

Licence Mention Physique - Parcours Physique Licence 3 - semestres : S5 et S6 2014-2015

Responsables de la formation

Directrice des Etudes:
Mme Zehnlé Véronique
Bâtiment P5 bureau 155
Veronique.Zehnle@univ-lille1.fr

Secrétariat pédagogique :
Mme Jenny Duhayon,
bâtiment P1 bureau 004
Jenny.duhayon@univ-lille1.fr

Contenu de la formation

S5

- Physique quantique I
- Projet expérimental
- Thermodynamique avancée
- Informatique
- Outils mathématiques pour la physique
- Electromagnétisme dans la matière /
- Mécanique analytique
- Langue vivante

S6

- Physique quantique II
- Optique avancée
- Propriétés de la matière condensée
- Physique statistique
- Ondes et vibrations II
- Unité optionnelle à choisir parmi
Astrophysique ou,
Histoire des Sciences ou,
Physique de la terre et de son
environnement
- Projet de physique théorique OU stage en
laboratoire de recherche

Semestre 5

Physique quantique I – 4 ECTS

Description des objectifs :

Assimiler les idées quantiques et leur rupture avec l'approche classique.

Connaître les postulats et savoir les appliquer aussi bien dans le formalisme de Dirac que dans celui de la mécanique ondulatoire.

Connaître le comportement de quelques systèmes simples (oscillateur harmonique, atome d'hydrogène et notion d'orbitale atomique).

Description du contenu :

Origines de la physique quantique. Dualité onde-corpuscule

Le cadre mathématique. Formalisme de Dirac

Postulats de la physique quantique et leur interprétation. Mécanisme de mesure. Equation de Schrödinger et évolution des observables. Inégalités de Heisenberg.

Mécanique ondulatoire. Etats stationnaires. Problèmes à une dimension

Oscillateur harmonique. Applications

Moment cinétique. Harmoniques sphériques. Spin de l'électron. Notions sur l'addition des moments cinétiques

Atome d'hydrogène. Orbitales atomiques.

Méthode des perturbations indépendantes du temps. Applications.

Electromagnétisme dans la matière - 3 ECTS

Objectifs :

Connaître les équations de Maxwell dans la matière. Savoir les démontrer.

Connaître les relations de continuité des champs et les phénomènes associés (réflexion de Fresnel, lois de Descartes) et savoir démontrer chaque relation à l'aide des équations de Maxwell.

Maîtriser les concepts de polarisation de la matière et de propagation d'ondes électromagnétiques dans les milieux diélectriques.

Connaître les phénomènes de ferromagnétisme, paramagnétisme et diamagnétisme ainsi que leur description théorique.

Description du contenu :

Milieux diélectriques

- Polarisation (champ micro- et macroscopique - polarisation électronique, ionique, dipolaire)
- Potentiels et Champs (potentiel scalaire, champ macroscopique, vecteur D)
- Equations de Maxwell dans un diélectrique
- Equations de continuité
- Diélectrique linéaire (tenseur des permittivités, cas isotrope, linéaire, condensateur)
- Champ local (Sphère de Mossotti et champ local de Lorentz, polarisabilité et polarisation)

Propagation des Ondes EM planes dans les milieux linéaires

- Equations de propagation
- Lois de Descartes (démonstration à partir des relations de continuités)
- Coef de Fresnel
- Réflexion totale de la lumière
- Propagation des Ondes EM planes dans les milieux conducteurs.
- Dispersion et absorption (indice d'un milieu à polarisation électronique)

Milieux magnétiques

- Vecteur aimantation, potentiel vecteur et équations de continuité
- Equations de Maxwell
- Milieu magnétique linéaire et isotrope (susceptibilité magnétique, forces)
- Paramagnétisme (théorie de Langevin) et diamagnétisme (théorie de Larmor)
- Ferromagnétisme

S5- Projet expérimental en physique - 4 ECTS

Description des objectifs :

Résoudre un problème de Physique en utilisant une démarche expérimentale

Savoir développer une démarche scientifique dans la conduite d'un projet

Savoir formuler un problème et analyser les résultats

Savoir faire preuve d'autonomie et d'initiative

Savoir exposer ses idées et ses résultats par écrit et par oral

Description du contenu : Montrer une expérience de physique pour mettre en évidence un phénomène physique et l'interpréter. Exposer les résultats et les idées par écrit et par oral.

S5- Outils pour la physique - 5 ECTS

Les développements mathématiques «formels» (succincts) seront illustrés et appliqués à des problèmes de la physique, notamment à ceux qui sont abordés dans les autres modules du S5.

Ce module doit permettre à l'étudiant de comprendre la signification physique des concepts mathématiques (à ce titre des expériences de cours seront présentées) ; il doit également permettre à l'étudiant de mettre en oeuvre l'outil mathématique le mieux adapté à un problème donné.

Description du contenu

Matrice à coefficients complexes et mécanique quantique : matrices hermitiques, unitaire, adjoint, projecteur

Séries et Transformée de Fourier : rappels et applications à la résolution d'équations aux dérivées partielles de la physique (éq. d'onde, éq. de la chaleur)

Transformation de Laplace

Fonctions spéciales et applications aux problèmes de la physique quantique et de l'électromagnétisme Polynômes de Legendre, polynômes d'Hermite, fonctions de Bessel, harmoniques sphériques

Fonction d'une variable complexe : fonction analytique, intégrale de contour, théorème des résidus et applications

S5- Informatique - 4 ECTS

L'objectif de cet UE est de donner les bases d'informatique et d'algorithmique pour aborder les problèmes de simulation numérique en Physique. Les commandes de bases de shell permettant de gérer la simulation numérique sous environnement Linux sont abordées dans un premier temps. Le langage C++ est ensuite étudié avec des exercices d'application immédiats liés à des questions de Physique. Une part importante des cours-TP est consacrée à la façon d'aborder un problème non soluble analytiquement en Physique. Pour terminer, les étudiants auront un mini-projet à mener à bien pour résoudre numériquement un système physique (pendule non linéaire, transition de phase...)

S5-Mécanique analytique - 3 ECTS

Les lois de la physique décrivent des systèmes réels dans des situations simples. La description mathématique (ou modélisation) de ces systèmes suit des règles dont le principe variationnel est le plus représentatif. Partant des acquis de la mécanique du point et du solide ce cours est une introduction à la modélisation de problèmes de physique s'appuyant sur la formulation lagrangienne et hamiltonienne. Il souligne l'importance des limites, de la validité d'un modèle mais aussi sa généralité. Il déduit des concepts, des approches du point vers le système de points, continu ou non.

L'application du principe variationnel à quelques systèmes physiques permet de traiter quelques lois et théorèmes. Et amorcer le passage vers la physique moderne : statistique et quantique.

S5-Thermodynamique avancée - 5 ECTS

Description des objectifs

Savoir appliquer les résultats issus de la statistique de Boltzmann

Savoir utiliser les potentiels thermodynamiques

Savoir utiliser les diagrammes de phases des corps purs et connaître les différentes chaleurs latentes

Savoir appliquer les lois de Fourier, de Stefan, de Wien

Contenu :

Eléments de physique statistique :

Distribution des vitesses ; effusion ; statistique de Boltzmann ; fonction de partition ; potentiels thermodynamiques ; entropie statistique ; température cinétique, absolue, thermodynamique

Les potentiels thermodynamiques :

Les deux principes de la thermodynamique (rappels) ; définition des potentiels (rappels). Principe d'équilibre.

Changement de phase d'un corps pur :

diagrammes de phases ; utilisation des diagrammes H,T et G,T. étude quantitative du changement de phase : potentiel chimique ; métastabilité

Transferts d'énergie thermique :

Conduction thermique : loi de Fourier et équation de la chaleur ;

diffusion thermique : régimes permanents et résistance thermique ; régime transitoires.

Notions de convection thermique (pertes thermiques ; loi de Newton)

Rayonnement du corps noir : bilan radiatif ; rayonnement d'équilibre : lois de Planck (non démontrée) et de Stefan. Application à l'effet de serre.

S5- Langue vivante 2 ECTS

- Compréhension écrite (textes anglais intérêt général)
- Vocabulaire et conversation (textes à caractère scientifique)
- Pratique des structures de la langue anglaise
- Compréhension orale (en labo)
- Pré-sensibilisation aux épreuves du TOEIC

Semestre 6

S6- Optique - 5 ECTS

Description des objectifs :

- Comprendre et maîtriser les conséquences de la nature ondulatoire de la lumière
- Connaître les dispositifs interférentiels classiques : maîtriser autant la mise en évidence expérimentale des phénomènes que les calculs des profils d'intensités dans chacun des cas
- Maîtriser les notions de cohérences temporelle et spatiales (conséquences expérimentales et modélisation)
- Savoir faire le lien entre optique ondulatoire et optique géométrique. Savoir faire le lien entre les phénomènes de propagation libre et de diffraction.
- Connaître le cadre de la diffraction de Fraunhofer et le lien avec la transformée de Fourier.
- Savoir calculer dans des cas simples le profil de la figure de diffraction par transformée de Fourier
- Connaître la notion de filtrage spatial.
- Maîtriser l'utilisation et les propriétés des réseaux de diffraction

Contenu: Cours : 22 h – TD : 22 h - TP : 15 h

Interférences lumineuses

Rappels : Notion de cohérence. Systèmes interférentiels par division du front d'onde (miroir de Fresnel, fentes d'Young) et par division d'amplitude (Michelson).

Etude détaillée de la cohérence temporelle et spatiale. Etude détaillée du Michelson (coin d'air, teinte plate). Interférences à ondes multiples : superposition d'ondes multiples (fonction d'Airy) ; interféromètre de Pérot-Fabry (cavité, facteur de qualité...) ; applications pratiques des interféromètres (Capteurs, gyroscopes...).

Diffraction et Optique de Fourier

Introduction historique. Lien entre l'optique géométrique et ondulatoire. Phénomènes expérimentaux de diffraction. Problème de la résolution des équations de Maxwell dans le cas général. Notions de la théorie de Kirchhoff. Fonctions de Green et principe de Huygens-Fresnel. Diffraction de Fraunhofer. Diffraction dans le plan focal image d'une lentille. Exemples de calcul d'intensité diffractée à l'infini par des pupilles géométriques de formes simples.

Diffraction de Fraunhofer par un réseau de fentes. Réseaux (amplitude et phase). Application des réseaux de diffraction

Relation avec la transformée de Fourier spatiale. Notions d'optique de Fourier. Filtrage spatial. Notions d'optique en champ proche.

S6- Ondes et vibrations II 3 ECTS

Contenu:

1 - Introduction aux phénomènes non-linéaires dans les oscillateurs.

Analyse de stabilité linéaire ; apparition de combinaison de fréquences : harmoniques, somme de fréquence, différence, etc.

Oscillateur non-linéaire: décalage de la fréquence de résonance ; oscillations de relaxation ; instabilité paramétrique (exemple du pendule)

2 - Ondes: phénomènes de base

Exemples d'équations d'ondes: différences apparentes, points communs apparents (dissipatif vs non-dissipatif, dispersif vs non dispersif, linéaire vs non-linéaire, ordre de l'équation).

Phénomènes fondamentaux de la dynamique des milieux étendus: dispersion, diffusion, vitesses pertinentes (vitesse de phase, vitesse de groupe) dans les milieux discrets et continus ; Energie: vitesse de propagation de l'énergie

Phénomènes non- linéaires dans les ondes: génération d'harmoniques, solitons, ..

S6- Physique quantique II - 4 ECTS

Description des objectifs :

Acquérir les notions de base de la physique quantique (suite de l'UE Physique Quantique du S5) et maîtriser les fondements.

Connaître les applications fondamentales.

Maîtriser les outils mathématiques indispensables à cette discipline.

Contenu : le cours s'articule selon les 4 parties suivantes.

- *Moment cinétique*: théorie générale, définitions et propriétés mathématiques.

- *Système à potentiel central* : cas général ; application à l'étude de l'atome d'hydrogène : historique, développement mathématique et analyse des résultats.

- *Moment cinétique de spin* : historique et propriétés générales - systèmes de particules identiques: principe de Pauli, bosons et fermions.
Addition de moments cinétiques : structure fine de l'atome d'hydrogène.
- *Méthode des perturbations stationnaires*.

S6- Propriétés de la matière condensée - 5 ECTS

Description des objectifs : Connaître les propriétés microscopiques qui permettent de définir les différents états de la matière condensée.

Faire émerger les propriétés fonctionnelles des grandes classes de matériaux

Description du contenu :

Introduction: problématique de la classification des états de la matière

Possibilité d'une classification selon la structure et la dynamique : structure ordonnée, structure désordonnée ; notions sur les interactions entre atomes et molécules (distances interatomiques ; énergie de cohésion ; dilatation thermique)

Propriétés structurales de la matière condensée

La matière ordonnée : structures cristallines ; réseau direct, réseau réciproque ; notions sur la symétrie d'orientation ; réseaux de Bravais, quelques structures type

Outils d'analyse structurale : diffraction des rayons X et des neutrons ; loi de Bragg et facteur de structure ; effet de taille

Effets de désordre : agitation thermique ; désordre de position et de substitution ; les défauts cristallins (ponctuels, linéaires, plans) ; les cristaux liquides

Structure des liquides et des amorphes : fonction de distribution radiale et facteur de structure associé ; structure de quelques solides amorphes.

Propriétés dynamiques de la matière

Réponse élastique : notion de contrainte et de déformation ; loi de Hooke ; ondes élastiques, vitesse de propagation du son.

Diffusion et relaxation : mécanismes de diffusion, autodiffusion, hétérodiffusion, lois de Fick ; notions de relaxation orientationnelle

Origine physique de la viscosité : l'écoulement visqueux : comportement expérimental; modèles rhéologiques (ex : Maxwell) ; corrélation entre la rhéologie et les propriétés microscopiques ; modèles simples de la viscosité des liquides et des solides.

S6- Projet de physique théorique ou Stage en laboratoire - 3 ECTS

Description du contenu : Résolution de problèmes simples de Physique tels que la résolution d'équations différentielles (par exemple les équations du mouvement d'un pendule simple). Projets sur des sujets proposés par les enseignants devront couvrir autant de domaines de la Physique que possible (Physique statistique, Physique quantique, mécanique, optique, dynamique non linéaire, thermodynamique.). Les projets comprennent trois aspects : modélisation (mise en équation du problème), calcul analytique (« à la main ») et simulation numérique.

S6- Physique Statistique - 6 ECTS

Description des objectifs : Acquérir des formalismes statistiques (entropie ; liens entre propriétés microscopiques et macroscopiques).

Savoir formuler un problème de thermodynamique à partir des concepts microscopiques (choix et écriture de fonction de partition, relation avec les propriétés macroscopiques, potentiel thermodynamique).

Connaître et savoir appliquer les statistiques de particules indépendantes

Description du contenu : Eléments de probabilité (distributions binomiale, de Gauss et de Poisson ; formule de Stirling, multiplicateurs de Lagrange).

Fondements et principes de la physique statistique. Entropie statistique.

Différents ensembles statistiques (microcanonique, canonique et grand canonique).

Fonctions de partition et distributions d'équilibre. Relations avec les propriétés thermodynamiques.

Fluctuations et réponses macroscopiques (chaleur spécifique, susceptibilité). Potentiels thermodynamiques et évolution des systèmes hors équilibre.

Différentes statistiques de particules indépendantes (Maxwell-Boltzmann, Fermi-Dirac, Bose-Einstein, limite classique des statistiques quantiques).

Applications : Marche au hasard, mouvement Brownien. Paramagnétisme et ferromagnétisme, loi de Curie. Gaz classiques mono et polyatomiques, théorie cinétique. Notions de changement de phase, approximation de champ moyen. Gaz d'électrons et structure électronique des solides. Condensation de Bose. Rayonnement thermique ; propriétés thermiques des solides.

S6- Descriptif des UE optionnelles - 3 ECTS *Une unité à choisir parmi les 4 options suivantes*

1. Astrophysique

Description des objectifs : Initiation à l'astrophysique

Utiliser les connaissances acquises en physique fondamentale et les appliquer à des problèmes astrophysiques

Présentation de quelques problématiques actuelles et de l'utilisation des moyens modernes d'observation

Description du contenu (cours + TD) : Présentation des objets astrophysiques.

Le rayonnement électromagnétique, messenger de l'information. Interaction lumière-matière.

Moyens d'observations actuels et en projet (observations à partir du sol, missions satellitaires)

Planètes extrasolaires: méthodes de détection.

Physique stellaire : naissance, vie et mort des étoiles; modélisation simple d'une étoile, lois d'échelle, scénarios d'évolution, nucléosynthèse.

Physico-chimie du milieu interstellaire: formations d'étoiles, notions de chimie interstellaire.

L'univers à grande échelle et la cosmologie (s'il reste du temps)

Projet bibliographique: projet se concrétisant par un exposé (individuel ou en groupe suivant l'effectif), sur des sujets variés permettant d'élargir les thèmes abordés en cours.

2. Physique de la Terre et de son Environnement

Description des objectifs. Ce module vise à présenter à des étudiants de physique et de chimie les approches contemporaines de l'étude (observation, modélisation) de l'intérieur de la Terre ainsi que de son enveloppe superficielle (océan, atmosphère et cryosphère) en relation avec le système climatique et son évolution. Un effort particulier est fait pour mettre en valeur l'apport (conceptuel, expérimental, méthodologique,...) des sciences physiques à ces champs scientifiques.

1. Acquérir une connaissance des processus physiques fondamentaux qui ont lieu dans le manteau terrestre, l'atmosphère et les océans. 2. Connaître les principes de base utilisés pour l'observation, la modélisation de la Terre et de son enveloppe superficielle.

Description du contenu :

La formation est donnée sous forme essentiellement magistrale et peut inclure participations à des séminaires sur ces thèmes dans le cadre des laboratoires ou écoles doctorales. On distingue deux parties dans le cours:

- A- Géophysique interne :
 - L'origine des éléments - Contraintes géochimiques
 - Observer la Terre - contraintes géophysiques
 - L'apport de la sismologie
 - Les enveloppes de la Terre interne
 - Modèle minéralogique de Terre
 - La pression, paramètre fondamental de l'étude de l'intérieur des planètes
 - La Terre machine thermique
- B- Climat de la terre - Sciences de l'Atmosphère et des Océans :
 - Les acteurs du climat - Génèse de l'atmosphère terrestre – Composition et structure - Bilan énergétique, circulation atmosphérique. Effet de serre. Observer et modéliser les paramètres atmosphériques.
 - L'océan – description, paramètres clefs. Moyens d'observation.
 - Interactions océan-atmosphère - Circulations océaniques de surface et thermohaline – Phénomène El Nino.
 - Climat futur – Influence anthropique – Modèles, observations, incertitudes

3. Histoire des Sciences

Description des objectifs. Mettre en perspective les contenus des disciplines actuelles. Montrer que les savoirs résultent d'une histoire riche de diverses approches, liées à des représentations du monde et à des questionnements différents

Description du contenu :

1. De l'histoire de la vision à l'histoire de la lumière

Les philosophes antiques se sont posés la question de la vision, sans considérer l'œil et la lumière. C'est la science en pays d'Islam qui a, la première, tenté de décrire la nature physique de celle-ci, grâce à la science expérimentale qu'elle a mise au point (XI^e siècle). Les latins du Moyen-Age n'ont

pas pratiqué cette méthode dans leur volonté de concilier Foi et Raison. C'est avec la « science des mécènes » que l'Occident en vient à pratiquer l'expérience pour expliquer les divers effets lumineux par les propriétés de la lumière (XVII^e siècle).

2. La lumière : ondes ou corpuscules ?

Du XVII^e siècle au XX^e siècle cette interrogation va traverser la science sans jamais apporter de réponse définitive. Les uns vont considérer le monde rempli par l'éther, les autres comme vide ; tous veulent expliquer dans le cadre du mécanisme les nouvelles observations effectuées, qu'elles soient ou non déduites des théories. La fin du XIX^e siècle voit poindre la notion de champ, qui permet de rompre avec la description mécanique de l'univers. Le début du XX^e siècle va marquer l'émergence d'une dualité dans la description de la matière et de la lumière : toutes deux seraient ondes et corpuscules. Cette conception est renversée par la science contemporaine : la lumière n'est ni onde, ni corpuscule. Ceci nous amènera à parler de modélisation et des limites de la description scientifique du réel.

3. La révolution en science

La science a donc une histoire qui ne correspond pas à celle de l'avènement progressif de la vérité, sur le mode cumulatif des connaissances acquises, suivant une progression linéaire, mais plutôt celle de la confrontation incessante de théories concurrentes, débouchant parfois sur des événements qui pourraient se lire comme de véritables ruptures dans la pensée scientifique. Toutefois, la rupture – ou encore « révolution scientifique » – est toujours le fruit d'une lecture rétrospective, parfois ambiguë. Et pourquoi apparaît-elle, comment s'accomplit-elle, est-elle simple renversement des représentations des savants, ou marque-t-elle un réel progrès vers la vérité en science. Nous nous appuyerons sur l'exemple de la « révolution » de Lavoisier pour présenter quelques éléments de réponse.

S6- Anglais - 1 ECTS