

Licence de Physique

Mention Physique

Parcours : Physique Générale

**Physique Numérique et Physique
des Matériaux**

Semestre -1- volume horaire : 28h00

| 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 | ECU E | UE | ECUE | UE | Contrôle continu | Régim e 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 | Chimie Générale | 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 | Optique géométrique & 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 : Unité transversale | UET160 | UT161 | Technique de communication | | | | 1.5 | 3 | 6 | 1.5 | 3 | X | |
| | | | UT162 | 2CN | | | | 1.5 | 3 | | 1.5 | | | |
| TOTAL | | | | | 10,5 | 9 | 5,5 | 3 | 30 | 30 | 15 | 15 | | |

Semestre -2 volume horaire : 27h30

| 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 | ECU E | UE | ECUE | UE | Contrô le continu | 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 & Phénomènes d'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 UEF142 | Chimie inorganique & cinétique | 1,5 | 1,5 | 1 | | 4 | 4 | 2 | 2 | | X |
| 5 | UE : Informatique 2 | UEF250 | UEF211 UEF212 | Programmation et interfaçage | 1,5 | | 1 | | 4 | 4 | 2 | 2 | X | |
| 6 | UE :Unité Transversale | UET260 | UET261 | Technique de communication | | | | 1.5 | 3 | 6 | 1.5 | 3 | X | |
| | | | UET262 | 2CN | | | | 1.5 | 3 | | 1.5 | | | |
| TOTAL 27.5 heures | | Com : | | | 10,5 | 9 | 5 | 3 | 30 | 30 | 15 | 15 | | |

Semestre -3 volume horaire : 29h30

| N° | Unité d'enseignement (UE) / Compétences | Code de l'UE (Fondamentale / Transversale / Optionnelle) | | Élément constitutif d'UE (ECUE) | Volume des heures de formation présentielle (14 semaines) | | | | Nombre de Crédits accordés | | Coefficients | | Modalité d'évaluation | |
|--------------|---|--|--------|--|---|-----|----|------------|----------------------------------|----|--------------|-----|--------------------------|-----------------|
| | | | | | Cours | TD | TP | Autr es | ECU E | UE | ECUE | UE | Contrô le continu | Régime mixte |
| 1 | UE : Mathématiques 3 & Métrologie | UEF310 | UEF311 | Mathématiques 3 | 1,5 | 1,5 | | | 3 | 5 | 1,5 | 2,5 | | X |
| | | | UEF312 | Métrologie | 1,5 | | 1 | | 2 | | 1 | | | |
| 2 | UE : Mécanique des fluides & Thermodynamique | UEF320 | UEF321 | Mécanique des fluides | 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 | Electronique analogique | 1,5 | 1,5 | | | 3 | | 1,5 | | | |
| 4 | UE : Activités pratiques | 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 : Transversale | UET360 | UET361 | Anglais | | | | 1,5 | 3 | 6 | 1,5 | 3 | X | |
| | | | UET362 | Culture d'entreprise | | | | 1,5 | 3 | | 1,5 | | | |
| TOTAL | | | | | 10,5 | 9 | 7 | 3 | 30 | 30 | 15 | 15 | | |

Semestre - 4 volume horaire : 30h00

| N° | Unité d'enseignement (UE) / Compétences | Code de l'UE (Fondamentale / Transversale / Optionnelle) | | Élément constitutif d'UE (ECUE) | Volume des heures de formation présentielle (14 semaines) | | | | Nombre de Crédits accordés | | Coefficients | | Modalité d'évaluation | |
|--------------|--|--|--------|--|---|------|------|--------|----------------------------------|-----|--------------|----|--------------------------|-----------------|
| | | | | | Cours | TD | TP | Autres | ECU E | UE | ECUE | UE | Contrô le continu | 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 | Electronique numérique | 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 | | | | | | | 1,5 | | | |
| | | | UEF432 | | 1,5 | 1,5 | | | 3 | 1,5 | | | | |
| 4 | UE : Activités pratiques | 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 : Unité transversale | UET460 | UET461 | Anglais | | | | 1,5 | 2 | 4 | 1 | 2 | X | |
| | | | UET462 | Culture d'entreprise | | | | 1,5 | 2 | | 1 | | | |
| TOTAL | | | | | 30h00 | 10,5 | 10,5 | 6 | 3 | 30 | 30 | 15 | 15 | |

Semestre -5 volume horaire : 30h00

| 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 | ECU E | UE | ECUE | UE | Contrô le continu | Régime mixte |
| 1 | UE : Cristallographie & Optique ondulatoire | UEF510 | UEF511 | Cristallographie | 1,5 | 1,5 | | | 3 | 6 | 1,5 | 3 | | X |
| | | | UEF512 | Optique ondulatoire | 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 |
| | | | UEF522 | Physique numérique | 1,5 | 1,5 | 1 | | 3 | | 1,5 | | | X |
| 3 | UE : Mécanique Quantique et Physique statistique 1 | UEF530 | UEF531 | Mécanique Quantique 1 | 1,5 | 1,5 | | | 3 | 6 | 1,5 | 3 | | X |
| | | | UEF532 | Physique Statistique 1 | 1,5 | 1,5 | | | 3 | | 1,5 | | | X |
| 4 | UE : Activités pratiques | 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 : Unité transversale | UET560 | UET561 | Anglais | | | | 1,5 | 2 | 4 | 2 | 2 | X | |
| | | | UET562 | Culture d'entreprise | | | | 1,5 | 2 | | | | | |
| TOTAL : | | | | | 10,5 | 10,5 | 6 | 3 | 30 | 30 | 15 | 15 | | |

Semestre - 6 volume horaire : 27h00

| N° | Unité d'enseignement (UE) / Compétences | Code de l'UE (Fondamentale / Transversale / Optionnelle) | | Élément constitutif d'UE (ECUE) | Volume des heures de formation présentielle (14 semaines) | | | | Nombre de Crédits accordés | | Coefficients | | Modalité d'évaluation | |
|--------------------------------|--|--|--------|---|---|-----|----|--------|----------------------------------|----|--------------|-----|--------------------------|-----------------|
| | | | | | Cours | TD | TP | Autres | ECU E | UE | ECUE | UE | Contrô le continu | Régime mixte |
| 1 | UE : Mécanique Quantique 2 | UEF610 | UEF611 | Mécanique quantique 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 de parcours 1 | 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 : Activités pratiques | 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 : 42 heures (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 <ul style="list-style-type: none">• <i>sous-espaces,</i>• <i>familles libres,</i>• <i>bases des espaces de dimension finie</i>• <i>espace vectoriel de fonctions</i> |

Titre du Module : **Analyse 1**

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

| | |
|-------------------|---|
| Chapitre 1 | Titre : Corps des nombres réels : <ul style="list-style-type: none">• 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 <ul style="list-style-type: none">• 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 : <ul style="list-style-type: none">• Limites,• Continuité,• Différentiabilité, dérivées, dérivée de fonction composée,• Théorème des accroissements finis,• Formules de Taylor à l'ordre 1 |
| Chapitre 4 | Titre : Fonctions à plusieurs variables réelles à valeur réelle <ul style="list-style-type: none">• Continuité,• Différentielle, dérivées partielles,• Extrema,• Formule de Taylor à l'ordre 2 et plus• . |

Titre du Module : Mécanique 1**Volume horaire : 56 heures (21 h : Cours, 21 h : TD ; 14h TP) Crédits : 3 Coefficient : 1.5****Semestre: S1**

| | |
|-------------------|---|
| Chapitre 1 | Titre : Pré requis et outils mathématiques <ul style="list-style-type: none">• 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 <ul style="list-style-type: none">• 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 <ul style="list-style-type: none">• 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 <ul style="list-style-type: none">• 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

Volume horaire : 56 heures (21 h : Cours, 21 h : TD ; 14h TP)

Crédits : 3

Coefficient : 1.5

Semestre: S1

| | |
|-------------------|---|
| Chapitre 1 | Fondements de l'optique géométrique <ul style="list-style-type: none">• 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 <ul style="list-style-type: none">• Objets et images• aplanétisme• systèmes centrés dans l'approximation de Gauss• notion de stigmatisme |
| Chapitre 3 | Systèmes optiques à faces sphériques <ul style="list-style-type: none">• Miroirs sphériques application au miroirs plans• dioptrés sphériques et application aux dioptrés 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 <ul style="list-style-type: none">• Loupe• Oeil• Telescope• Microscope |

Titre du Module : **Electrostatique**

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

Semestre: S1

| | |
|-------------------|--|
| | |
| Chapitre 1 | Titre : Charge électrique et interaction électrostatique <ul style="list-style-type: none">• Electrification 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 <ul style="list-style-type: none">• Champ créé 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 <ul style="list-style-type: none">• 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 <ul style="list-style-type: none">• 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 <ul style="list-style-type: none">• 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 : 56 heures (21 h : Cours, 21 h : TD ; 14h TP) Crédits : 4 Coefficient : 2 Semestre: S1

| | |
|-------------------|--|
| Chapitre 1 | Titre : Notions d'atomistique <ul style="list-style-type: none">• 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 <ul style="list-style-type: none">• Acides et bases en solution aqueuse.• Equilibres d'oxydo-réduction.• Piles. |
| Chapitre 3 | Introduction à la Thermodynamique chimique <ul style="list-style-type: none">• 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 : Algorithme et programmation

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

| | |
|--|---|
| Chapitre 1 <i>(2séances de cours)</i> | Introduction à l'informatique <ul style="list-style-type: none">• Interaction homme-machine (<i>langage de communication, temps de réponse, analyse et automatisation,....</i>)• Présentation sommaire des éléments de la machine (<i>brièvement l'architecture d'un ordinateur, codage binaire, langage machine</i>)• Introduction aux langages de programmation (<i>création de langages pour se rapprocher du vocabulaire de l'homme et des interpréteurs ou compilateurs pour transformer ces langages en langage machine, édition d'un programme, compilation, exécution, test, erreur de syntaxe erreur d'analyse</i>)• Introduction à l'algorithmique (<i>analyse d'un problème et écriture de l'algorithme indépendamment du langage</i>) |
| Chapitre 2 <i>(4 séances de cours)</i> | Introduction au Langage des algorithmes <ul style="list-style-type: none">• Différentes étapes d'un algorithme (<i>définition et analyse d'un problème, écriture d'un algorithme, programmation, compilation, test du programme</i>)• Structure d'un algorithme (<i>schéma d'un algorithme, type de base des variables et des constantes</i>)• Les instructions de bases (<i>affectation, opérations arithmétiques, opérations logiques, entrées et sorties</i>)• Structures conditionnelles• Structure itératives• Applications : <i>algorithmes fondamentaux recherche d'un élément, parcours, tri,</i> |
| Chapitre 3 <i>(4 séances de cours)</i> | Introduction au langage de programmation (Python) <ul style="list-style-type: none">• 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 <i>(4 séances de cours)</i> | Notions avancées de programmation <ul style="list-style-type: none">• Traitement des chaînes de caractères |

| | |
|---------------|---|
| <i>cours)</i> | <ul style="list-style-type: none">• 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 <ul style="list-style-type: none">• Fonction exponentielle,• Fonction logarithmique,• Fonction hyperbolique,• Fonction réciproque• Etc |
| Chapitre 2 | Titre : Développements limités |
| Chapitre 3 | Titre : Primitives et intégrals <ul style="list-style-type: none">• 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 (21 h : Cours, 21 h : TD)

Crédits : 3

Coefficient : 1.5

Semestre: S2

| | |
|-------------------|--|
| Chapitre 1 | Titre: Applications linéaires, <ul style="list-style-type: none">• Homomorphisme,• endomorphismes,• matrices, changement de base• Théorème du rang, déterminant. |
| Chapitre 2 | Titre : Diagonalisation des matrices. <ul style="list-style-type: none">• <i>Valeurs propres,</i>• <i>vecteurs propres,</i>• <i>matrices de passage</i> |
| Chapitre 3 | Titre : Systèmes linéaires |

Titre du Module : Mécanique 2

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

Semestre: S2

| | |
|-------------------|--|
| Chapitre 1 | Titre : .Système de deux points matériels <ul style="list-style-type: none">• 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 <ul style="list-style-type: none">• Loi d'attraction universelle, champ de potentiel de gravitation, énergie potentielle de gravitation• Application aux mouvements des planètes |
| Chapitre 3 | Titre : Oscillateurs harmoniques <ul style="list-style-type: none">• Description du mouvement• Etude énergétique• Analogie électromécanique |
| Chapitre 4 | Titre : Oscillations libres, amorties et forcées <ul style="list-style-type: none">• Mise en équation et caractéristiques• Analogie électromécanique |

Titre du Module: Magnétostatique et phénomènes d'induction

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

Semestre: S2

| | |
|-------------------|---|
| Chapitre 1 | Titre: Courants et conducteurs <ul style="list-style-type: none">• Densité de courant• Equation de continuité,• Loi d'Ohm. |
| Chapitre 2 | Titre: Champ magnétique <ul style="list-style-type: none">• 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 <ul style="list-style-type: none">• 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 et circuits électriques

Volume horaire : 56 heures (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 dipôles électriques (actifs, passifs...) <ul style="list-style-type: none">• Point de fonctionnement Lois de Kirchoff (lois des nœuds, lois des mailles) |
| Chapitre 2 | Titre; Théorèmes généraux <ul style="list-style-type: none">• Théorème de Millemann, Théorème de superposition, Théorème Thèvenin, Théorème de Norton, Théorème Kennely. |
| Chapitre 3 | Titre: Régimes transitoire <ul style="list-style-type: none">• 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 <ul style="list-style-type: none">• 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 <ul style="list-style-type: none">• 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 <ul style="list-style-type: none">• 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 : 56 heures (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 <i>(4 séances)</i> | Rappels et compléments sur la programmation (en Python) <ul style="list-style-type: none">• Complément sur les chaînes 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 <i>(2 séances)</i> | Introduction au Labview <ul style="list-style-type: none">• Présentation du logiciel et de ses fenêtres• Ecriture de programme d'opérations arithmétiques• Structure conditionnelles et structure itératives |
| Chapitre 3 <i>(2 séances)</i> | Communication avec les instruments <ul style="list-style-type: none">• 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 <i>(6 séances)</i> | Communication avec les différents ports par Labview <ul style="list-style-type: none">• 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 | Séries entières |
| Chapitre 2 | Séries de Fourier |
| Chapitre 3 | Fonctions à variable complexe |
| Chapitre 4 | Fonctions holomorphes <ul style="list-style-type: none">• Singularités,• Théorème des résidus,• Applications au calcul des intégrales |

Titre du Module : **Métrologie**

Volume horaire : 35 heures (21 heures 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 <ul style="list-style-type: none">• 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 <ul style="list-style-type: none">• Erreur aléatoire ; Erreur systématique ; Correction ;• Incertitude : incertitude évaluée par des méthodes de type A et de type B. |
| Chapitre 3 | Titre : Incertitudes de mesure <ul style="list-style-type: none">• Loi de combinaison des variances pour une grandeur propagée linéairement ;• Présentation des résultats de mesure de cas concrets. |
| Chapitre 4 | Titre: Estimateurs <ul style="list-style-type: none">• 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 | <p>Titre : Expression du résultat final d'une mesure</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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 | <p>Titre : Tests statistiques</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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 | <p>Titre : Méthodes des Moindres Carrés</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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 | <p><i>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.</i></p> |
| Travaux Pratiques associés | <p>Détails du module de Travaux Pratiques « Métrologie » :</p> <p>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 :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Etalonnage de capteurs de mesure de température, • Etalonnage des balances de pesage, • Etalonnage des pieds à coulisse et des micromètres, • Etalonnage des multimètres : |

- | | |
|--|--|
| | <ul style="list-style-type: none">❖ 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 : 42 heures (Cours, 21 h : TD 21h) Crédits : 3 Coefficient : 1.5

| | |
|-------------------|---|
| Chapitre 1 | Titre: Langue thermodynamique <ul style="list-style-type: none">• La thermodynamique et ses repères historiques• Définitions• Notion de température• Thermomètres à gaz parfait |
| Chapitre 2 | Titre: Théorie cinétique des gaz parfaits <ul style="list-style-type: none">• Introduction• Hypothèse de la théorie cinétique• Caractéristique de la vitesse• Le gaz parfait• Interprétation cinétique de la pression• Interprétation cinétique de la température• 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 <ul style="list-style-type: none">• 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 | <p>Titre: Le deuxième principe de la thermodynamique</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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 | <p>Titre: Conséquences des deux principes de la thermodynamique</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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 | <p>Titre: Changement d'état d'un corps pur</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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 | <p>Titre: Troisième principe de la thermodynamique</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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 : 42 heures (21 h : Cours, 21 h : TD) Crédits : 3 Coefficient : 1.5 Semestre 3**

| | |
|-------------------|--|
| Chapitre 1 | Titre : Généralités sur la mécanique des fluides <ul style="list-style-type: none">• Généralités sur les fluides• Propriétés des fluides• Forces intervenant en mécanique des fluides |
| Chapitre 2 | Titre : Statique des fluides <ul style="list-style-type: none">• Lois générales de la statique des fluides• Statique des fluides incompressibles : Hydrostatique• Statique des fluides compressibles |
| Chapitre 3 | Titre : Cinématique des Fluides <ul style="list-style-type: none">• 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 <ul style="list-style-type: none">• 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 <ul style="list-style-type: none">• 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 dans le vide**

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

Semestre: S3

| | |
|-------------------|---|
| Chapitre 1 | Régimes variables - Equations de Maxwell dans le vide <ul style="list-style-type: none">• 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 électromagnétique retardé• Energie électromagnétique• Approximations des régimes quasi stationnaires |
| Chapitre 2 | Ondes Electromagnétiques dans le vide illimité <ul style="list-style-type: none">• 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 | <p>propagation d'ondes électromagnétiques dans le vide:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ondes se propageant en sens inverse (onde stationnaire) : réflexion des ondes électromagnétiques sur un conducteur parfait, courants superficiels, pression de radiation • Ondes progressives de même fréquence (phénomène d'interférences) • Ondes progressives de fréquences voisines (vitesse de groupe) • Paquet d'ondes • Propagation d'une onde dans un vide limité dans l'espace (conditions aux limites, propagation guidée) |
|-------------------|---|

| | |
|-------------------|---|
| Chapitre 4 | <p>Production d'une onde EM, Rayonnement d'un dipôle oscillant</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dipôle électrique oscillant • Expressions des champs du rayonnement électromagnétique à grande distance (Structure de l'onde rayonnée, puissance rayonnée, diagramme de rayonnement) • Interaction atome-onde EM (Modèle de l'électron élastiquement lié), Diffusion de Rayleigh • Dipôle magnétique oscillant • Applications: Antennes |
|-------------------|---|

| | |
|--------------------------|---|
| <p>Chapitre 1</p> | <p>Diodes à jonction et circuits à diode</p> <ul style="list-style-type: none"> • Notions élémentaires sur les semiconducteurs (différents types de dopage,.....) • 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) |
| <p>Chapitre 2</p> | <p>Les transistors</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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 (jfetmosfet)(structure, symbole, principe de fonctionnement, réseaux de caractéristiques statiques, circuits de polarisation) • le transistor en hautes fréquences (Schéma équivalent) |
| <p>Chapitre 3</p> | <p>Amplificateurs à transistors</p> <ul style="list-style-type: none"> • émetteur commun • collecteur commun • base commune |
| <p>Chapitre 3</p> | <p>L'amplificateur opérationnel</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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,.....) |
| <p>Chapitre 4</p> | <p>Filtres et oscillateurs</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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 **Activité Pratique**

Volume horaire : 42 heures

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 <ul style="list-style-type: none">• Formes linéaires, espace dual• Hyperplans .• Base duale• Bidual d'un espace vectoriel |
| Chapitre 2 | Titre: Algèbre bilinéaire multilinéaire <ul style="list-style-type: none">• Forme bilinéaire produit scalaire, produit vectoriel déterminant d'ordre 2, changement de base• Forme trilinéaire multilinéaire: Formes trilineaires et déterminant d'ordre 3, déterminant mineur inversion d'une matrice |
| Chapitre 3 | Titre : Espace Euclidien et Hermitien : <ul style="list-style-type: none">• Définition,• Orthogonalité et base orthonormale , Projection orthogonale , symétrie orthogonale Mineur et principaux , matrice orthogonale, Adjoint d'un endomorphisme , Automorphisme orthogonaux matrice orthogonale (notion de matrice autoadjointe) |
| Chapitre 4 | Titre : Forme quadratique : <ul style="list-style-type: none">• 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 : 42 heures (21 h : Cours, 21 h : TD) Crédits : 3 Coefficient : 1.5 Semestre: S4**

| | |
|-------------------|---|
| Chapitre 1 | Titre : Notions sur les torseurs <ul style="list-style-type: none">• Applications antisymétriques, Champs antisymétriques• Vecteurs glissants• Torseurs: Définition, propriétés, somme de deux torseurs, multiplication par un scalaire, invariant scalaire, égalité de deux torseurs, produit de deux torseurs, axe central d'un torseur, dérivée d'un torseur, réduction d'un torseur, décomposition d'un torseur. |
| Chapitre 2 | Titre : Cinématique du Solide <ul style="list-style-type: none">• Champ des vitesses, Torseur cinématique• Champ des accélérations• Mouvement de translation d'un solide• Mouvement de rotation d'un solide autour d'un axe• Mouvement hélicoïdal• Mouvement général d'un solide, les angles d'Euler• Lois de composition des mouvements• Roulement et glissement de deux solides en contact ponctuel, condition de roulement sans glissement. |
| Chapitre 3 | Titre : Cinétique du Solide <ul style="list-style-type: none">• Torseur cinétique absolu• Centre d'inertie d'un solide, théorèmes de Guldin• Repère barycentrique, Théorème de Koenig• Relation entre le moment cinétique et le vecteur rotation instantanée• 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 principaux d'inertie• Relation entre la matrice d'inertie en O et le moment d'inertie par rapport à un axe. |
| Chapitre 4 | Titre : Dynamique du Solide <ul style="list-style-type: none">• Torseur dynamique• Principe fondamental de la dynamique: dans des référentiels galiléen et non galiléen• Travail, puissance, énergies cinétique et potentielle• Théorèmes généraux: théorème de l'énergie cinétique, théorème de l'énergie mécanique, théorème du moment cinétique, Notion d'intégrale première• Relation entre le moment dynamique et le moment cinétique• Relation entre l'énergie cinétique et la vitesse de rotation instantanée. |

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 <ul style="list-style-type: none">•Description macroscopique d'un milieu diélectrique•Vecteur polarisation, charges et courants de polarisation, vecteur induction électrique \vec{D}•Permittivité et susceptibilité électrique dans les milieux linéaires homogènes et isotropes•Champs microscopiques et macroscopiques et équations locales pour \vec{D} et \vec{E}•Relation de continuité (ou de passage) des champs \vec{D} et \vec{E} |
| Chapitre 2 | Titre: Milieux magnétiques et aimantation en régime statique <ul style="list-style-type: none">• 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• Théorème d'Ampère dans les milieux linéaires homogènes et isotropes• Equations locales pour \vec{H} et \vec{B}, 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 <ul style="list-style-type: none">•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 et plasma |
| Chapitre 4 | Titre : Propagation dans un milieu matériel limité <ul style="list-style-type: none">• 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)• Propagation guidée d'une onde EM |

Titre du Module : **Introduction à la physique quantique et Relativité restreinte**

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

Coefficient : 1.5

Semestre: S4

| | Relativité restreinte |
|-------------------|--|
| Chapitre 1 | Titre: La physique avant la relativité <ul style="list-style-type: none">• Lois de Newton, Référentiels galiléens et principe de relativité• Changement de référentiels galiléen et la transformation de Galilée• Les équations de Maxwell, expérience de Michelson et Morley• Principe d'invariance et transformation de Lorentz |
| Chapitre 2 | Titre: Principes de la relativité restreinte et transformation spéciale de Lorentz <ul style="list-style-type: none">• Les postulats de la relativité restreinte• Relativité du temps et des longueurs, notion de simultanéité• La transformation spéciale de Lorentz, invariance de l'intervalle entre deux événements• Contraction des longueurs et dilatation des temps |
| Chapitre 3 | Titre: Cinématique relativiste et notion de quadrivecteur <ul style="list-style-type: none">• Transformation des vitesses lors d'un changement de référentiel• Notion de quadrivecteur et d'invariant• Quadrivecteur vitesse propre, quadrivecteur accélération propre• Quadrivecteur d'onde et effet Doppler |
| Chapitre 4 | Titre: Dynamique relativiste d'un point matériel et quadrivecteur impulsion énergie <ul style="list-style-type: none">• Insuffisance de la mécanique classique• Relation fondamentale et quadrivecteur impulsion énergie, quantité de mouvement et énergie relativistes d'un point matériel• Force et quadrivecteur force et relation fondamentale de la dynamique relativiste• Notion de photon et dualité onde-corpuscule• Chocs entre particules |
| Chapitre 5 | Titre: Electromagnétisme et relativité restreinte <ul style="list-style-type: none">• Transformation relativiste du champ électromagnétique• Retour aux équations de Maxwell• Applications |

| | |
|-------------------|---|
| | Introduction à la physique quantique |
| Chapitre 6 | Titre: Insuffisance de la théorie classique <ul style="list-style-type: none"> • émission du corps noir • Effet photoélectrique, • Emission atomique |
| | Effet Compton, expérience de Frank et Hertz, expérience de Davisson et Germer |
| Chapitre 7 | Titre : Description d'une particule en MQ |
| Chapitre 8 | Titre: Les applications de l'Equation de Schrödinger <ul style="list-style-type: none"> • Equation de Schrödinger et fonction d'onde* • Particule dans un potentiel scalaire indépendant du temps • Etats stationnaires d'une particule dans des potentiels carrés à une dimension • barrière de potentiel • puits de potentiel |

Titre du Module : Physique des Ondes

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

| | |
|-------------------|---|
| Chapitre 1 | <p>Titre : Propagation dans une ligne de transmission</p> <p>Lignes à pertes</p> <ul style="list-style-type: none">. Définition d'une ligne de transmission. Equations des télégraphistes. Cas du régime harmonique. Détermination des paramètres secondaires. Impédance complexe. Coefficient de réflexion <p>Lignes sans pertes</p> <ul style="list-style-type: none">. Paramètres secondaires. Taux d'ondes stationnaires. Impédance <p>Abaque de Smith</p> <ul style="list-style-type: none">. Construction de l'abaque. Adaptation d'une ligne de transmission (par simple et double stub) |
| Chapitre 2 | <p>Titre : Couplage d'oscillateurs mécaniques et électriques</p> <ul style="list-style-type: none">• . 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 chaîne linéaire atomique : cas du cristal NaCl• . Approximation des milieux continus |

| | |
|--------------------------|---|
| <p>Chapitre 3</p> | <p>Titre : Corde vibrante</p> <ul style="list-style-type: none"> • . 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 |
| <p>Chapitre 4</p> | <p>Titre : Ondes acoustiques dans les fluides</p> <ul style="list-style-type: none"> • . 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 |
| <p>Chapitre 5</p> | <p>Titre : Propagation guidée</p> <ul style="list-style-type: none"> • . 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. |

- | | |
|--|---|
| | <ul style="list-style-type: none">• . 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 : 56 heures (21 h : Cours, 21 h : TD et 14hTP) Crédits : 3

Coefficient : 1.5

Semestre: S4

| | |
|-------------------|--|
| Chapitre 1 | <p>Titre : Systèmes de numération</p> <ul style="list-style-type: none">- Le système décimal- Le système binaire- Le système octal- Conversion d'un système de numération à un autre :<ul style="list-style-type: none">- De la base B vers la base 10- De la base 10 vers la base B- De la base 2^n vers la base 2 <p>Les codes binaires : code BCD, code majoré de 3, code de Gray</p> <p>Conversion binaire \rightarrow Gray ; Conversion Gray \rightarrow binaire</p> |
| Chapitre 2 | <p>Titre : Les opérations binaires</p> <ul style="list-style-type: none">- 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 | <p>Titre : La logique combinatoire</p> <p>Variable logique, Notion d'opérateur logique, table de vérité</p> <p>Opération d'ordre 1 : fonction d'une variable : Porte NON</p> <p>Opération d'ordre 2 : fonction à deux variables : Porte ET, OU</p> <p>Propriétés des opérations logiques élémentaires : <i>Théorème d'idempotence , théorème des constantes, théorème de complémentation, théorème de commutativité , théorème de distributivité , théorème d'associativité , relation d'absorption, théorème de consensus</i></p> <p>Opérateurs complets: théorème de Morgan, fonctions NAND, fonctions NOR</p> <p>Systèmes combinatoires universels: formes canoniques</p> <p>Fonction OU-EXCLUSIF, <i>théorème d'associativité</i></p> |

| | |
|-------------------|--|
| 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, multiplexeur-demultiplexeur.... |
| Chapitre 6 | Titre : LOGIQUE SEQUENTIELLE LES BASCULES <ul style="list-style-type: none"> ○ 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 : 42 heures

Crédits : 4 Coefficient : 2

Semestre: S4

SEMESTRE 5

Titre du Module : Cristallographie

Volume horaire: 42heures Cours:

21 h TD: 21h

Crédits : 3

Coefficient : 1.5

Semestre 5

| | |
|-------------------|--|
| Chapitre 1 | Titre : Réseau direct <ul style="list-style-type: none">• Repères cristallographiques,• Analyse vectorielle,(TD)• Mailles (1D, 2D, 3D) ; multiplicité• Rangée, plan réticulaire, équation de zone• Changements de bases |
| Chapitre 2 | Titre : Réseau réciproque <ul style="list-style-type: none">• 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 <ul style="list-style-type: none">• Propriétés de symétrie ponctuelle• Différents éléments de symétrie (notation de Hermann Mauguin et Schönflies)• Notions 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 <ul style="list-style-type: none">• 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

Titre du Module : Optique Ondulatoire

Volume horaire : 56 heures (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 <ul style="list-style-type: none">• Vibration lumineuse et notion d'interférences• Interférence par division du front d'onde (Fentes d'Young, Miroirs de Fresnel,)• Notion de pouvoir de réflexion et de transmission• Interférence par division d'amplitude (lame à faces parallèles, coin d'air) |
| Chapitre 2 | Titre : Cohérence spatiale <ul style="list-style-type: none">• Influence de la géométrie du dispositif interférentiel• Cas d'une source étendue : facteur de contraste. Longueur de cohérence spatiale• Franges d'égalles épaisseurs à deux ondes : coin d'air, interféromètre de Michelson, anneaux de Newton |
| Chapitre 3 | Titre : Cohérence temporelle <ul style="list-style-type: none">• Mise en évidence : cas d'une source bi chromatique• Profil d'une raie (interférogramme)• Relation entre longueur de cohérence et la finesse de la raie• Relation entre l'intensité et le contraste des franges• Phénomène d'interférence en lumière blanche : spectre cannelé, teinte de Newton |
| Chapitre 4 | Titre : Phénomène d'interférences à ondes multiples <ul style="list-style-type: none">• 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 nombre d'onde)• Fabry-Pérot : analyseur de radiations, limite de résolution spectrale du Fabry-Pérot• Filtre interférentiel: utilisation comme cavité optique |
| Chapitre 5 | Titre : Diffraction de la lumière <ul style="list-style-type: none">• Diffraction à l'infini(Fraunhofer): Pupille circulaire, pupille rectangulaire (transparences partielle et totale)• Réseau et notion de pouvoir de résolution (Critère de Rayleigh), pouvoir dispersif |

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 Hilbert et fonctions de carrés sommables. <ul style="list-style-type: none">• Définition• Propriétés• Produit scalaire et norme• Bases dénombrables |
| Chapitre 2 | Titre: Les polynômes orthogonaux et fonctions spéciales <ul style="list-style-type: none">• Polynôme de Legendre, de Laguerre, d'Hermite, de Chebychev, ...• Fonctions associées, harmoniques sphériques• Fonctions spéciales Gamma, Zeta de Riemann, fonction d'Airy, fonction de Bessel• Applications en Physique |
| Chapitre 3 | Titre: Transformées mathématiques <ul style="list-style-type: none">• Séries de Fourier et Transformée de Fourier.• Produit de convolution.• Transformée de Laplace.• Fonctions d'autocorrélation et d'intercorrélation• Applications en Physique |
| Chapitre 4 | Titre: Théorie élémentaire des distributions. <ul style="list-style-type: none">• Définition• Propriétés• Distribution de Dirac• Applications en Physique |

Titre du Module : : Physique Numérique**Volume horaire 56 heures (21 h : Cours, 21 h : Td et 14h TP) Crédits : 3 Coefficient : 1.5 Smestre: S5**

| | |
|-------------------|---|
| Chapitre 1 | Titre : Analyse d'erreurs <ul style="list-style-type: none">• Représentation d'un nombre sur ordinateur,• Erreurs dues à la représentation• Erreurs de troncature• Arithmétique flottante• Propagation d'erreurs• Applications |
| Chapitre 2 | Titre: Résolution numérique des équations non linéaires <ul style="list-style-type: none">• Méthodes de dichotomie• Méthode du point fixe• méthodes itératives (Lagrange, Newton..)• Applications au tableau et sur Matlab |
| Chapitre 3 | Titre: Interpolation et approximation d'une fonction <ul style="list-style-type: none">• Interpolation polynomiale : interpolation de Lagrange, Erreurs d'interpolation• Différences divisées et polynômes de Newton• Approximation au sens des moindres carrés• Applications au tableau et sur Matlab |
| Chapitre 4 | Titre: Dérivation et intégration numériques <ul style="list-style-type: none">• Dérivation numérique: Différences finies, Autres méthodes• Intégration numérique: Formules de type interpolation, Formules de Newton- Cotes simples et composées.• Formules de Gauss• Applications au tableau et sur Matlab |

| | |
|-------------------|---|
| | |
| Chapitre 5 | <p>Titre: Résolution de systèmes linéaires</p> <ul style="list-style-type: none"> • Résolution d'un système triangulaire • Méthodes directes de résolution : Méthode de Gauss - Stratégie de pivots, Décomposition LU, • Cas des matrices symétriques définies positives : factorisation de Cholesky • Applications au tableau et sur Matlab |
| Chapitre 6 | <p>Calcul matriciel</p> <ul style="list-style-type: none"> • Calcul du déterminant d'une matrice • Inversion d'une matrice • Calcul des valeurs propres d'une matrice symétrique (méthode de Jacobi) • Valeur propres d'une matrice quelconque • Vecteurs propres |
| Chapitre 7 | <p>Résolution des équations différentielles</p> <ul style="list-style-type: none"> • Introduction et position du problème • Méthode d'Euler • Méthode de Runge Kutta • Problème avec conditions aux limites • Résolution d'un problème aux conditions aux limites par la méthode matricielle |

Titre du Module : Mécanique Quantique I**Volume horaire : 42 heures (21 h : Cours, 21 h : TD) Crédits : 3 Coefficient : 1.5 Semestre: S5**

| | |
|-------------------|---|
| Chapitre 1 | Bases mathématiques de la Mécanique Quantique <ul style="list-style-type: none">• Espace Hilbertien des fonctions d'onde d'une particule• Notion de représentation• Représentation de Dirac : notation bra-ket• Opérateurs linéaires, adjoints, hermitiques, unitaires• Valeurs propres et vecteurs propres• Observables• Produit tensoriel d'espace des états |
| Chapitre 2 | Postulats de la mécanique quantique <ul style="list-style-type: none">• Enoncé des postulats<ul style="list-style-type: none">- Description de l'état du système- Description des grandeurs physiques- Postulats de mesure- Réduction du paquet d'onde- Evolution au cours du temps : Equation de Schrödinger- Quantification des grandeurs physiques• Interprétation physique des postulats<ul style="list-style-type: none">- Cas des systèmes conservatifs- Equation de Schrödinger stationnaire |
| Chapitre 3 | Application des postulats à des systèmes Simples <ul style="list-style-type: none">• Introduction du Spin, Expérience de Stern et Gerlach,• Définition de l'espace des états de spin $\frac{1}{2}$ (avec renvoi au chapitre 3 du deuxième semestre)• Application à la résonance magnétique, précession de Larmor• Système à deux niveaux:<ul style="list-style-type: none">- Sphère de Bloch,- Oscillations de Rabi |
| Chapitre 4 | L'oscillateur harmonique <ul style="list-style-type: none">• Importance de l'oscillateur harmonique en physique• Rappels sur l'oscillateur harmonique en mécanique classique• Hamiltonien de l'oscillateur harmonique à une dimension• Opérateurs \hat{X} et \hat{P}, opérateurs a, a^+ et N• Energies propres et états propres, dégénérescence des niveaux• Discussion physique |

Titre du Module : **Physique statistique I**

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

| | |
|-------------------|--|
| Chapitre 1 | Potentiels thermodynamiques et systèmes ouverts <ul style="list-style-type: none">• Notion de transformation de Legendre• Potentiels thermodynamiques• Systèmes ouverts |
| Chapitre 2 | Introduction aux méthodes statistiques <ul style="list-style-type: none">• Loi de composition• notion de variables aléatoires, valeur moyenne et écart type• Distribution binomiale, de Gauss et de Poisson |
| Chapitre 3 | Description d'un système de taille macroscopique et densité d'états <ul style="list-style-type: none">• Notion d'état macroscopique et microscopique• Micro-état classique et espace des phases• Densité d'états (exemple d'un calcul à 1, 2 et 3 dimensions• Correspondance entre les approches classiques et quantiques• Ensemble statistique et principe ergodique |
| Chapitre 4 | Entropie statistique <ul style="list-style-type: none">• Information manquante• Entropie statistique• propriétés de l'entropie statistique |
| Chapitre 5 | Système isolé à l'équilibre, Distribution microcanonique <ul style="list-style-type: none">• Ensemble micro-canonique, postulat fondamental de la physique statistique• Entropie micro-canonique, température et pression• Propriétés et comportement d'un système isolé• 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 système isolé. |

| | |
|-------------------|---|
| Chapitre 6 | Système en équilibre avec un thermostat , distribution canonique <ul style="list-style-type: none">• Ensemble canonique, notion de thermostat• Fonction de partition et énergie libre, énergie moyenne...• Formalisme canonique à la limite thermodynamique,• 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 gaz parfait• Théorème de l'équipartition de l'énergie |
|-------------------|---|

Titre du Module **Activité Pratique**

Volume horaire : 43 heures

Crédits : 4 Coefficient : 2

Semestre: S5

Semestre 6

| | |
|--------------------------|--|
| <p>Chapitre 1</p> | <p>Titre: Moment cinétique</p> <ul style="list-style-type: none"> • Le moment cinétique classique • L'opérateur moment cinétique défini par ses règles de commutation • Valeurs propres de J^2 et J_z, représentation $\{ j, m\rangle\}$ • Moment cinétique orbital, harmoniques sphériques. • Moment cinétique de Spin, matrices de Pauli |
| <p>Chapitre 2</p> | <p>Titre: Particule dans un potentiel central</p> <ul style="list-style-type: none"> • Description d'une particule dans un potentiel central • Séparation du mouvement du centre de masse • Réduction à un problème à une particule fictive, masse réduite • Résolution de l'équation de Schrödinger • Applications : <ul style="list-style-type: none"> - Atome d'hydrogène (sans spin), - Oscillateur harmonique isotrope |
| <p>Chapitre 3</p> | <p>Composition de deux moments cinétiques</p> <ul style="list-style-type: none"> • Définition du spin comme moment cinétique intrinsèque • Composition de deux spins 1/2 , <ul style="list-style-type: none"> - Produit tensoriel, base découplée - Spin total et base couplée - Etat singulet, états triplets • Addition de deux moments cinétiques quelconques <ul style="list-style-type: none"> - Règles d'addition - Coefficients de Clebsch-Gordan • Composition d'un moment cinétique orbital et d'un spin 1/2 <ul style="list-style-type: none"> - Applications : Interaction spin-orbite, Effet Zeeman, ... |

| | |
|-------------------|--|
| Chapitre 4 | Titre : Méthodes d'approximation <ul style="list-style-type: none">• Théorie des perturbations stationnaires<ul style="list-style-type: none">-Exposé de la méthode- Perturbation d'un niveau non dégénéré,- Correction aux valeurs propres (ordres 1 et 2)-Correction états propres (ordre 1)- Perturbation d'un niveau dégénéré (ordre 1)• Méthode variationnelle<ul style="list-style-type: none">- Principe variationnel- Minimisation de l'énergie- Calcul variationnel : fonction d'essai à un paramètre |
|-------------------|--|

| | |
|--------------------------|---|
| <p>Chapitre 1</p> | <p>Applications relatives à la distribution canonique</p> <ul style="list-style-type: none"> • Application de la distribution canonique au gaz parfait, Distribution de Maxwell Boltzmann des vitesses • 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 la température • Paramagnétisme • Principes de la thermodynamique retrouvés à partir de la mécanique statistique |
| <p>Chapitre 2</p> | <p>Système en équilibre avec un thermostat et avec un réservoir de particules. Description grand-canonique</p> <ul style="list-style-type: none"> • Distribution grand canonique • Grande fonction de partition, grand potentiel, • Formalisme grand canonique à la limite thermodynamique • Description d'un système de particules indépendantes, identiques et indiscernables • Principe de symétrisation: fermions, bosons |
| <p>Chapitre 3</p> | <p>Gaz de fermions indépendants</p> <ul style="list-style-type: none"> • Distribution de Fermi-Dirac • Détermination de l'énergie moyenne, la pression à température nulle • Développement de Sommerfeld pour les basses températures ($T \ll T_{\text{Fermi}}$), propriétés des métaux • Application aux électrons dans les solides (notion de semi-conducteurs) |
| <p>Chapitre 4</p> | <p>Gaz de bosons indépendants</p> <ul style="list-style-type: none"> • Distribution de Bose-Einstein • Condensation de Bose à basse température • Etude de la superfluidité de l'hélium à basse température. |
| <p>Chapitre 5</p> | <p>Gaz de photons, Rayonnement du corps noir</p> <ul style="list-style-type: none"> • Propriétés d'un gaz de photons, étude du rayonnement d'un corps noir, loi de Planck, • Loi de Rayleigh-Jeans, loi de Stephan |

| | |
|-------------------|--|
| Chapitre 6 | Gaz de phonons <ul style="list-style-type: none">• Vibrations des réseaux, notion de phonon• Insuffisance du modèle d'Einstein• Modèle de Debye pour la capacité thermique des solides. |
|-------------------|--|

| | |
|--------------------------|--|
| <p>Chapitre 1</p> | <p>Modèles atomiques pré-quantiques</p> <ul style="list-style-type: none"> • Modèle de Johnson • Expérience de Rutherford • Modèle planétaire • Modèle de Bohr • Modèle de Bohr-Sommerfeld • Limites des modèles pré-quantiques |
| <p>Chapitre 2</p> | <p>Description quantique d'un atome à un électron optique</p> <ul style="list-style-type: none"> • Atome d'hydrogène <ul style="list-style-type: none"> - Hamiltonien. Equation de Schrödinger. Séparation des variables - Résolution de l'équation de Schrödinger. Quantification de l'énergie - Spectre énergétique et orbitales atomiques • Structure fine et hyperfine <ul style="list-style-type: none"> - Interaction spin orbite, correction relativiste, terme de Darwin, Lamb Shift - Structure hyperfine • Ions hydrogénoides • Atomes alcalins, défauts quantiques |
| <p>Chapitre 3</p> | <p>Atomes à plusieurs électrons</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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) <ul style="list-style-type: none"> - Etat fondamental, 1er(s) état(s) excites - Notation spectroscopique/Terms spectraux - Structure fine • Atomes à plus de deux électrons <ul style="list-style-type: none"> - Approximation du champ central - Configurations électroniques des éléments, tableau périodique. |
| <p>Chapitre 4</p> | <p>Atome dans un champ électrique ou magnétique statique</p> <ul style="list-style-type: none"> • Atome d'hydrogène dans un champ électrique statique : Effet Stark <ul style="list-style-type: none"> - Hamiltonien d'interaction - Traitement perturbatif • Atome paramagnétique dans un champ magnétique statique <ul style="list-style-type: none"> - Hamiltonien d'interaction - Traitement perturbatif. Champ faible : Effet Zeeman. Champ fort : Effet Paschen-Back. Champ intermédiaire |

| | |
|-------------------|--|
| Chapitre 5 | Interaction atome-rayonnement <ul style="list-style-type: none"> • Interaction atome onde électromagnétique, approche semi-classique <ul style="list-style-type: none"> - Expression du Hamiltonien - Approximation dipolaire électrique - Probabilités de transition • Absorption, émission spontanée, émission stimulée • Profils de raies, intensités • Applications : Effet Laser, refroidissement des atomes par laser |
| Chapitre 6 | Introduction à la physique moléculaire : Molécules diatomiques <ul style="list-style-type: none"> • Hamiltonien non relativiste d'une molécule diatomique <ul style="list-style-type: none"> - Séparation mouvement électronique de celui nucléaire / Approximation de Born Oppenheimer • Structure électronique <ul style="list-style-type: none"> - Méthode des orbitales moléculaires (Principe) - Ion moléculaire H_2^+, Etat fondamental (lié) et 1^{er} état excité (répulsif), - Méthode LCAO, • Mouvement nucléaire <ul style="list-style-type: none"> - Séparation des mouvements vibrationnels et rotationnels - Vibration d'une molécule diatomique, approximation harmonique + Correction - Rotation d'une molécule diatomique, rotateur rigide + correction • Spectres moléculaires <ul style="list-style-type: none"> - Spectres de rotation, de vibration-rotation et ro-vibroniques. |

| | |
|--------------------------|--|
| <p>Chapitre 1</p> | <p>Titre: Les tenseurs</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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 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 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 isotropes applications à d'autres tenseurs représentatifs d'une propriété physique. |
| <p>Chapitre2</p> | <p>Titre : Propriétés électriques de la matière</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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 Langevin • Champ local, Relation de Clausius Mossotti • Notion d'indice pour un diélectrique, dispersion • Ferroélectricité, piézoélectricité, pyroélectricité |
| <p>Chapitre 3</p> | <p>Titre : Propriétés magnétiques de la matière</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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 |

| | |
|--------------------------|--|
| | <p>Diamagnétisme : modélisation simple de l'origine du phénomène (précession de Larmor), calcul de la susceptibilité magnétique</p> <p>Paramagnétisme : 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</p> <ul style="list-style-type: none"> • ... |
| <p>Chapitre 4</p> | <p>Titre : Liaisons cristalline</p> <ul style="list-style-type: none"> • Introduction • Descriptions des liaisons cristallines : <ul style="list-style-type: none"> - 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 :84 heures

Crédits : 7 Coefficient : 3.5 Semestre: S6