 volume horaire : 30h00**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **N°** | **Unitéd'enseignement (UE) / Compétences** | **Code de l'UE****(Fondamentale / Transversale / Optionnelle)** | **Elémentconstitutifd'UE (ECUE)** | **Volume des heures de formation présentielle(14 semaines)** | **Nombre de Créditsaccordés** | **Coefficients** | **Modalitéd’évaluation** |
| **Cours** | **TD** | **TP** | **Autres** | **ECUE** | **UE** | **ECUE** | **UE** | **Contrôlecontinu** | **Régime mixte** |
| **1** | **UE :Cristallographie&Optiqueondulatoire** | **UEF510** | **UEF511** | **Cristallographie** | **1,5** | **1,5** |  |  | **3** | **6** | **1,5** | **3** |  | **X** |
|  | **UEF512** | **Optiqueondulatoire** | **1,5** | **1,5** | **1** |  | **3** | **1,5** |  | **-x** |
| **2** | **UE : Méthodes mathématiques pour la physique & Physique numérique** | **UEF520** | **UEF521** | **Méthodes mathématiques pour la physique** | **1,5** | **1,5** |  |  | **3** | **6** | **1,5** | **3** |  | **X****X** |
|  | **UEF522** | **Physique numérique** | **1,5** | **1,5** | **1** | **3** | **1,5** |
| **3** | **UE : Mécanique Quantique et Physique statistique 1**  | **UEF530** | **UEF531** | **MécaniqueQuantique 1** | **1,5** | **1,5** |  |  | **3** | **6** | **1,5** | **3** |  | **X****X** |
|  | **UEF532** | **Physique Statistique 1** | **1,5** | **1,5** | **3** | **1,5** |
| **4** | **UE :Activitéspratiques** | **UEF540** | **UEF541** | **Stage, prototypage, travail sur terrain, Projet Personnel….** |  |  | **3** |  | **4** | **4** | **2** | **2** | **x** |  |
|  |
| **5** | **UE : Options de parcours** | **UEO550** | **UEO551** | **Option de parcours** | **1,5** | **1,5** | **1** |  | **4** | **4** | **2** | **2** |  | **X** |
|  |
| **6** | **UE :Unitétransversale** | **UET560** | **UET561****UET562** | **Anglais** |  |  |  | **1.5** | **2** | **4** | **2** | **2** | **X** |  |
| **Culture d’entreprise** | **1.5** | **2** |
| **TOTAL :30h00** |  |  | **10,5** | **10,5** | **6** | **3** | **30** | **30** | **15** | **15** |  |  |

**Semestre - 6 volume horaire : 27h00**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **N°** | **Unitéd'enseignement (UE) / Compétences** | **Code de l'UE****(Fondamentale / Transversale / Optionnelle)** | **Elémentconstitutifd'UE (ECUE)** | **Volume des heures de formation présentielle(14 semaines)** | **Nombre de Créditsaccordés** | **Coefficients** | **Modalitéd’évaluation** |
| **Cours** | **TD** | **TP** | **Autres** | **ECUE** | **UE** | **ECUE** | **UE** | **Contrôlecontinu** | **Régime mixte** |
| **1** | **UE :MécaniqueQuantique 2** | **UEF610** | **UEF611** | **Mécaniquequantique 2** | **1,5** | **1,5** |  |  | **4** | **4** | **2** | **2** |  | **X** |
|  |
| **2** | **UE : Physique statistique 2** | **UEF620** | **UEF621** | **Physique statistique 2**  | **1,5** | **1,5** |  |  | **4** | **4** | **2** | **2** |  | **X** |
|  |  |
| **3** | **UE : Physique Atomique et Moléculaire & Propriétés Physiques de la matière** | **UEF630** | **UEF631** | **Physique Atomique et Moléculaire** | **1,5** | **1,5** | **1** |  | **4** | **4** | **2** | **2** |  | **X** |
| **UE : Propriétés Physique de la matière** | **UEF640** | **UEF632** | **Propriétés Physiques de la matière** | **1,5** | **1,5** | **1** |  | **4** | **4** | **2** | **2** |  | **X** |
|  |  |  |  |  |  |  |
| **4** | **UE : Options de parcours** | **UE640** | **UEO651** | **Option deparcours1** | **1,5** | **1,5** | **1** |  | **4** | **7** | **2** | **3,5** |  | **X** |
|  | **UEO652** | **Option de parcours 2** | **1,5** | **1,5** |  | **3** | **1,5** |
| **5** | **UE :Activitéspratiques** | **UEF650** | **UEF651** | **Stage, prototypage, travail sur terrain, Projet Personnel…….,** |  |  | **6** |  | **7** | **7** | **3,5** | **3,5** | **X** |  |
| **TOTAL :27h00** |  |  | **9** | **9** | **9** |  | **30** | **30** | **15** | **15** |  |  |

**Présentation des programmes**

**Semestre 1**

Titre 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 Espacesvectoriels*** *sous-espaces,*
* *familleslibres,*
* *bases des espaces de dimensionfinie*
* *espacevectorieldefonctions*
 |

Titre du Module : Analyse 1

Volume horaire :42heures (21 h : Cours, 21 h : TD) Crédits :3 Coefficient: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*** Suitesarithmétiques,
* Suites géométriques et de Cauchy,
* Convergence,
* Critères deconvergenceQ 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, dérivéespartielles,
* Extrema,
* Formule de Taylor à l’ordre 2 etplus
* .
 |

Titre du Module : Mécanique 1

Volume horaire :56heures (21 h : Cours, 21 h : TD ; 14h TP ) Crédits :3 Coefficient:1.5 Semestre: S1

|  |  |
| --- | --- |
| **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 enparticulier)
 |
| **Chapitre 2** | **Titre :Cinématique du point matériel*** Notion de référentiel et de repérage d’un pointmatériel
* 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 etsphérique)
* DéfinitiondelabasedeSerret-Frenet:Notiond’abscissecurviligneetsasignification,expressiondelavitesseetdel’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 : Interprétationphysique
* Relation entre les vecteurs vitesse définis par rapport à deux référentiels différents : loi de composition des vitesses : Interprétationphysique
* 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 référentielgaliléen
* Approfondissement de la notion de référentiel galiléen : exemples de référentiels galiléens par rapport à unmouvement prédéfini
* Principe fondamental par rapport à un référentiel non galiléen : notion de forcesd’inertie
* Théorème du moment cinétique
* Notion de travail et de puissance d’une force par rapport à unréférentiel
* Notion de mouvement sansfrottements
* Théorèmes énergétiques : théorème de l’énergie cinétique, théorème de l’énergiemécanique
 |

Titre du Module : Optique géométrique

Volume horaire :56heures (21 h : Cours, 21 h : TD ; 14h TP) Crédits :3 Coefficient:1.5 Semestre: S1

|  |  |
| --- | --- |
| **Chapitre 1** | **Fondements de l'optiquegéométrique*** Notions sur les ondes, longueur d'onde, plans d'onde, indice de réfraction d'unmilieu
* Principe de propagation rectiligne de lalumière
* limite de validité de l'optiquegéométrique
* chemin optique et principe deFermat
* 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 deGauss
* notion destigmatisme
 |
| **Chapitre 3** | **Systèmes optiques à faces sphériques*** Miroirssphériques application au miroirs plans
* dioptressphériques et application aux dioptres plans
* Donner les formules de conjugaison dans l'approximation deGauss sans les établir
* lentillesminces
* formules de conjugaison et de grandissement d'une lentillemince
* constructiond'images
 |
| **Chapitre 4** |  Instrumentation* Loupe
* Oeil
* Telescope
* Microscope
 |

Titre du Module :Electrostatique

Volume horaire :56heures (21 h : Cours, 21 h : TD ; 14hTP) Crédits :4 Coefficient: 2 Semestre: S1

|  |
| --- |
|  |
| **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 : Chimie générale

Volume horaire :56heures (21 h : Cours, 21 h : TD ; 14h TP) Crédits :4 Coefficient: 2 Semestre: S1

|  |  |
| --- | --- |
| **Chapitre 1** | **Titre :Notions d’atomistique*** L'atome, le tableaupériodique
* rayonnement et excitation desatomes.
* Principes physiques du modèle deBohr,
* insuffisance du modèle classique et présentation du modèlequantique.
* Atomed'hydrogène et polyélectronique.
* Configuration électronique et remplissage des orbitales (principe Aufbau, règle de Hund, postulat dePauli).
 |
| **Chapitre 2** | **Titre: Introduction à la chimie des solutions*** Acides et bases en solutionaqueuse.
* Equilibresd’oxydo-réduction.
* Piles.
 |
| **Chapitre 3** | **Introduction à la Thermodynamique chimique*** Grandeursthermodynamiques
* Principes de lathermodynamique
* Application du premier et deuxième principe aux réactions chimiques:
* grandeurs de réaction, potentiel chimique principe d’évolution etd’équilibre
 |

Titre du Module :Algorithme et programmation

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

|  |  |
| --- | --- |
| **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*)
 |
| **Chapitre2***(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, .....*
 |
| **Chapitre3***(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
 |
| **Chapitre4***(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 :42heures (21 h : Cours, 21 h : TD) Crédits :3 Coefficient: 1.5 Semestre: S2

|  |  |
| --- | --- |
| **Chapitre 1** | **Titre :Fonctionsanalytiquesusuelles*** Fonctionexponentielle,
* Fonctionlogarithmique,
* Fonctionhyperbolique,
* Fonctionréciproque
* Etc
 |
| **Chapitre 2** | **Titre :Développementslimités** |
| **Chapitre 3** | **Titre : Primitives et integrals*** Introduction à la notion d'intégrale à l'aided'aire,
* théorèmefondamental del'analyse,
* calcul de primitives,
* intégration des fractionsrationnelles,
* techniques de calcul des primitives
 |
| **Chapitre 4** | **Titre : Notions sur les courbes paramétrées élémentaires et les courbes polaires** |
| **Chapitre 5** | **Titre :Equations différentielleslinéaires** |

Titre du Module : Algèbre 2

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

|  |  |
| --- | --- |
| **Chapitre 1** | **Titre: Applications linéaires,*** Homomorphisme,
* endomorphismes,
* matrices, changement de base
* Théorème du rang,déterminant.
 |
| **Chapitre 2** | **Titre :Diagonalisation des matrices.*** *Valeurspropres,*
* *vecteurspropres,*
* *matrices depassage*
 |
| **Chapitre 3** | **Titre :Systèmeslinéaires** |

Titre du Module : Mécanique 2

Volume horaire :56heures (21 h : Cours, 21 h : TD et 14h 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 deuxdimensions
* Applications
 |
| **Chapitre 2** | **Titre :Interaction de gravitation*** Loi d’attraction universelle, champ de potentiel de gravitation, énergie potentielle degravitation
* Application aux mouvements desplanètes
 |
| **Chapitre 3** | **Titre :Oscillateursharmoniques*** Description dumouvement
* Etudeénergétique
* Analogieélectromécanique
 |
| **Chapitre 4** | **Titre : Oscillations libres, amorties et forcées*** Mise enéquation etcaractéristiques
* Analogieélectromécanique
 |

Titre du Module:Magnétostatique et phénomènes d'induction

Volume horaire :56heures (21 h : Cours, 21 h : TD 14h TP ) Crédits :3 Coefficient:1.5 Semestre: S2

|  |  |
| --- | --- |
| **Chapitre 1** | **Titre: Courants et conducteurs*** Densité decourant
* Equation decontinuité,
* Loid’Ohm.
 |
| **Chapitre 2** | **Titre: Champ magnétique*** Loi de Biot etSavart,
* théorèmed’Ampère,
* calcul de champs magnétiques créés par des courantspermanents,
* potentielvecteur,
* équations locales de lamagnétostatique
 |
| **Chapitre 3** | **Titre: Phénomènesd’induction*** Phénomènes d’induction (circuit dans un champ magnétique variable et circuit mobile dans un champmagnétique permanent),
* force deLaplace,
* théorème deMaxwell,
* énergiemagnétique,
* application aux circuitscouples
 |

Titre du Module : Electrocinétique et circuits électriques

Volume horaire :56heures (21 h : Cours, 21 h : TD 14h TP ) Crédits :3 Coefficient:1.5 Semestre: S2

|  |  |
| --- | --- |
| **Chapitre 1** | **Titre : Les circuits électriques**Courant, tension: (Vecteur densité de courant, courant électrique, résistivité, lois d'Ohm, lois de Joule...) Les dipôlesélectriques (actifs, passifs....)* Point de fonctionnement Lois de Kirchoff (lois des nœuds, lois desmailles)
 |
| **Chapitre 2** | **Titre; Théorèmesgénéraux*** Théorème de Millemann, Théorème de superposition, Théorème Thèvenin, Théorème de Norton, ThéorèmeKennely.
 |
| **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 secondordre
 |
| **Chapitre 4** | **Titre; Régime Sinusoïdal*** Notion d'impédancecomplexe
* Propriétés et représentation ; Représentation des grandeurs sinusoïdales (Fresnel) ; Dipôles passifs en régime sinusoïdal (RLC) ; Puissance dissipée dans les dipôles passifs ; Adaptation d'impédance enpuissance
* 1 et 2 ordre Résonance, amortissement, facteur de qualité, facteur depuissance
 |
| **Chapitre 5** | **Titre; Quadripôleslinéaires*** Représentation matricielle des quadripôles (matrices impédance, admittance, hybride h et g, signification physiquesdes paramètres, schéma équivalents, quadripôles réciproque etsymétriques)
* Quadripôles en charge (impédance d'entrée et de sortie, gain en courant, tension et enpuissance)
* Association
 |
| **Chapitre 6** | **Titre; Filtrespassifs*** Etude de fonctions de transfert ( gain en dB, diagramme de Bode, fréquence de coupure)1 et 2ordre
* Applications (filtre passe haut,filtre passebas,.....)
 |

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

Volume horaire :56heures (21 h : Cours, 21 h : TD ; 14h TP) Crédits :4 Coefficient: 2 Semestre: S2

|  |  |
| --- | --- |
|  | **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 : 35 heures (21 h : Cours, 14 h : TP)Crédits : 4 Coefficient : 2 Semestre: S2**

|  |  |
| --- | --- |
| **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
 |
| **Chapitre2***(2 séances)* | **Introduction au Labview*** Présentation du logiciel et de ses fenêtres
* Ecriture de programmed’opérationsarithmétiques
* Structure conditionnelles et structure itératives
 |
| **Chapitre3***(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, ..
 |
| **Chapitre4***(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 : Mathématique 3

Volume horaire :42heures (21 h : Cours, 21 h : TD) Crédits :3 Coefficient:1.5 Semestre: S3

|  |  |
| --- | --- |
| **Chapitre 1** | **Sériesentières** |
| **Chapitre 2** | **Séries de Fourier** |
| **Chapitre 3** | **Fonctions à variable complexe** |
| **Chapitre 4** | **Fonctionsholomorphes*** Singularités,
* Théorème desrésidus,
* Applications au calcul desintégrales
 |

Titre du Module : Métrologie

Volume horaire :35 heures (21heures Cours et 1H TP) Crédits :2 Coefficient:1

**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.
 |
| **Remarque** | *Les contenus des travaux dirigés sont définis autour de la thématique « Mesure des grandeurs physiques » peuvent constituer les supports théoriques du module associé aux travaux pratiques.* |
| **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 : Thermodynamique

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

|  |  |
| --- | --- |
| **Chapitre 1** | **Titre: Langue thermodynamique*** La thermodynamique et ses repèreshistoriques
* Définitions
* Notion detempérature
* Thermomètres à gazparfait
 |
| **Chapitre 2** | **Titre: Théorie cinétique des gaz parfaits*** Introduction
* Hypothèse de la théoriecinétique
* Caractéristique de lavitesse
* Le gazparfait
* Interprétationcinétique de lapression
* Interprétationcinétique de latempérature
* Energie d’un gaz parfait monoatomique-énergieinterne
* Loi deDalton
* Généralisation à tous les gazparfaits
* Capacitéthermique
 |
| **Chapitre 3** | **Titre: Le premier principe de la thermodynamique*** Transformationsréversibles
* Travail
* Variables Intensives-VariablesExtensives
* Premier principe de lathermodynamique
* Energieinterne
* Notion dechaleur
* Autre formulation du premier principe : conservation del’énergie
* Coefficientscalorimétriques
* Application du premier principe au gazparfait
 |

|  |  |
| --- | --- |
| **Chapitre 4** | **Titre: Le deuxième principe de la thermodynamique*** Insuffisance du premier principe de lathermodynamique
* Importance du sens del’évolution
* Importance des sources dechaleur
* Transformation monotherme
* Transformations cycliquesdithermes
* Transformation cycliquepolytherme
* Entropie
 |
| **Chapitre 5** | **Titre: Conséquences des deux principes de la thermodynamique*** Méthodes générales de résolution des problèmes de lathermodynamique
* Relation fondamentale de lathermodynamique
* Fonctionsd’état
* Potentielchimique
* Relations deMaxwell
* Relations de Gibbs etd’Helmholtz
* Deuxième lois de Joule pour un gazparfait
* Lois de Joule appliquée au gazréel
 |
| **Chapitre 6** | **Titre: Changement d’état d’un corps pur*** Phases et changements dephases
* Diagrammed’équilibre
* Echanges thermiques lors du changement dephase
* Formule deClapeyron
* Capacité calorifique et entropie en un point de la courbe desaturation
* Surface caractéristique- étatfluide
* Propriété de la fonction de Gibbs dane changement dephase
 |
| **Chapitre 7** | **Titre: Troisième principe de la thermodynamique*** Insuffisance des deux premiersprincipes
* bases expérimentales du troisièmeprincipe
* Enoncé du troisièmeprincipe
* Conséquences du troisièmeprincipe
 |

Titre du Module : Mécanique des fluides

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

|  |  |
| --- | --- |
| **Chapitre 1** | **Titre :** Généralités sur la mécanique des fluides* Généralités sur lesfluides
* Propriétés desfluides
* Forces intervenant en mécanique desfluides
 |
| **Chapitre 2** | **Titre :**Statique des fluids* Lois générales de la statique desfluides
* Statique des fluidesincompressibles :Hydrostatique
* Statique des fluidescompressibles
 |
| **Chapitre 3** | **Titre :**Cinématique des Fluides* Particulefluide – Variablesd’étude
* Description du fluideenmouvement
* Dérivéeparticulaire
* Equation decontinuité
* Caractéristiques des écoulementsfluides
* Ecoulements irrotationnels - Potentiel devitesse
 |
| **Chapitre 4** | **Titre :** Dynamique des fluides parfaits incompressibles* Ecoulement desfluides
* Equation d’Euler – Relation deBernoulli
* Applications du théorème deBernoulli:Venturi
* Théorème de Bernoulli dans le cas des écoulementsinstationnaires
* Théorème de Bernoulli en présence d’unemachine
 |
| **Chapitre 5** | **Titre :** Dynamique des fluides visqueux incompressibles* Notion de fluide visqueux - Définition de laviscosité
* Equation fondamentale de la dynamique des fluides visqueux - Equation deNavier-Stokes
* Applications : Ecoulement de Poiseuille – Ecoulement de Couette.
* Classification des écoulements, écoulements laminaires et écoulementsturbulents
* Notion de perte decharge
* Pertes de charge le long d’une conduite cylindrique : Les pertes de charge régulières etsingulières
* Bilan énergétique d’un circuit hydraulique en présence de machines(pompes)
 |

Titre du Module : Electromagnétisme dans le vide

Volume horaire :42heures (21 h : Cours, 21 h : TD)Crédits :2 Coefficient:1 Semestre: S3

|  |  |
| --- | --- |
| **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 deMaxwell 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 dejauge
* Résolution des équations aux potentiels avec la jauge deLorentz
* Potentielélectromagnétiqueretardé
* Energieélectromagnétique
* Approximations des régimes quasi stationnaires
 |
| **Chapitre 2** | **Ondes Electromagnétiques dans le vide illimité*** Equations de Maxwell dans le vide et loin des sources (en l’absence de charges et de courants)
* Equation d’onde
* Résolution de l'équationd'onde : onde plane, onde sphérique
* Ondes électromagnétiques planes progressives monochromatiques (spectreélectromagnétique), Notation complexe
* Energie électromagnétique (Bilan énergétique, Vecteur de Poynting)
* Polarisation d’une onde plane progressiveharmonique
 |

|  |  |
| --- | --- |
| **Chapitre 3** | **Superposition d’ondes électromagnétiques dans le vide:*** Ondes se propageant en sens inverse (onde stationnaire) : réflexion des ondes électromagnétiques sur un conducteurparfait, courants superficiels, pression de radiation
* Ondes progressives de même fréquence (phénomène d’interférences)
* Ondes progressives de fréquences voisines (vitesse degroupe)
* Paquetd’ondes
* Propagation d’une onde dans un vide limité dans l’espace (conditions aux limites, propagation guidée)
 |

|  |  |
| --- | --- |
| **Chapitre 4** | **Production d’une onde EM, Rayonnement d'un dipôle oscillant*** Dipôle électrique oscillant
* Expressions des champs du rayonnement électromagnétique à grandedistance (Structure de l'onde rayonnée, puissancerayonnée, diagramme de rayonnement)
* Interaction atome-onde EM (Modèle de l’électron élastiquement lié), Diffusion deRayleigh
* Dipôle magnétique oscillant
* Applications: Antennes
 |

Titre du Module:Electronique analogique

Volume horaire :56heures (21 h : Cours, 21 h : TD) Crédits :3 Coefficient:1.5 Semestre: S3

|  |  |
| --- | --- |
| **Chapitre 1** | **Diodes à jonction et circuits à diode*** Notions élémentaires sur les semiconducteurs (différents types dedopage,.....)
* Diode à jonction PN (structureet principe de fonctionnement , effet dela polarisation en direct et en inverse, caractéristiques courant-tension, différents types dediodes)
* point de fonctionnement (en régime statique etdynamique)
* Schéma électrique équivalent (diode idéale et réelle en régime de forts signaux, diode en régime de petitssignaux)
* circuits à diodes (circuits écrêteurs, circuits de redressement et filtrage, circuits de stabilisation, circuits dedétection)
 |
| **Chapitre 2** | **Les transistors*** transistor bipolaire (structure et symbole, principe de fonctionnement, caractéristiques statiques, circuits depolarisation)
* le transistor en régime dynamique (les trois régimes de fonctionnement des transistors, les différents montages émetteur commun, base commune et collecteurcommun)
* transistors à effet de champ (jfetmosfet)(structure, symbole, principe de fonctionnement, réseaux de caractéristiques statiques, circuits depolarisation)
* le transistor en hautes fréquences (Schémaéquivalent)
 |
| **Chapitre 3** | **Amplificateurs à transistors*** émetteurcommun
* collecteurcommun
* basecommune
 |
| **Chapitre 3** | **L'amplificateuropérationnel*** 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 4** | **Filtres et oscillateurs*** caractéristiques des filtres actifs (**fonction de transfert, type, ordre defiltre**)
* oscillateur à base de transistors et à base d 'amplificateur opérationnel (à oscillateur Colpitts, Pont de Wien , oscillateur à réseaudéphaseur)
 |

Titre du Module Activité Pratique

Volume horaire :42heures Crédits :4 Coefficient:2 Semestre: S3

Semestre 4

Titre du Module : Mathématiques :

Volume horaire :42heures (21 h : Cours, 21 h : TD) Crédits :3 Coefficient:1.5 Semestre: S4

|  |  |
| --- | --- |
| **Chapitre 1** | **Titre : Forme linéaire et dualité** * Formeslinéaires, espace dual
* Hyperplans .
* Base duale
* Bidual d’un espacevectoriel
 |
| **Chapitre 2** | **Titre: Algèbrebilinéairemultilinéaire*** Forme bilinéaire produit scalaire, produit vectoriel déterminant d'ordre 2,changement de base
* Forme trililéairemultiliaire:    Formes trilinéaires et déterminant d'ordre 3,déterminant mineur

[inversion d'une matrice](http://serge.mehl.free.fr/anx/formesMulti.html#cas2) |
| **Chapitre 3** | **Titre : Espace Euclidien et Hermtien :*** Définition,
* Orthogonalité et base orthonormale ,

 Projection orthogonale , symétrie orthogonaleMineur et principaux , matrice orthogonale, Adjoint d’un endomorphisme ,Automorphisme orthogonaux matrice orthogonale (notion de matrice autoadjointe) |
| **Chapitre 4** | **Titre : Forme quadratique :** * Définition, espace quadratique,
* Représentation matricielle, représentation polynomiale,
* Morphisme, domaine, dimension,
* Forme quadratique régulière ou dégénérée,
* Déterminant d’une forme quadratique
* Automorphisme, diagonalisation des formes quadratiques…
 |
| **Chapitre 5** |  **Réduction des endomorphismes symétriques et orthogonaux** |

Titre du Module : Mécanique des Solides

Volume horaire :42heures (21 h : Cours, 21 h : TD) Crédits :3 Coefficient:1.5 Semestre: S4

|  |  |
| --- | --- |
| **Chapitre 1** | **Titre : Notions sur les torseurs*** Applications antisymétriques, Champsantisymétriques
* Vecteursglissants
* Torseurs: Définition, propriétés, somme de deux torseurs, multiplication par un scalaire, invariant scalaire, égalité de deuxtorseurs,produitdedeuxtorseurs,axecentrald’untorseur,dérivéed’untorseur,réductiond’untorseur,

décomposition d’un torseur. |
| **Chapitre 2** | **Titre :Cinématique du Solide*** Champ des vitesses, Torseurcinématique
* Champ des accélérations
* Mouvement de translation d’unsolide
* Mouvement de rotation d’un solide autour d’unaxe
* Mouvementhélicoïdal
* Mouvement général d’un solide, les anglesd’Euler
* Lois de composition desmouvements
* Roulement et glissement de deux solides en contact ponctuel, condition de roulement sansglissement.
 |
| **Chapitre 3** | **Titre :Cinétique du Solide*** Torseurcinétiqueabsolu
* Centre d’inertie d’un solide, théorèmes deGuldin
* Repèrebarycentrique, Théorème deKoenig
* Relation entre le moment cinétique et le vecteur rotationinstantanée
* Opérateur d’inertie: Moments d’inertie par rapport à: un point, un axe et un plan, théorèmes de Huygens, rayon de giration
* Tenseur d’inertie, Moments et axes principauxd’inertie
* Relation entre la matrice d’inertie en O et le moment d’inertie par rapport à unaxe.
 |
| **Chapitre 4** | **Titre :Dynamique du Solide*** Torseurdynamique
* Principe fondamental de la dynamique: dans des référentiels galiléen et nongaliléen
* Travail, puissance, énergies cinétique etpotentielle
* Théorèmes généraux: théorème de l’énergie cinétique, théorème de l’énergie mécanique, théorème du moment cinétique, Notion d’intégralepremière
* Relation entre le moment dynamique et le momentcinétique
* Relation entre l’énergie cinétique et la vitesse de rotationinstantanée.
 |

Titre du Module : Electromagnétisme dans la matière

Volume horaire :56 heures (21h : Cours, 21 h : TD 14h TP) Crédits :3 Coefficient:1.5 Semestre: S4

|  |  |
| --- | --- |
| **Chapitre 1** | **Titre: Milieux diélectriques et polarisation en régime statique*** Description macroscopique d'un milieudiélectrique
* Vecteur polarisation, charges et courants depolarisation, vecteur induction électrique 𝐷⃗
* Permittivité et susceptibilité électrique dans les milieux linéaires homogènes etisotropes
* Champsmicroscopiquesetmacroscopiquesetéquations locales pour𝐷⃗et𝐸⃗
* Relation de continuité (ou de passage) des champs 𝐷⃗et𝐸⃗
 |
| **Chapitre 2** | **Titre: Milieux magnétiques et aimantation en régime statique*** Description macroscopique d'un milieu magnétique,
* Vecteur excitation magnétique, vecteuraimantation, charges et courants d’aimantation
* Perméabilité et susceptibilité magnétiques dans les milieux linéaires homogènes etisotropes
* Théorème d’Ampère dans les milieux linéaires homogènes etisotropes
* Equationslocales pour 𝐻⃗et𝐵⃗, relations de passage
* Notions sur les milieux magnétiques (paramagnétisme,diamagnétisme, ferromagnétisme, …)
 |
| **Chapitre 3** | **Titre: Propagation des ondes électromagnétiques planes dans les milieux linéaires, homogènes et isotropes non magnétiques globalement neutres*** 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 réfractioncomplexe, dispersion et absorption dans un milieu diélectrique,
* Propagation dans un milieu LHI dans le cadre du Modèle de l'électron élastiquementlié : milieu diélectrique parfait (isolant), milieu conducteur etplasma
 |
| **Chapitre4** | **Titre : Propagation dans un milieu matériel limité*** Conditions aux limites à l’interface de deux diélectriques, lois deSnell-Descartes
* Onde polarisée dans le plan d’incidence, onde polarisée perpendiculairement au plan d’incidence (coefficients de Fresnel et facteurs de réflexion et detransmission en amplitude et en énergie)
* Propagation guidée d’une onde EM
 |

Titre du Module :Introductionà la physiquequantique et Relativité restreinte

Volume horaire :42heures (Cours, 21 h :TD : 21h )Crédits :3 Coefficient:1.5 Semestre: S4

|  |  |
| --- | --- |
|  | **Relativité restreinte** |
| **Chapitre 1** | **Titre: La physique avant la relativité*** Lois de Newton, Référentiels galiléens et principe derelativité
* Changement de référentiels galiléen et la transformation deGalilée
* Les équations de Maxwell, expérience de Michelson etMorley
* Principe d'invariance et transformation deLorentz
 |
| **Chapitre 2** | **Titre: Principes de la relativité restreinte et transformation spéciale de Lorentz*** Les postulats de la relativitérestreinte
* Relativité du temps et des longueurs, notion desimultanéité
* La transformation spéciale de Lorentz, invariance de l'intervalle entre deuxévénements
* Contraction des longueurs et dilatation destemps
 |
| **Chapitre 3** | **Titre: Cinématique relativiste et notion de quadrivecteur*** Transformation des vitesses lors d'un changement deréférentiel
* Notion de quadrivecteur etd'invariant
* Quadrivecteur vitesse propre, quadrivecteur accélérationpropre
* Quadrivecteur d'onde et effetDoppler
 |
| **Chapitre 4** | **Titre: Dynamique relativiste d'un point matériel et quadrivecteur impulsion énergie*** Insuffisance de la mécaniqueclassique
* Relation fondamentale et quadrivecteur impulsion énergie, quantité de mouvement et énergie relativistes d'unpoint matériel
* Force et quadrivecteur force et relation fondamentale de la dynamiquerelativiste
* Notion de photon et dualitéonde-corpuscule
* Chocs entreparticules
 |
| **Chapitre 5** | **Titre: Electromagnétisme et relativitérestreinte*** Transformation relativiste du champélectromagnétique
* Retour aux équations deMaxwell
* Applications
 |

|  |  |
| --- | --- |
|  | **Introduction à la physique quantique** |
| **Chapitre 6** | **Titre: Insuffisance de la théorie classique*** émission du corpsnoir
* Effetphotoélectrique,
* Emissionatomique
 |
| **Effet Compton, expérience de Frank et Hertz, expérience de Davisson etGermer** |
| **Chapitre 7** | **Titre : Description d'une particule en MQ** |
| **Chapitre 8** | **Titre: Les applications de l'Equation de Schrödinger*** Equation de Schrödinger et fonctiond'onde\*
* Particule dans un potentiel scalaire indépendant dutemps
* Etats stationnaires d'une particule dans des potentiels carrés à unedimension
* barrière depotentiel
* puits depotential
 |

Titre du Module : Physique des Ondes

Volume horaire :42heures (21 h : Cours, 21 h : TD ) Crédits :3 Coefficient: 1.5 Semestre: S4

|  |  |
| --- | --- |
| **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).
 |

Titre du module: : Electronique numérique

Volume horaire :56heures (21 h : Cours, 21 h : TD et 14hTP ) Crédits :3 Coefficient:1.5 Semestre: S4

|  |  |
| --- | --- |
| **Chapitre 1** | **Titre : Systèmes de numération**- Le système décimal- Le système binaire- Le système octal- 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** | **Titre : 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** | **Titre : La logique combinatoire**Variable logique, Notion d'opérateur logique, table de véritéOpération d'ordre 1 : fonction d'une variable : Porte NONOpération d'ordre 2 : fonction à deux variables : Porte ET, OUPropriétés 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 NORSystèmes combinatoires universels: formes canoniques Fonction OU-EXCLUSIF, *théorème d'associativité* |
| **Chapitre 4** | **Titre : Représentation et simplification des fonctions logiques**Diagramme de Karnaugh, Simplification des fonctions logiques, Minimisation des fonctions logiques par le diagramme de Karnaugh |
| **Chapitre 5** | **Titre : Applications simples de la logique combinatoire**Aiguilleurs, additionneurs, codeur-décodeur, multiplixeur-demultiplixeur.... |
| **Chapitre 6** | **Titre : LOGIQUE SEQUENTIELLELES BASCULES** * + Circuits logiques séquentiels : circuits séquentiels asynchrones, circuits séquentiels synchrones
	+ Les bascules :Bascules asynchrones : R-S et RS-latch
	+ Bascules synchrones : D, T D de type maître esclave..
 |

Titre du Module Activité Pratique

Volume horaire :42heures Crédits :4 Coefficient:2 Semestre: S4

# SEMESTRE5

## Titre du Module : Cristallographie

**Volumehoraire:42heures Cours: 21 h TD:21hCrédits :3 Coefficient:1.5 Semestre5**

|  |  |
| --- | --- |
| **Chapitre 1** | **Titre : Réseau direct** * Repèrescristallographiques,
* Analysevectorielle,(TD)
* Mailles (1D, 2D, 3D) ; multiplicité
* Rangée, plan réticulaire, équation de zone
* Changements de bases
 |
| **Chapitre 2** | **Titre : Réseau réciproque*** Définition etpropriétés,
* Exemples
* Relation entre réseaudirect et réseau réciproque, application aux calculs des distancesinter-réticulaires
 |
| **Chapitre 3** | **Titre : Symétrie des réseaux cristallins*** Propriétés desymétrie ponctuelle
* Différents éléments desymétrie (notation de Hermann Mauguinet Schönflies)
* Notions groupes ponctuels, projectionstéréographique
* 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'uneanticathode,
* 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 deThomson),
* Diffusion par un atome (facteur de diffusionatomique),
* Diffusion par une maille (facteur de structure),
* Diffusion par un réseau périodique (pouvoirréflecteur).
* Application aux réseaux et notions de solution solides cubiques
 |

Titre du Module : Optique Ondulatoire

Volume horaire :56heures (21 h : Cours, 21 h : TD et 14h TP) Crédits :3 Coefficient:1.5 Semestre: S5

|  |  |
| --- | --- |
| **Chapitre 1** | **Titre : Rappel sur les phénomènes de propagation de la lumière: cas d’une source ponctuelle et monochromatique*** Vibration lumineuse et notiond'interférences
* Interférence par division du front d’onde (Fentes d'Young, Miroirs de Fresnel,......)
* Notion de pouvoir de réflexion et detransmission
* Interférence par division d’amplitude (lame à faces parallèles, coind'air)
 |
| **Chapitre 2** | **Titre :Cohérencespatiale*** Influence de la géométrie du dispositifinterférentiel
* Cas d’une source étendue : facteur de contraste. Longueur de cohérencespatiale
* Franges d’égales épaisseurs à deux ondes : coin d’air, interféromètre de Michelson, anneaux deNewton
 |
| **Chapitre 3** | **Titre :Cohérencetemporelle*** Mise en évidence : cas d’une source bichromatique
* Profild’uneraie(interférogramme)
* Relation entre longueur de cohérence et la finesse de laraie
* Relation entre l’intensité et le contraste desfranges
* Phénomène d’interférence en lumière blanche : spectre cannelé, teinte deNewton
 |
| **Chapitre 4** | **Titre : Phénomène d’interférences à ondes multiples*** Cas d’une lame à faces parallèles : calcul des amplitudes des rayons lumineux successifs, composition des différents rayons transmis, étude de la fonction d’Airy. Influence du poly-chromatisme (étude de la répartition de l’intensité en fonction du nombred’onde)
* Fabry-Pérot : analyseur de radiations, limite de résolution spectrale duFabry-Pérot
* Filtre interférentiel: utilisation comme cavitéoptique
 |
| **Chapitre 5** | **Titre : Diffraction de la lumière*** Diffraction à l’infini(Fraunhofer): Pupille circulaire, pupille rectangulaire (transparences partielle ettotale)
* Réseau et notion de pouvoir de résolution (Critère de Rayleigh), pouvoirdispersif
 |

Titre du Module : Méthodes Mathématiques pour la Physique

Volume horaire :42heures (21 h : Cours, 21 h : TD) Crédits :3 Coefficient:1.5 Semestre: S5

|  |  |
| --- | --- |
| **Chapitre 1** | **Titre : Espace de Hilbertet fonctions de carrés sommables.*** Définition
* Propriétés
* Produit et scalaire et norme
* Bases dénombrables
 |
| **Chapitre 2** | **Titre: Les polynômes orthogonaux et fonctions spéciales*** Polynôme deLegendre, de Laguerre, d’Hermite, de Chebychev, …
* Fonctions associées, harmoniques sphériques
* Fonctions spécialesGamma, Zeta de Riemann, fonction d’Airy, fonction de Bessel
* Applications en Physique
 |
| **Chapitre 3** | **Titre: Transforméesmathématiques*** Séries de Fourier et Transformée de Fourier.
* Produit deconvolution.
* TransforméedeLaplace.
* Fonctionsd’aucorrélation et d’intercorrélation
* Applications en Physique
 |
| **Chapitre 4** | **Titre:**Théorie élémentaire des distributions.* Définition
* Propriétés
* Distribution de Dirac
* Applications en Physique
 |

Titre du Module : : Physique Numérique

Volume horaire 56heures (21 h : Cours, 21 h : Td et 14h TP) Crédits :3 Coefficient:1.5 Smestre:S5

|  |  |
| --- | --- |
| **Chapitre 1** | **Titre :Analysed'erreurs*** Représentation d'un nombre surordinateur,
* Erreurs dues à lareprésentation
* Erreurs detroncature
* Arithmétiqueflottante
* Propagationd'erreurs
* Applications
 |
| **Chapitre 2** | **Titre: Résolution numérique des équations non linéaires*** Méthodes dedichotomie
* Méthode du pointfixe
* méthodesitératives( Lagrange, Newton..)
* Applications au tableau et surMatlab
 |
| **Chapitre 3** | **Titre: Interpolation et approximation d’une fonction*** Interpolation polynomiale : interpolation de Lagrange, Erreurs d’interpolation
* Différences divisées et polynômes deNewton
* Approximation au sens des moindrescarrés
* Applications au tableau et surMatlab
 |
| **Chapitre 4** | **Titre: Dérivation et intégrationnumériques*** Dérivation numérique: Différences finies, Autresméthodes
* Intégration numérique: Formules de type interpolation, Formules de Newton- Cotes simples etcomposées.
* Formules deGauss
* Applications au tableau et surMatlab
 |

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| **Chapitre 5** | **Titre: Résolution de systèmeslinéaires*** Résolution d’un systèmetriangulaire
* Méthodes directes de résolution : Méthode de Gauss - Stratégie de pivots, DécompositionLU,
* Cas des matrices symétriques déﬁnies positives : factorisation de Cholesky
* Applications au tableau et surMatlab
 |
| **Chapitre 6** | **Calculmatriciel*** Calcul du déterminantd’unematrice
* Inversion d’unematrice
* Calcul des valeurs propres d’une matrice symétrique (méthodede Jacobi)
* Valeurpropresd’unematricequelconque
* Vecteurspropres
 |
| **Chapitre 7** | **Résolution des équationsdifférentielles*** Introduction et position duproblème
* Méthoded’Euler
* Méthode de RungeKutta
* Problème avec conditions auxlimites
* Résolution d’un problème aux conditions aux limites par la méthodematricielle
 |

Titre du Module : Mécanique Quantique I

Volume horaire :42heures (21 h : Cours, 21 h : TD) Crédits :3 Coefficient: 1.5 Semestre:S5

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Chapitre 1** | **Bases mathématiques de la Mécanique Quantique*** Espace Hilbertien des fonctions d'onde d'uneparticule
* Notion dereprésentation
* Représentation deDirac : notation bra-ket
* Opérateurslinéaires, adjoints, hermitiques,unitaires
* Valeurspropres et vecteurspropres
* Observables
* Produit tensoriel d'espace desétats
 |  |
| **Chapitre 2** | **Postulats de la mécanique quantique*** Enoncé despostulats
* Description de l’état du système
* Description des grandeursphysiques
* Postulats de mesure
* Réduction du paquet d’onde

- Evolution au cours du temps : Equation de Schrödinger- Quantification des grandeursphysiques* Interprétation physique despostulats
* Cas des systèmesconservatifs
* Equation de Schrödinger stationnaire
 |  |
| **Chapitre 3** | **Application des postulats à des systèmes Simples*** Introduction du Spin, Expérience de Stern et Gerlach,
* Définition de l’espace des états de spin½ (avec renvoi au chapitre 3 su deuxième semestre)
* Application à la résonancemagnétique, précession de Larmor
* Système à deux niveaux:

- Sphère de Bloch,- Oscillations de Rabi |  |
| **Chapitre 4** | **L'oscillateurharmonique*** Importance de l'oscillateur harmonique enphysique
* Rappels sur l'oscillateur harmonique en mécaniqueclassique
* Hamiltonien de l'oscillateur harmonique à unedimension
* Opérateurs𝑋̂et 𝑃̂, opérateurs 𝑎, 𝑎+ et𝑁

Energies propres et états propres, dégénérescence desniveaux* Discussionphysique
 |

Titre du Module : Physique statistique I

Volume horaire :42heures (21 h : Cours, 21 h : TD) Crédits :3 Coefficient: 1.5 Semestre: S5

|  |  |
| --- | --- |
| **Chapitre 1** | **Potentiels thermodynamiques et systèmes ouverts*** Notion de transformation deLegendre
* Potentielsthermodynamiques
* Systèmesouverts
 |
| **Chapitre 2** | **Introduction aux méthodesstatistiques*** Loi decomposition
* notion de variables aléatoires, valeur moyenne et écarttype
* Distribution binomiale, de Gauss et dePoisson
 |
| **Chapitre3** | **Description d'un système de taille macroscopique et densité d'états*** Notion d'état macroscopique etmicroscopique
* Micro-état classique et espace desphases
* Densité d'états ( exemple d'un calcul à 1, 2 et 3dimensions
* Correspondance entre les approches classiques etquantiques
* Ensemble statistique et principe ergodique
 |
| **Chapitre4** | **Entropiestatistique*** Informationmanquante
* Entropiestatistique
* propriétés de l'entropiestatistique
 |
| **Chapitre5** | **Système isolé à l’équilibre, Distribution microcanonique*** Ensemble micro-canonique, postulat fondamental de la physiquestatistique
* Entropie micro-canonique, température etpression
* Propriétés et comportement d’un systèmeisolé
* Evolution et sens des échanges au cours de l’évolution du système après relâchement d’une contrainte, équilibres thermique, mécanique et chimique entre deux sous-systèmes d’un systèmeisolé.
 |

|  |  |
| --- | --- |
| **Chapitre6** | **Système en équilibre avec un thermostat , distribution canonique*** Ensemble canonique, notion dethermostat
* Fonction de partition et énergie libre, énergiemoyenne...
* Formalisme canonique à la limitethermodynamique,
* Description canonique des systèmes de particules identiques indépendantes discernables et indiscernables, correction de Maxwell-Boltzmann pour tenir compte de l’indiscernabilité des particules dans un gazparfait
* Théorème de l’équipartition del’énergie
 |

Titre du Module Activité Pratique

Volume horaire :43heures Crédits :4 Coefficient:2 Semestre: S5

**Semestre 6**

Titre du Module : Mécanique Quantique2

Volume horaire :42heures (21 h : Cours, 21 h : TD) Crédits :4 Coefficient: 2 Semestre: S6

|  |  |
| --- | --- |
| **Chapitre 1** | **Titre: Moment cinétique*** Le moment cinétique classique
* L'opérateur moment cinétique défini par ses règles de commutation
* Valeurs propres de 𝐽2 et 𝐽𝑧, représentation {|𝑗,𝑚〉}
* Moment cinétique orbital, harmoniquessphériques.
* Moment cinétique de Spin, matrices de Pauli
 |
| **Chapitre 2** | **Titre: Particule dans un potentiel central*** Description d'une particule dans un potentielcentral
* Séparation du mouvement du centre de masse
* Réduction à un problème à une particule fictive, masse réduite
* Résolution de l'équation deSchrödinger
* Applications :

- Atomed'hydrogène (sans spin), - Oscillateur harmonique isotrope |
| **Chapitre 3** | **Composition de deux moments cinétiques*** Définition du spin comme moment cinétique intrinsèque
* Composition de deux spins 1/2 ,
* Produittensoriel, base découplée
* Spin total et base couplée
* Etat singulet, états triplets
* Addition de deux moments cinétiquesquelconques

- Règles d’addition- Coefficients de Clebsch-Gordan* Composition d’un moment cinétique orbital et d’un spin ½
* Applications : Interaction spin-orbite, Effet Zeeman, …
 |
| **Chapitre 4** | **Titre : Méthodes d’approximation*** Théorie des perturbations stationnaires

-Exposé de laméthode- Perturbation d'un niveau non dégénéré,- Correction aux valeurs propres (ordres 1 et 2)-Correction étatspropres (ordre 1)- Perturbation d'un niveaudégénéré (ordre 1)* Méthodevariationnelle
* Principe variationnel
* Minimisation de l’énergie
* Calcul variationnel : fonction d’essai à un paramètre
 |

Titre du Module : Physique statistique 2

Volume horaire :42heures (21 h : Cours, 21 h : TD) Crédits :4 Coefficient:2 Semestre: S6

|  |  |
| --- | --- |
| **Chapitre 1** | **Applications relatives à la distribution canonique*** Application de la distribution canonique au gaz parfait, Distribution de Maxwell Boltzmann desvitesses
* Factorisation de la fonction de partition selon les degrés de liberté de translation, de rotation et de vibration et le gel de ces degrés de liberté, application aux gaz parfaits poly-atomiques, capacité calorifique en fonction de latempérature
* Paramagnétisme
* Principes de la thermodynamique retrouvés à partir de la mécaniquestatistique
 |
| **Chapitre2** | **Système en équilibre avec un thermostat et avec un réservoir de particules. Description grand-canonique*** Distribution grandcanonique
* Grande fonction de partition, grandpotentiel,
* Formalisme grand canonique à la limitethermodynamique
* Description d’un système de particules indépendantes, identiques etindiscernables
* Principe de symétrisation: fermions,bosons
 |
| **Chapitre3** | **Gaz de fermions indépendants*** Distribution deFermi-Dirac
* Détermination de l’énergie moyenne, la pression à températurenulle
* Développement de Sommerfeld pour les basses températures ( T<<TFermi), propriétés desmétaux
* Application aux électrons dans les solides ( notion desemi-conducteurs)
 |
| **Chapitre 4** | **Gaz de bosons indépendants*** Distribution deBose-Einstein
* Condensation de Bose à bassetempérature
* Etude de la superfluidité de l’hélium à bassetempérature.
 |
| **Chapitre 5** | **Gaz de photons, Rayonnement du corps noir*** Propriétés d’un gaz de photons, étude du rayonnement d’un corps noir, loi dePlanck,
* Loi de Rayleigh-Jeans, loi deStephan
 |

|  |  |
| --- | --- |
| **Chapitre6** | **Gaz de phonons*** Vibrations des réseaux, notion dephonon
* Insuffisance du modèled'Einstein
* Modèle de Debye pour la capacité thermique dessolides.
 |

Titre du Module : Physique atomique et moléculaire

Volume horaire :56 h (21 h : Cours, 21 h : TD , 14h TP) Crédits :4 Coefficient:2 Semestre: S6

|  |  |
| --- | --- |
| **Chapitre 1** | **Modèles atomiques pré-quantiques*** Modèle de Johnson
* Expérience de Rutherford
* Modèle planétaire
* Modèle de Bohr
* Modèle de Bohr-Sommerfeld
* Limites des modèles pré-quantiques
 |
| **Chapitre 2** | **Description quantique d’un atome à un électron optique*** Atomed’hydrogène
	+ Hamiltonien. Equation de Schrödinger. Séparation desvariables
	+ Résolution de l’équation de Schrödinger. Quantification de l’énergie
	+ Spectre énérgétique et orbitalesatomiques
* Structure fine et hyperfine
	+ Interaction spin orbite, correction relativiste, terme de Darwin, Lamb Shift
	+ Structure hyperfine
* Ions hydrogènoides
* Atomesalcalins, défautsquantiques
 |
| **Chapitre 3** | **Atomes à plusieurs electrons*** Rappels (symétrie de la fonction d’onde par rapport à la permutation d’électrons, principe d’exclusion de Pauli déterminant de Slater et propriétés)
* Etude quantique de l’atome d’hélium (méthode des variations et/ou perturbations stationnaires)

- Etat fondamental, 1er(s) état(s) excites - Notation spectroscopique/Termes spectraux- Structure fine* Atomes à plus de deux électrons

- Approximation du champ central- Configurations électroniques des éléments, tableau périodique.  |
| **Chapitre 4** | **Atome dans un champ électrique ou magnétique statique*** Atome d’hydrogène dans un champ électrique statique : Effet Stark

- Hamiltonien d’interaction - Traitement perturbatif* Atome paramagnétique dans un champ magnétique statique

- Hamiltonien d’interaction- Traitement perturbatif. Champ faible : Effet Zeeman. Champ fort : Effet Paschen-Back. Champ intermédiaire |
| **Chapitre 5** | **Interaction atome-rayonnement*** Interaction atome onde électromagnétique, approche semi-classique
	+ Expression duHamiltonien
	+ Approximation dipolaireélectrique
	+ Probablités de transition
* Absorption, émission spontanée, émissionstimulée
* Profils de raies, intensités
* Applications : Effet Laser, refroidissement des atomes par laser
 |
| **Chapitre 6** | **Introduction à la physique moléculaire : Molécules diatomiques*** Hamiltonien non relativiste d’une molécule diatomique

-Séparation mouvement électronique de celui nucléaire / Approximation de Born Oppenheimer* Structure électronique
	+ Méthode des orbitales moléculaires (Principe)
	+ Ion moléculaire H2+, Etat fondamental (lié) et 1er état excité (répulsif),
	+ Méthode LCAO,
* Mouvement nucléaire
	+ Séparation des mouvements vibrationnels et rotationnels
	+ Vibration d’une molécule diatomique, approximation harmonique + Correction
	+ Rotation d’une molécule diatomique, rotateur rigide + correction
* Spectresmoléculaires
	+ Spectres de rotation, de vibration-rotation et ro-vibroniques.
 |

Titre du Module : Propriétés Physiques de la Matière

Volume horaire :56heures (21 h : Cours, 21 h : TD et 14h TP) Crédits :4 Coefficient:2 Semestre: S6

|  |  |
| --- | --- |
| **Chapitre 1** | **Titre: Les tenseurs*** Introduction des tenseurs (milieu isotrope et milieu anisotrope) : Représentation effective des propriétés physiques anisotropes par une méthode analytique matricielle
* Principes de Curie et de Neumann
* Tenseur 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 symétriecristalline, 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 applications
* tenseur contrainte et tenseur déformation
* Tenseur de rang3 : réduction par les éléments de symétrie ; notation contractée, application à la piézoélectricité, tenseur électrooptique……
* Tenseur de rang 4 : tenseur d’élasticité et de rigidité, loi de Hooke, notation contractée , réduction par les éléments de symétrie, application aux matériaux isotropesapplications à d’autres tenseursreprésentatifs d’une propriété physique.
 |
| **Chapitre2** | **Titre : 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
* Polarisabilitéd'orientation, théorie de Langevin
* Champ local, Relation de ClausiusMossotti
* Notion d’indice pour un diélectrique, dispersion
* Ferroélectricité, piézoélectricité, pyroélectricité
 |
| **Chapitre 3** | **Titre : 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, equation de maxwell dans les milieux, relations constitutives pour les milieux linéaires (M = f(H), M = f(T)* Etude microscopique des milieux

Diamagnétisme : 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** | **Titre : Liaisons cristalline*** Introduction
* Descriptions des liaisons cristallines :
	+ liaisons de Van der Waals-London,
	+ liaisons ioniques,
	+ liaisons covalentes,
	+ liaisons métalliques
	+ relation entre structure et liaisons dans un solide
 |

Titre du Module Activité Pratique

Volume horaire :84heures Crédits :7 Coefficient:3.5 Semestre: S6