

Licence de physique

Syllabus 2024-2029

version du 15/10/2025

L'approche par compétences

La licence de physique s'inscrit dans la démarche de l'approche par compétences. Cela se traduit par le document 'Approche par compétence en Licence de Physique' disponible sur le site de la licence de physique. Elle se concrétise aujourd'hui par l'apparition de blocs de compétences qui structurent chaque semestre de la licence de physique et par des compétences indiquées dans chacun des modules. Pour l'heure, l'obtention de chaque semestre de la licence se fait soit en validant l'ensemble des unités d'enseignement (UE) d'un semestre, soit en obtenant plus de 10/20 en moyenne, pondérée par les coefficients des modules et ce sans tenir compte des blocs. De même chaque année de licence est obtenue si vous avez plus de 10/20 à chaque semestre ou en moyenne plus de 10/20. Pour obtenir la poursuite d'études que vous voulez, il vaut mieux présenter le meilleur dossier possible.

Les parcours de la licence de physique

La licence de physique est composée de 6 semestres dont les 2 premiers font partie soit du portail physique-mathématique, soit du portail physique-chimie. La 2^e année est commune à l'ensemble des parcours. La 3^e année comporte 2 parcours. Le parcours Physique (P) et le parcours Sciences de l'Ingénieur (SI).

La licence de physique se décline aussi avec le parcours LAS pour les étudiants voulant intégrer une préparation en médecine, le parcours Undergraduate Program of Excellence (UGPex) Minerve, destiné à vous donner dès la licence une meilleure vue de ce que sont les métiers de la recherche et un parcours double diplomation en mathématiques et physique (DDMP). Ce dernier parcours est décrit dans le document 'DDMP organisation'. L'accès aux parcours UGPex-Minerve et DDMP se fait sur dossier.

Tout cela paraît compliqué, mais en gros, si vous êtes en licence de physique, vous suivez les modules de la licence de physique ! Si vous êtes en LAS Physique, vous avez des modules supplémentaires pour la préparation au concours de médecine. Si vous êtes accepté dans le parcours UGPex-Minerve, vous avez chaque semestre un module supplémentaire. Pour la DDMP, vous suivez deux licences, celle de physique et celle de mathématiques. Elles comprennent chacune des modules spécifiques et des modules

communs. Si vous voulez en savoir plus, en particulier les modules des deux licences, voir le document 'DDMP Organisation'.

Pour la dernière année, vous avez le choix entre deux parcours qui diffèrent par 2 modules d'options. Dans le parcours P, les modules sont des modules de physique fondamentale, alors que pour le parcours SI ce sont des modules de physique appliquée. Le choix de l'option dépend de vos goûts et de la poursuite d'études que vous envisagez. Enfin, il vous est possible (sous réserve d'un effectif suffisant) de choisir de suivre 2 modules enseignés en anglais à chaque semestre, ce quel que soit votre parcours P ou SI.

Dans la suite du document vous retrouverez le contenu des modules (sommaire), le contexte qui décrit le pourquoi du module, les prérequis, les compétences évaluées et une bibliographie. Vous retrouverez aussi sur l'ENT des fascicules, ou diaporama, ou notes de cours, en plus des textes de TD et de TP.

Éléments de contexte**prérequis**

Programme de Mathématiques et de spécialité "Physique-Chimie" de terminale générale.

Compétences évaluées

Compétences évaluées de la compétence Phys 1 :

- utiliser les unités et dimensions de base.
- convertir différentes unités de mesure.
- vérifier la cohérence dimensionnelle des équations et des relations.
- identifier des situations analogues pour vérifier des principes fondamentaux de la mécanique (inertie, action-réaction...).
- estimer les ordres de grandeur de différentes quantités.
- comparer et interpréter les ordres de grandeur de différentes quantités.

Compétences évaluées de la compétence Phys 3 :

- connaître des concepts fondamentaux comme la force, la masse, l'accélération et la vitesse.
- décomposer des forces et des mouvements en composantes vectorielles.
- convertir et manipuler les coordonnées pour analyser les mouvements.
- résoudre les équations de mouvement classiques (rectiligne, circulaire, mouvement en spirale et hélicoïdale).
- résoudre des systèmes d'équations linéaires.
- comprendre et appliquer les trois lois de Newton à divers problèmes.
- différencier et appliquer des concepts de cinématique (étude du mouvement) et de dynamique (étude des causes du mouvement).
- avoir les méthodes pour résoudre divers problèmes simples de mécanique du point.

Sommaire

1. Mathématiques de la mécanique, cinématique :

- Repères et référentiels, notion de référentiel Galiléen.
- Changement de système de coordonnées par projection orthogonale, dérivation temporelle des vecteurs unitaires.
- Vecteurs vitesse et accélération dans différents systèmes de coordonnées (cartésiennes, cylindriques, polaires planes, sphériques).

2. Exemples de mouvements :

- Mouvements rectilignes et mouvement parabolique.
- Mouvements dans le plan polaire (vecteur rotation, mouvements circulaires, cycloïdal...), tracé de trajectoire dans le plan polaire (spirale d'Archimède...).
- Mouvements en coordonnées cylindriques (mouvement hélicoïdal).
- Exemple de mouvements en coordonnées sphériques

3. Lois de l'équilibre, dynamique et applications :

- Les trois lois de Newton.
- Notion de force, quantité de mouvement, résultante et point d'application, moment d'une force.
- Statique : équilibre d'un système en translation et en rotation
- Interactions à distance : interaction gravitationnelle, électrique
- Interactions de contact : contact solide-solide (composante normale et tangentielle, lois de Coulomb, glissement, roulement), fluides (forces de pression, pression hydrostatique), contact solide-fluide (principe d'Archimède, notion de tension superficielle, frottement visqueux),
- Forces de liaison : action d'une corde, action d'un ressort
- Dynamique de rotation du point (application du Principe Fondamental de la Dynamique pour un système en rotation, pendule simple, autre exemple...)
- Notions sur les mouvements oscillants (ressort, pendule)

Modalités de contrôle des connaissances et des compétences:

cf. modalité de contrôle des connaissances et des compétences (MCC)

Responsable de l'enseignement :

F. Muller

Ressources :

Bibliographie :

- Brunel et al. Physique L1 : Cours complet avec exercices corrigés et vidéos, Pearson, 2015.
- Douillet et al. Physique Phy, Dunod, 2017.
- M. Henry et N. Delorme , Mini manuel de Mécanique du point : Cours + exos, Dunod, 2014.

Ces livres sont disponibles à la bibliothèque universitaire des sciences sur l'ENT :

- Diaporamas avec des exercices d'application directe du cours ;
- Corrections des exercices d'application ;
- Forum du cours : échanges entre étudiants et enseignants.

Éléments de contexte**prérequis**

Initiation à l'utilisation des matrices 2x2

Compétences évaluées

Savoir construire un appareil d'optique

Sommaire

Chapitre 1 : Approximations de l'optique géométrique, principe de Fermat

- Conception ondulatoire, corpusculaire, quantique
- Propagation dans un milieu (transparent) autre que le vide
- Notion de rayons lumineux
- Trajet d'un rayon lumineux dans les milieux homogènes, inhomogènes, à travers un dioptre, indice de réfraction

Chapitre 2 : Approximation de Gauss

- Conventions – Définitions
- Conditions de stigmatisme
- Dioptre sphérique dans l'approximation de Gauss (définition, relation de conjugaison, vergence d'un dioptre, foyers, distance focale, miroirs sphériques)
- Approximation de Gauss et calcul matriciel (Matrice de réfraction, Matrice de translation)

Chapitre 3 : systèmes centrés

- Matrice de transfert du système
- Éléments cardinaux (plans principaux, plans focaux, foyers, points nodaux)
- Détermination de l'image d'un objet (Relation de conjugaison, Constructions géométriques)
- Exemples d'applications : les lentilles (loupe, lentille mince)

Chapitre 4 : l'œil

- Description sommaire
- Éléments cardinaux
- Caractéristiques de l'œil
- Les défauts de l'œil (Myopie, Hypermétropie, Presbytie, Astigmatisme)

Chapitre 5 : Aberration chromatique, Doublets

- Aberration chromatique
- Achromatisme (Condition d'achromatisme pour 2 lentilles minces, Lentilles minces accolées, Lentilles non accolées)
- Doublets

Chapitre 6 : association de deux systèmes centrés

- Le microscope : Formation de l'image

Chapitre 7 : Systèmes centrés afocaux

- Caractéristiques des instruments afocaux
- Exemple de systèmes afocaux : association de dioptries plans

- La lunette astronomique

Modalités de contrôle des connaissances et des compétences:

cf. modalité de contrôle des connaissances et des compétences (MCC)

Responsable de l'enseignement :

Y. Vaills

Ressources :

Bibliographie :

- Optique, fondements et applications, J.P. PEREZ, Ed. MASSON Sciences,
- Sciences et vie Junior, Dossier hors-série n°51, Janvier 2003
- Optique géométrique, T. BECHERRAWY, Ed. de boeck, 2006

Documents fournis par le Professeur, déposées su Célène :

- Diaporamas des leçons (200 diapositives)
- Cours rédigé (160 pages)

Éléments de contexte

Les mathématiques constituent le langage de la physique. Les unités d'enseignement (UE) "outils pour la physique" visent à aider à la compréhension des modèles de la physique (entre autres) en comprenant et manipulant les outils mathématiques nécessaires. Au semestre 2, ils sont en particulier introduits pour aider à la compréhension des UE de physique en particulier de ce semestre et aussi des semestres ultérieurs.

prérequis

Connaissances et méthodes du secondaires

Compétences évaluées

Compétences : Phy 5

- Identification d'un questionnement au sein d'un champ disciplinaire,
- Être capable de faire des estimations d'ordres de grandeur et en saisir la signification,
- Être capable de manipuler les principaux outils mathématiques utiles en physique du semestre 1.

Mise en œuvre de méthodes et d'outils du champ disciplinaire

- Être capable de mener en autonomie les différentes étapes d'une démarche expérimentale,
- Être capable d'interpréter des données expérimentales,
- Être capable d'identifier les sources d'erreur pour calculer l'incertitude sur un résultat expérimental,

Exploitation de données à des fins d'analyse

- Être capable d'analyser et de synthétiser des données en vue de leur exploitation.

Sommaire

- rappels sur fonctions usuelles et trigonométrie,
- espace vectoriel, systèmes de coordonnées, calculs vectoriels : produits scalaire et vectoriel, normes, projection orthogonale,
- systèmes d'équations simples, matrices,
- nombres complexes,
- équations différentielles à coefficients constants du premier et deuxième ordre.

Méthodologie :

- ordres de grandeur et chiffres significatifs, Unités, Dimensions,
- notions de mesures, erreurs de mesure, incertitudes de mesures,
- linéarisation de loi physique, mise en équation simple,
- mise en forme des résultats sous forme de tableaux ou de graphes, rectangles d'incertitudes, détermination de la pente et de l'ordonnée à l'origine et de l'incertitude associée.

Modalités de contrôle des connaissances et des compétences:

cf. modalité de contrôle des connaissances et des compétences (MCC)

Responsable de l'enseignement :

K. Loth

Ressources :

Bibliographie :

- Loic Villain, Outils mathématiques pour la physique, De Boek Supérieur, 2018
- Yann Picard, Physique : outils et méthodes pour réussir la L1, De Boek Supérieur, 2019

sur l'ENT :

- Supports de cours, sujet des TD et des TP
- Exercices Corrigés
- forum

S1

Biophysique

Éléments de contexte

prérequis

Compétences évaluées

- analyse d'un questionnaire au sein d'un champ disciplinaire.
- mobiliser les concepts fondamentaux pour modéliser, analyser et résoudre des problèmes simples de biophysique.

Sommaire

- Notions d'ondes (la lumière et le son)
- La vue : caractéristiques de l'œil, modélisation par une lentille mince, correction des défauts d'accommodation de l'œil (myopie, hypermétropie, presbytie).
Optique géométrique, Lentilles minces.
- L'ouïe : caractéristique de l'oreille, notions d'acoustique
- Introduction à l'imagerie médicale (RMN/IRM, radiographie RX, échographie)

Modalités de contrôle des connaissances et des compétences:

cf. modalité de contrôle des connaissances et des compétences (MCC)

Responsable de l'enseignement :

K. Loth

Ressources :

ENT :

- Supports de cours, sujet des TD
- Exercices Corrigés
- Forum

Éléments de contexte**prérequis**

Avoir suivi Physique 1 du S1

Compétences évaluées**Sommaire**

- Cinématique et dynamique du point :
- rappels sur les différents systèmes de coordonnées (cartésiennes, cylindriques, polaires planes, sphériques), vitesse et accélération dans les différents systèmes de coordonnées,
- courbes, abscisses curvilignes et base de Frenet,
- déplacement élémentaire dans les différents systèmes de coordonnées,
- moment d'une force, Moment cinétique et théorème du moment cinétique,
- application du théorème du moment cinétique dans le cas du pendule simple.
- Travail et énergie :
- notions mathématiques : Le gradient, Intégrale curviligne,
- travail d'une force,
- forces conservatives et énergie potentielle,
- énergie cinétique-Théorème de l'énergie cinétique,
- énergie mécanique-Lois de conservation de l'énergie mécanique,
- application : étude du pendule simple,
- équilibre d'un point matériel.
- Oscillateurs :
- oscillateurs harmoniques libres à une dimension,
- oscillateurs harmoniques amortis par frottement fluide,
- oscillations forcées.
- Forces centrales :
- Force centrale : définition, moment cinétique et conséquences, énergie et équation de la trajectoire,
- cas de forces centrales newtoniennes : définition, équation de la trajectoire, étude énergétique, cas des trajectoires elliptiques,
- applications aux forces gravitationnelles : mouvement des planètes, mouvement des satellites autour de la terre, cas de la mise en orbite d'un satellite géostationnaire.
- Lois de la mécanique dans un référentiel non galiléen
- changement de référentiel : composition des mouvements (lois de composition des vitesses et des accélérations),
- dynamique dans un référentiel non galiléen : forces d'inertie, référentiel en translation non uniforme, référentiel en rotation uniforme,
 - applications au cas de la Terre.

Modalités de contrôle des connaissances et des compétences:

cf. modalité de contrôle des connaissances et des compétences (MCC)

Responsable de l'enseignement :

J. Botsoa

Ressources :

Bibliographie :

- Brunel et al. Physique L1 : Cours complet avec exercices corrigés et vidéos, Pearson, 2015.
- Gibaud et al. Mécanique du point : cours de physique, Dunod, 2007.
- M. Henry et N. Delorme, Mini manuel de Mécanique du point : Cours + exos, Dunod, 2014.

Sur CELENE :

- Cours ;
- Corrections des exercices d'application ;
- Forum du cours : échanges entre étudiants et enseignants.

Éléments de contexte***prérequis***

Avoir suivi Physique 1 du S1

Compétences évaluées

- Être capable de définir l'état d'un système et de calculer la variation des grandeurs qui caractérisent son évolution.
- Maîtriser les différentes formes de l'énergie
- Savoir évaluer le désordre créé par les transformations de l'énergie.
- Savoir évaluer l'efficacité et le rendement d'un système thermodynamique (moteur, pompe à chaleur, réfrigérateur).

Sommaire

- Rappels mathématiques
- Théorie cinétique des gaz (aboutissant à la démonstration de l'équation d'état des gaz parfaits)
- Caractérisation de l'état d'un système, grandeurs d'état et grandeurs de transfert, fonctions mathématiques pour représenter ces grandeurs (différentielles et grandeurs infinitésimales).
- Température, pression, équation d'état.
- Notions d'énergie cinétique, énergie interne, définition de l'énergie chaleur/travail.
- Principe de la conservation d'énergie ou premier principe. Premier principe de la thermodynamique.
- L'enthalpie
- Dégradation de l'énergie mécanique en chaleur.
- L'entropie. Deuxième principe de la thermodynamique.
- Cycles thermodynamiques, machines thermiques. Exemple d'un fonctionnement en cycle de Stirling.
- Calcul de l'efficacité thermodynamique d'une machine thermique en fonctionnement réversible.
- Fonctions de Helmholtz et de Gibbs, évolution d'un système vers l'équilibre thermodynamique

Modalités de contrôle des connaissances et des compétences:

cf. modalité de contrôle des connaissances et des compétences (MCC)

Responsable de l'enseignement :

Y. Vaills

Ressources :

Bibliographie :

- Thermodynamique, fondements et applications, J.-P. Pérez, Masson, 3ème édition, 2011, Paris.
- Thermodynamique, B. Diu, C. Guthmann, D. Lederer & B. Roulet, (Licence et Master). Ed. Hermann, 2007.
- Thermodynamique macroscopique, A. Watzky, (Licence et Master), Editions De Boeck Université (2007).
- Introduction à la thermodynamique JC. Lhuillier, J. Roux Dunod, Paris.
- La thermodynamique mot à mot
- Dictionnaire de la thermodynamique – De l’Absolu au Zéro absolu, Pierre Perrot InterEdition, Paris.

Et aussi :

- Les bases physiques de la thermodynamique et applications à la chimie Pascal Richet, Belin Sciences Sup, 2000, Paris..
- Thermodynamique : la réalité physique en crise, in Cosmopolitiques 1, Isabelle Stengers, Ed. La Découverte/Poche, Coll. Sciences humaines et sociales, Paris, 2003
- Mémo visuel de Physique : l’essentiel en fiches (Licence-Prépas-CAPES), sous la direction de Giancarlo Faini, Dunod 2017
-

Documents fournis par le Professeur, déposées su Célène :

- Diaporamas des leçons (300 diapositives)
- Cours rédigé (150 pages)

Éléments de contexte

Les mathématiques constituent le langage de la physique. Les unités d'enseignement (UE) "outils pour la physique" visent à aider à la compréhension des modèles de la physique (entre autres) en comprenant et manipulant les outils mathématiques nécessaires. Au semestre 2, ils sont en particulier introduits pour aider à la compréhension des UE de physique en particulier de ce semestre et aussi des semestres ultérieurs.

prérequis

Outils pour la physique 1

Compétences évaluées

- Être capable de calculer des dérivées partielles pour analyser des fonctions à plusieurs variables.
- Être capable d'appliquer les formes différentielles pour effectuer des calculs de propagation des incertitudes.
- Être capable d'utiliser la différentielle scalaire et vectorielle pour examiner des variations de fonctions à plusieurs variables.
- Être capable de calculer le gradient pour interpréter les variations directionnelles dans des champs scalaires.
- Être capable de manipuler des polynômes et des fractions rationnelles pour simplifier et résoudre des équations mathématiques.
- Être capable d'utiliser la formule de Taylor pour développer des fonctions en développements limités.
- Être capable d'effectuer des calculs d'intégrales simples pour déterminer des aires et des quantités physiques.
- Être capable d'introduire des intégrales multiples pour étudier des volumes et des surfaces dans des espaces multidimensionnels.
- Être capable de calculer des intégrales curvilignes simples

Sommaire

- fonctions à plusieurs variables : dérivées partielles et formes différentielles, application aux calculs de la propagation des incertitudes
- différentielle scalaire et vectorielle, gradient
- polynômes, fractions rationnelles,
- formule de Taylor, développement limité,
- Intégrales simples, introduction aux intégrales multiples et curvilignes

Modalités de contrôle des connaissances et des compétences:

cf. modalité de contrôle des connaissances et des compétences (MCC)

Responsable de l'enseignement :

K. Loth

Ressources :

Bibliographie :

- Loic Villain, Outils mathématiques pour la physique, De Boek Supérieur, 2018

sur l'ENT :

- Supports de cours, sujet des TD et des TP
- Exercices Corrigés

Éléments de contexte

Étudier l'histoire des sciences c'est se poser la question de ce qu'elles sont, de leur signification, de leur portée et de leurs limites. Aider à penser sur la science est le premier but de cette unité d'enseignement. Il s'agit ici de montrer comment pratiquer cette démarche au moment où l'on fait de la science. C'est ce qu'ont fait presque tous les scientifiques qui ont laissé leur nom dont suivent quelques-uns d'entre eux, dont les œuvres de nature philosophique sont sans cesse republiées et disponibles : Max Born, Bertrand Russell, Niels Bohr, Albert Einstein, Louis de Broglie, Erwin Schrödinger, Werner Heisenberg, Pascual Jordan, Jacques Monod, François Jacob, Ilya Prigogine, Murray Gell-Mann, René Thom, Alain Connes, Robert Oppenheimer, Georges Canguilhem, Stephen Hawking, Roger Penrose. Comprendre comment les concepts ont émergé et ont été construits, toujours dans la peine, les hésitations, les controverses, voir à quels moments des choix ont été faits, tout cela est essentiel pour faire siens les savoirs développés par nos prédécesseurs et parfois pouvoir créer soi-même, faire évoluer ou bouleverser la science.

prérequis

aucun

Compétences évaluées

- L'aptitude à développer des connaissances sur le contenu de cette unité d'enseignement
- L'aptitude à comprendre comment les connaissances scientifiques sont créées

Sommaire

- L'atome, des premières idées à la nécessité quantique, la classification périodique des éléments
- Le nombre d'Avogadro : sa détermination par Jean Perrin
- La controverse sur la gravité (Clarke / Leibniz)
- Comment a-t-on déterminé l'âge de la Terre : des mythes bibliques à la cosmologie moderne
- La controverse sur la circulation sanguine (Harvey / Descartes)
- Théorème d'incomplétude de Gödel

Modalités de contrôle des connaissances et des compétences:

cf. modalité de contrôle des connaissances et des compétences (MCC)

Responsable de l'enseignement :

Y. Vaills

Ressources :

Bibliographie :

- Les atomes, Jean Perrin, CNRS Editions, 2014
- Le grand roman de la physique quantique, Manjit Kumar, Ed. Flammarion, Coll.

Champs sciences

- L'Âge de la Terre, Jacques Treiner, Editions Le Pommier, 2022
- Archives personnelles, Yann Vaills

ENT :

- Diaporamas des leçons
- Cours rédigé

Éléments de contexte**prérequis****Compétences évaluées**

- maîtriser les règles et pratiques de la démarche scientifique,
- maîtriser les principes de la démarche de recherche,
- être capable d'identifier et de formuler une problématique pertinente.

Sommaire

Les différentes étapes de la démarche scientifique

- observation et formulation d'une problématique,
- les hypothèses et la construction d'un modèle,
- l'observation et l'expérimentation,
- de la définition d'un modèle à la prédiction.

Pratique de la démarche scientifique par l'analyse d'un mécanisme physique : comment modéliser un phénomène en physique et mise en pratique de la démarche scientifique par des exemples de la vie courante et de grands problèmes de physique.

En complément :

- les erreurs fréquentes de raisonnement logique.
- pourquoi lire, que lire, comment lire la littérature scientifique ?
- stratégie d'identification des documents scientifiques à consulter.

Modalités de contrôle des connaissances et des compétences:

cf. modalité de contrôle des connaissances et des compétences (MCC)

Responsable de l'enseignement :

P. Andreazza

Ressources :

Bibliographie :

- Olivier Villeret, Formation à la démarche d'investigation en physique chimie, Editions L'Harmattan, 2021
- https://www.phys.ens.fr/IMG/pdf/dissertation_la_demarche_scientifique.pdf

Éléments de contexte

La physique est une science expérimentale. Ainsi les expériences proposées permettront soit d'appréhender des concepts qui seront vus en cours avant le TP, soit de les illustrer s'ils sont abordés après le TP.

prérequis

Voir fiches des modules « Thermodynamique » et « Mécanique du point 2 »

Compétences évaluées

- comprendre et mettre en œuvre une démarche expérimentale pour résoudre un problème donné, en lien avec le contenu disciplinaire des UE « Thermodynamique » et « Mécanique »,
- acquérir une méthode scientifique (faire des hypothèses, mettre au point un protocole expérimental, collecter, analyser et interpréter des résultats),
- choisir et utiliser les techniques et outils de manière autonome,
- travailler en groupe en apprenant à se répartir les tâches et gérer le temps imparti.

Sommaire

Travaux pratiques de mécanique du point et de thermodynamique :

- isothermes d'un gaz réel,
- étude d'une machine thermique ditherme : la machine de Stirling en configuration motrice et réceptrice,
- oscillations libres d'un pendule simple,
- oscillations forcées d'un pendule élastique vertical,
- propriétés des collisions élastiques.

Modalités de contrôle des connaissances et des compétences:

cf. modalité de contrôle des connaissances et des compétences (MCC)

Responsable de l'enseignement :

L. Jouvensal

Ressources :

Voir fiches des modules « Thermodynamique » et « Mécanique du point 2 »

Éléments de contexte**prérequis**

Outils pour la physique 1 et 2.

Compétences évaluées**Sommaire****Électrostatique :**

- bases sur les champs : circulation, flux,
- notion d'opérateur : gradient d'un champ scalaire, divergence et rotationnel d'un champ vectoriel, laplacien d'un champ scalaire et vectoriel, notation avec l'opérateur nabla,
- électrostatique du vide : densités de charges, champ et potentiel électrostatiques, théorème de Gauss,
- équations locales, dipôles, énergie électrostatique.
- conducteurs en équilibre.

Magnétostatique :

- électrocinétique : définition de la densité de courant et de l'intensité, loi d'ohm locale,
- Loi de Biot-Savart, propriétés du champ magnétique : flux conservatif, théorème d'Ampère, forces de Laplace et de Lorentz, interactions magnétiques entre circuits électriques, théorème de Maxwell, équations locales du champ magnétique, potentiel vecteur,
- Induction électromagnétique : observation du phénomène, lois de Faraday et de Lenz, auto-induction et induction mutuelle des circuits électriques.
- Énergie potentielle magnétostatique d'un système de courant.

Modalités de contrôle des connaissances et des compétences:

cf. modalité de contrôle des connaissances et des compétences (MCC)

Responsable de l'enseignement :

N. Garnier

Ressources :

Bibliographie :

Éléments de contexte

L'ordinateur a pris une place centrale en physique, que ce soit pour piloter des expériences, acquérir, traiter, stocker des données et aussi pour intégrer numériquement des équations qui sans lui resteraient muettes. Il est aussi à la base de la physique numérique, une branche de la physique qui se place entre théorie et expérience. Comment la physique utilise un ordinateur est le centre de cet enseignement.

prérequis

Outils pour la physique 1 et 2

Compétences évaluées

- se familiariser avec les concepts de base et la syntaxe d'un langage de programmation (Python3) ainsi que du codage des différents types de base
- écrire des scripts simples en Python3 permettant de résoudre un problème donné
- appréhender les limites du calcul numérique : erreur de troncature, notion de complexité

Sommaire

- un langage de programmation : Python3,
- algorithmes (tri, calcul de moyenne, variance...), notion de complexité,
- applications à la physique : intégration de fonctions (rectangle, point-milieu, trapèze), discrétisation et intégration d'équations aux dérivées ordinaires d'ordre 1 et 2, grâce aux schémas d'Euler et de Runge Kutta, ordre des schémas,
- introduction et utilisation d'un langage de calcul formel (maxima).

Modalités de contrôle des connaissances et des compétences:

cf. modalité de contrôle des connaissances et des compétences (MCC)

Responsable de l'enseignement :

J.-L. Rouet

Ressources :

Bibliographie :

- J. Gomez, Le petit Python : aide-mémoire pour Python 3, Ellipses, Paris, 2017.
- J.-Ph. Grivet, Méthodes numériques appliquées, EDP Sciences, Les Ulis, 2013.
- B. Tuckfield, Au coeur des algorithmes, les bases de la programmation avec python, De Boeck supérieur, 2021

Éléments de contexte

Les mathématiques constituent le langage de la physique et permettent de décrire de façon synthétique, dans ce que l'on appelle un modèle, une situation physique donnée plus ou moins complexe, mais la plupart du temps simplifiée par rapport à la réalité. Lors de ces modules, nous découvrirons progressivement des outils mathématiques utilisés largement non seulement en physique mais dans d'autres disciplines. Aussi ces UE d'outils pour la physique ont l'objectif de vous permettre de comprendre ces outils, leurs domaines d'application, leurs limites, en les manipulant, en particulier pour la résolution de modèles simples.

prérequis

Outils pour la physique 2

Compétences évaluées***Sommaire***

- résolution de systèmes linéaires, pivot de Gauss,
- matrices, diagonalisation, valeurs propres, vecteurs propres, changement de base,
- systèmes d'équations différentielles linéaires,
- introduction aux équations aux dérivées partielles.

Modalités de contrôle des connaissances et des compétences:

cf. modalité de contrôle des connaissances et des compétences (MCC)

Responsable de l'enseignement :

O. Randriamboarison

Ressources :

Bibliographie :

S3

Mécanique du solide

Éléments de contexte

prérequis

Mécanique des modules physique 1 et 2, outils pour la physique 1 et 2.

Compétences évaluées

Sommaire

- Cinématique : translation et rotation d'un solide
- géométrie de masses,
- éléments cinétiques d'un système de points, mécaniques et d'un solide indéformable,
- étude dynamique : repères galiléens et non galiléens,
- contact entre solides et lois de frottement,
- théorèmes généraux, étude énergétique.

Modalités de contrôle des connaissances et des compétences:

cf. modalité de contrôle des connaissances et des compétences (MCC)

Responsable de l'enseignement :

O. Randriamboarison

Ressources :

Bibliographie :

Éléments de contexte

Une grosse majorité de nos appareils fonctionnent grâce à l'énergie électrique. C'est le cas de nos smartphones par exemple qui utilise un courant dit continu mais sont rechargé sur le secteur qui lui fournit un courant alternatif. Ce module introduit les bases de l'électricité et en particulier les régimes continus, alternatifs et aussi transitoires.

prérequis

Outils pour la physique 1, en particulier : nombres complexes, équations différentielles du premier et second ordre, résolution de systèmes linéaires.

Compétences évaluées

Compétences évaluées de la compétence Phys 3 :

- Connaissances des bases de l'électricité :
 - Connaître les différents dipôles passifs et actifs (R, L, C, générateurs) et les grandeurs électriques (charge, courant, tension, impédance).
 - Connaître les relations mathématiques liant ces dipôles aux grandeurs électriques (e.g. loi d'Ohm).
- Analyse d'un circuit électrique :
 - Comprendre un schéma électrique et savoir repérer ses constituants sur un schéma.
 - Association de dipôles, savoir distinguer les associations de dipôles en parallèle ou en série.
- Utilisation des lois fondamentales en régime continu : savoir transcrire un schéma électrique en un système d'équations pertinentes (lois de Kirchhoff). Savoir résoudre ce système.
- Circuits équivalents : simplifier un circuit afin de trouver son circuit équivalent (lois de Thévenin et Norton).

Compétences évaluées de la compétence Phys 5 :

- Utilisation des lois fondamentales en régime transitoire : savoir utiliser les lois précédentes afin de déterminer les équations différentielles décrivant la réponse de circuits simples en régime transitoire. En déduire l'évolution temporelle des grandeurs électriques.

Sommaire

- Circuits en régime permanent Conducteur/isolant, courant/DDP, résistivité/conductivité ;
 - Réseaux de dipôles, loi des mailles et des nœuds, principes d'un voltmètre et d'un ampèremètre ;
 - Dipôle passifs, fonctionnement et caractéristiques d'une bobine et d'un condensateur ;
 - Association de dipôles, série, parallèle, pont diviseur de tension ;
 - Dipôle actif et passif, générateur de tension/courant
 - Circuits équivalents : modèles de Thévenin/Norton.

- Circuits en régime transitoire
 - Réponse des circuits RC, RL et RLC en régime transitoire.
- Circuits en régime alternatif sinusoïdal
 - Signaux dépendant du temps, signaux périodiques, sinusoïdaux ;
 - Moyenne, valeur efficace, puissance, utilisation d'un multimètre ;
 - Dipôles R, L, C en régime sinusoïdal forcé, impédances complexes
 - Réseaux linéaires en régime sinusoïdal et puissance.

Modalités de contrôle des connaissances et des compétences:

cf. modalité de contrôle des connaissances et des compétences (MCC)

Responsable de l'enseignement :

O. Rozenbaum

Ressources :

Bibliographie :

- A. Savary, Électrocinétique : rappels de cours, questions de réflexion, exercices d'entraînement, Dunod, 1997.
- Faverjon, G., Hepp, G., Rosset, G., & Mesplède, J., Physique. 1, Électrostatique, électrocinétique, électronique, Physique, Bréal éditions, 2000.
- D. Hong, M.-H. Gobbey, J.-M. Beauchire, Circuits et mesures électriques, Dunod Parcours Ingénieur, 2009.

Ces livres sont disponibles à la bibliothèque universitaire des sciences.

Éléments de contexte

Étudier l'histoire des sciences c'est se poser la question de ce qu'elles sont, de leur signification, de leur portée et de leurs limites. Aider à penser sur la science est le premier but de cette unité d'enseignement. Il s'agit ici de montrer comment pratiquer cette démarche au moment où l'on fait de la science. C'est ce qu'ont fait presque tous les scientifiques qui ont laissé leur nom dont suivent quelques-uns d'entre eux, dont les œuvres de nature philosophique sont sans cesse republiées et disponibles : Max Born, Bertrand Russell, Niels Bohr, Albert Einstein, Louis de Broglie, Erwin Schrödinger, Werner Heisenberg, Pascual Jordan, Jacques Monod, François Jacob, Ilya Prigogine, Murray Gell-Mann, René Thom, Alain Connes, Robert Oppenheimer, Georges Canguilhem, Stephen Hawking, Roger Penrose. Comprendre comment les concepts ont émergé et ont été construits, toujours dans la peine, les hésitations, les controverses, voir à quels moments des choix ont été faits, tout cela est essentiel pour faire siens les savoirs développés par nos prédécesseurs et parfois pouvoir créer soi-même, faire évoluer ou bouleverser la science.

prérequis

Tout le programme de physique de L1

Compétences évaluées

- L'aptitude à développer des connaissances sur le contenu de cette unité d'enseignement
- L'aptitude à comprendre comment les connaissances scientifiques sont créées

Sommaire

- Préambule à l'histoire de la compréhension du concept de temps par les sciences : de l'antiquité à Galilée
- La mécanique
- L'énergie et l'ère industrielle
- La synthèse de Boltzmann
- La thermodynamique du non équilibre
- Histoire du développement des connaissances sur la lumière
- Les deux grandes révolutions scientifiques du XXème siècle : La relativité. La physique quantique

Modalités de contrôle des connaissances et des compétences:

cf. modalité de contrôle des connaissances et des compétences (MCC)

Responsable de l'enseignement :

Y. Vaills

Ressources :

Bibliographie :

- Birnbaum Jean sous la direction de, Où est passé le temps ? Foliot essais,

Éditions Gallimard, 2012

- Damour Thibault & Carrière Jean-Claude, Entretiens sur la multitude du monde, Editions Odile Jacob, 2002
- Damour Thibault Si Einstein m'était conté, De la relativité à la théorie des cordes, Editions du Cherche- Midi, 1ère éd. 2005, 2ème éd. 2012
- Bohr Niels (Prix Nobel de Physique 1922), Physique atomique et connaissance humaine, Ed. Gauthier-Villars, coll. Discours de la méthode, Paris, 1972 (édition originale : 1933 à 1958)
- Born Max (Prix Nobel de Physique 1954), La responsabilité du savant, Ed. Payot, coll. Bibliothèque scientifique, Paris, 1967
- Broglie Louis de (Prix Nobel de Physique 1929), Certitudes et incertitudes de la science, Ed. Albin Michel, Coll. Sciences d'aujourd'hui, Paris, 1966
- Connes Alain (mathématicien et physicien, Médaille Fields 1982), Danye Chéreau & Jacques Dixmier, Le théâtre quantique, l'horloge des anges ici-bas, roman, Editions Odile Jacob, 2013
- Correspondance Einstein – Bergson
- Hawking Stephen, Une brève histoire du temps, du big bang aux trois noirs, Flammarion, Nouvelle bibliothèque scientifique 1989
- Hawking Stephen & Mlodinow Léonard, Y a-t-il un grand architecte dans l'Univers ? , Ed. Odile Jacob, Coll ; poches Sciences, 2014
- Jacob François, La logique du vivant, Gallimard, 1976
- Jacob François, Le jeu des possibles, Garnier Flammarion, 1986
- Prigogine I. & Stengers I., La nouvelle alliance, Gallimard 1979 (de nombreuses fois réédité, et à qui le texte ci-dessus doit beaucoup)
- Rovelli Carlo, Et si le temps n'existait pas ? Un peu de science subversive, Dunod 2012, coll. Quai des sciences
- Rovelli Carlo, Par-delà le visible, La réalité du monde physique et la gravité quantique Ed. Odile Jacob, coll. Sciences, 2014
- Smolin Lee, La renaissance du temps, pour en finir avec la crise de la physique, Dunod 2014, coll. Quai des sciences
-

Documents fournis par le Professeur :

- Diaporamas des leçons (500 diapositives)
- Cours rédigé (250 pages)

Éléments de contexte**prérequis****Compétences évaluées****Sommaire**

- Équations de Maxwell, équation de propagation, notion d'ondes, l'onde progressive plane monochromatique (OPPM) et la polarisation ; propagation de l'énergie vecteur de Poynting.
- Le phénomène d'interférences à 2 ondes : conditions d'interférences de la lumière, différence de marche, déphasage, ordre d'interférence.
- Interférences non localisées : conditions nécessaires à la formation d'interférences non localisées, exemples de montages optiques permettant de former ce type d'interférence : fentes d'Young, miroir de Lloyd, miroirs de Fresnel, bi-lentilles de Billet.
- Interférences localisées : conditions nécessaires à la formation d'interférences localisées et principales propriétés de ce type d'interférence, interférences par des lames à faces parallèles, interférences de « coin d'air », exemples montage optique permettant l'observation de ces interférences : l'interféromètre Michelson.
- Diffraction
- Principe d'Huygens-Fresnel, diffraction par une fente fine, 2 fentes fines,
- Diffraction par N fentes fines, réseau en transmission.
- Diffraction par une ouverture circulaire, résolution des instruments d'optique.

Modalités de contrôle des connaissances et des compétences:

cf. modalité de contrôle des connaissances et des compétences (MCC)

Responsable de l'enseignement :

O. Randriamboarison

Ressources :

Bibliographie :

Éléments de contexte

l'électronique numérique prend une place prépondérante dans les systèmes, en particulier pour traiter ou transmettre des informations (on peut penser aux téléphones portables, aux ordinateurs, ...). Dans ce module, on verra comment fonctionne l'élément de base qui est le transistor et comment il est utilisé pour construire des portes logiques. Ces portes logiques, à leur tour, permettent de construire des bascules, qui sont les éléments de base des mémoires, des compteurs, ou encore des unités de calcul que l'on retrouve dans nos ordinateurs.

prérequis

Électricité, Outils pour la physique 2

Compétences évaluées

Compétences évaluées des compétences Phys 2 :

- comprendre le fonctionnement d'une jonction ou d'un transistor

Compétences évaluées des compétences Phys 4 :

- comprendre et analyser un circuit de redressement
- établir une fonction logique de base à partir d'un montage à transistors,
- établir, simplifier une fonction logique, la réaliser avec des portes standards,
- manipuler différents systèmes de codages binaires,
- comprendre, réaliser un montage numérique séquentiel, synchrone ou asynchrone.

Sommaire

- semi-conducteur, fonctionnement d'une jonction PN, diodes et applications,
- fonctionnement et utilisation du transistor bipolaire,
- autres technologies (FET, MOS),
- description et construction des portes logiques
- l'algèbre de Boole, les fonctions logiques,
- logique combinatoire, algèbre de Boole, Opérateurs logiques et propriétés, fonctions logiques et simplification
- codages et arithmétique binaires, additionneurs
- logique séquentielle, les bascules et leurs applications.

Modalités de contrôle des connaissances et des compétences:

cf. modalité de contrôle des connaissances et des compétences (MCC)

Responsable de l'enseignement :

F. Muller et J.-L. Rouet

Ressources :

Bibliographie :

- A. P. Malvino, D. J. Bates, Principes d'électronique, 7e éd., Dunod, Paris, 2008
- T. Ndjountche, Électronique numérique 1, circuits logiques combinatoires , ISTE

édition, London, 2016

- T. Ndjountche, Électronique numérique 2, circuits logiques séquentiels et arithmétiques, ISTE édition, London, 2016

ENT :

- fascicules et notes de cours

S4

Analyse numérique

Éléments de contexte

prérequis

Compétences évaluées

Sommaire

- enjeux du calcul numérique : la discrétisation,
- interpolation,
- résolution d'EDO,
- système d'équations linéaires,
- méthodes directes (Gauss, Gauss-Jordan, factorisation LU),
- méthodes itératives (Jacobi, Gauss-Seidel, SOR),
- valeurs propres, Vecteurs propres.

Modalités de contrôle des connaissances et des compétences:

cf. modalité de contrôle des connaissances et des compétences (MCC)

Responsable de l'enseignement :

L. Jourdain, E. Barbosa

Ressources :

Bibliographie :

Éléments de contexte***prérequis***

Introduction au calcul scientifique, Outils pour la physique 2.

Compétences évaluées***Sommaire***

- Introduction à la mécanique des fluides avec la présentation des principaux concepts :
- statique des fluides : pression, équation d'état d'un fluide, théorème d'Archimède et corps flottants.
- cinématique des fluides : champs de vitesses, lignes de courant, accélération d'une particule fluide, bilan de masse, débit
- dynamique des fluides non visqueux : équation d'Euler et relation de Bernoulli. Applications : effet Venturi, tube de Pitot, théorème de Torricelli, études des systèmes ouverts,
- introduction aux fluides visqueux (écoulements laminaire et turbulent).
- Classification des régimes d'écoulement. Pertes de charges dans les conduites.
- Aperçu de la variété des fluides rencontrés et applications pratiques des notions présentées.

Travaux pratiques : mesures en statique des fluides ;

- mesure de la force d'un jet sur différentes géométries (théorème d'Euler)
- mesure de vitesse débitante dans une soufflerie (théorème de Bernoulli).

Modalités de contrôle des connaissances et des compétences:

cf. modalité de contrôle des connaissances et des compétences (MCC)

Responsable de l'enseignement :

R. Jousot

Ressources :

Bibliographie :

- S. Amiroudine et J.-L. Battaglia, Mécanique des fluides, Dunod, Paris, 2014
- P. Chassaing, Mécanique des fluides - Éléments d'un premier parcours, Cépaduès, 2010
- R. Comolet, Mécanique expérimentale des fluides, tomes 1 à 3, Dunod, Paris, 2000

Éléments de contexte

Les mathématiques constituent le langage de la physique et permettent de décrire de façon synthétique, dans ce que l'on appelle un modèle, une situation physique donnée plus ou moins complexe, mais la plupart du temps simplifiée par rapport à la réalité. Lors de ces modules, nous découvrirons progressivement des outils mathématiques utilisés largement non seulement en physique mais dans d'autres disciplines. Aussi ces UE d'outils pour la physique ont l'objectif de vous permettre de comprendre ces outils, leurs domaines d'application, leurs limites, en les manipulant, en particulier pour la résolution de modèles simples.

prérequis

Outils pour la physique 3

Compétences évaluées

Compétences évaluées de la compétence Phys 5 :

- Maîtriser les outils de développements en séries numériques ou de fonctions,
- Comprendre les différentes notions de convergence,
- Démontrer les différentes convergences des différentes séries
- Utiliser les séries pour résoudre des équations différentielles
- Calculer la décomposition en série de Fourier sous forme trigonométrique ou exponentielle
- Utiliser la relation de Parseval
- Manipuler les concepts probabilistes et résoudre des problèmes simples
- Manipuler les lois tant discrètes que continues, et en calculer les moments
- Utiliser les statistiques en particulier pour les incertitudes de mesures
- Manipuler les outils de l'approche probabiliste.

Sommaire

- suites et séries numériques,
- séries entières,
- séries de Fourier, séries de fonctions,
- séries comme solutions des équations différentielles,
- rappels sur les probabilités,
- variables aléatoires discrètes et continues,
- les différentes lois utiles en physique
- Moments & fonctions génératrices de moments,
- Théorème central limite,
- Introduction à la statistique.

Modalités de contrôle des connaissances et des compétences:

cf. modalité de contrôle des connaissances et des compétences (MCC)

Responsable de l'enseignement :

J.-L. Rouet

Ressources :

Bibliographie :

1. V. Dotsenko, A. Courtat, G. Gauthier, Méthodes mathématiques pour la physique, Dunod, 2e ed., 2021, plutôt abordable,
2. W. Appel, Mathématiques pour la physique et les physiciens !, H&K, 5e Ed., lecture plus exigeante que la 1^{ière} référence,
3. G.B. Arfken, H.J. Weber, F.E. Harris, Mathematical methods for physics, Elsevier, Academic Press, 2013, il va à l'essentiel,
4. A.-J. Riquet, Calcul Scientifique : Suites et séries, Ellipses, 2010, vous y trouverez toutes les démonstrations que nous ne ferons pas,
5. A. Angot, Compléments de mathématiques à l'usage des ingénieurs de l'électrotechnique et des télécommunications, Masson, 6e Ed., 1972.
6. W. Appel, Probabilités pour les non-probabilistes, H&K, 2e Ed.
7. Q. Berger, F. Caravenna, P. Dai Pra, Introduction aux probabilités, modèles et applications, Dunod, 2021

Les références 1, 2 et 3 sont des ouvrages plutôt complets sur les mathématiques pour les physiciens. Nous n'y prendrons que les chapitres qui nous intéressent (sans qu'il nous soit interdit, pour notre gouverne, de tourner d'autres pages ...). La référence 5, beaucoup plus ancienne, est un ouvrage aussi assez complet, et qui est bien un ouvrage d'usage des mathématiques. Les références 6 et 7 concernent la 2^e partie du cours. Vous trouverez aussi un chapitre sur les probabilités dans la référence 2 (qui est du même auteur que la référence 6, utile si vous voulez aller plus loin). Pour la partie probabilité, le cours prendra les notations des références 2 ou 6.

Il n'est sans doute pas nécessaire de lire tous ces livres. Il y en a d'ailleurs d'autres, mais il est utile d'avoir un livre de math de chevet dont la présentation vous parle et vous plaît. Pour le savoir, il faut les parcourir...

Sur CELENE :

- scripts Pythons illustrant certains aspects du cours

Éléments de contexte**prérequis**

aucun

Compétences évaluées

- Savoir se définir comme scientifique et positionner comme tel son rôle sociétal.
- Porter un regard sur son parcours et se projeter dans l'avenir.

Sommaire

- Qu'est-ce qu'un scientifique, son rôle dans la société

Modalités de contrôle des connaissances et des compétences:

cf. modalité de contrôle des connaissances et des compétences (MCC)

Responsable de l'enseignement :

Y. Vaills

Ressources :**Bibliographie :**

- Albert Einstein, Conceptions scientifiques, morales et sociales, Ed. Flammarion
- Albert Einstein, Physique philosophie, politique
- Max Born, LA responsabilité de savant, Ed. Payot
- Niels Bohr, Physique atomique et connaissance humaine
- Louis de Broglie, Certitudes et incertitudes de la science
- Robert Oppenheimer, La science et le bon sens, Ed. Gallimard
- François Jacob, Le jeu des possibles, Ed. Fayard
- Patric Boucheron, Le temps qui nous reste, Ed. Seuil (2023)
- Bernard Lahire, Savoir ou périr, Ed. Seuil (2025)
- Camille Déjardin, A quoi bon encore apprendre, Tracts Gallimard (2025)
- Aurélien Barreau, Le plus grand défi de l'histoire de l'humanité, Ed. Michel Lafond (2019)
- Aurélien Barreau, L'hypothèse K., Ed. Grasset (2023)

Documents fournis par le Professeur, déposées su Célène :

- Diaporamas des leçons

Éléments de contexte

La physique est une science expérimentale. Ainsi les expériences proposées permettront soit d'appréhender des concepts qui seront vus en cours avant le TP.

L'électronique numérique prend une place prépondérante dans les systèmes, en particulier pour traiter ou transmettre des informations (on peut penser aux téléphones portables, aux ordinateurs, ...). Dans ce module, on verra successivement, la jonction PN à la base de l'électronique numérique, comment fonctionne l'élément de base qui est le transistor et comment il est utilisé pour construire des portes logiques. Ces portes logiques, à leur tour, permettent de construire soit des bascules qui sont les éléments de base des mémoires, des compteurs, ... soit des unités de calcul que l'on retrouve dans nos ordinateurs.

prérequis

Module d'électricité et d'électronique

Compétences évaluées

- réaliser un circuit simple en lisant un schéma
- faire des mesures en choisissant les appareils de mesures adaptés et en les maîtrisant leurs réglages.
- Rendre compte de ses résultats en rédigeant un compte-rendu structuré

Sommaire

- La diode
- Portes logiques
- Fonctions logiques
- Compteurs

Modalités de contrôle des connaissances et des compétences:

cf. modalité de contrôle des connaissances et des compétences (MCC)

Responsable de l'enseignement :

J.-L. Rouet

Ressources :

Bibliographie :

- A. P. Malvino, D. J. Bates, Principes d'électronique, 7e éd., Dunod, Paris, 2008
- T. Ndjountche, Électronique numérique 1, circuits logiques combinatoires , ISTE édition, London, 2016
- T. Ndjountche, Électronique numérique 2, circuits logiques séquentiels et arithmétiques, ISTE édition, London, 2016

ENT :

- Fasicule de TP

Éléments de contexte

Les mathématiques constituent le langage de la physique et permettent de décrire de façon synthétique, dans ce que l'on appelle un modèle, une situation physique donnée plus ou moins complexe, mais la plupart du temps simplifiée par rapport à la réalité. Lors de ces modules, nous découvrirons progressivement des outils mathématiques utilisés largement non seulement en physique mais dans d'autres disciplines. Aussi ces UE d'outils pour la physique ont l'objectif de vous permettre de comprendre ces outils, leurs domaines d'application, leurs limites, en les manipulant, en particulier pour la résolution de modèles simples.

prérequis

Outils pour la physique 4

Compétences évaluées**Sommaire**

- Analyse complexe (forme générale d'une fonction complexe, différentiation et intégration de fonctions complexes, fonction holomorphes, théorème fondamental de l'analyse complexe, théorème des résidus, séries de Taylor et de Laurent)
- Transformation de Fourier 1D et 3D et applications (Définition et transformation inverse, distribution de Dirac et de Heaviside – fonctions généralisées, Théorèmes de convolution, corrélation et de Parseval.
- Transformation de Laplace et applications (définition et transformation inverse, distributions de Dirac et Heaviside, théorème de convolution, application à la solution d'équations différentielles, fonctions semi-périodiques)

Modalités de contrôle des connaissances et des compétences:

cf. modalité de contrôle des connaissances et des compétences (MCC)

Responsable de l'enseignement :

O. Randrimboarison

Ressources :

Bibliographie :

S5 Thermodynamique avancée et introduction à la physique statistique

Éléments de contexte

prérequis

Thermodynamique (S2), physique du solide (S5).

Compétences évaluées

- Comprendre et maîtriser les phénomènes irréversibles: applications aux machines thermiques
- Transferts thermiques
- Comprendre le lien entre le microscopique (mécanique classique ou quantique des particules) et le macroscopique (grandeurs thermodynamiques mesurables).
- Assimiler les notions fondamentales : micro-états, macro-états, entropie, ensembles statistiques (micro-canonique, canonique, grand canonique).
- Relier les différentes fonctions d'état par transformée de Legendre
- Relier la thermodynamique classique aux fondements statistiques.
- Saisir le rôle du hasard et des fluctuations dans les systèmes physiques.

Sommaire

Thermodynamique :

Rappels de thermodynamique, construire un bilan d'énergie, un bilan entropie, les gaz réels

Phénomènes irréversibles, taux d'irréversibilité, calcul sur machines thermiques.

Notions de potentielle thermodynamique, fonctions potentiels : énergie et enthalpie libre. L'équilibre mécanique, thermique, électrique...

Études des changements de phase, diffusion thermique et rayonnement

Physique statistique :

- Rappels de thermodynamique classique (température, énergie interne, fonctions d'état)
- Définition de l'entropie statistique, principe d'équiprobabilité
- Définition d'un macro-état, d'un micro-état
- Description des ensembles statistiques fondamentaux :
 - Microcanonique (équiprobabilité)
 - Canonique (fonction de partition, énergie libre)
 - Grand canonique (applications aux gaz)

Modalités de contrôle des connaissances et des compétences:

cf. modalité de contrôle des connaissances et des compétences (MCC)

Responsable de l'enseignement :

E. Ntsoenzok, R. Guégan

Ressources :

Bibliographie

Thermodynamique :

- B. Halphen et Q. S. Nguyen, Sur les matériaux standards généralisés, J. de Mécanique, 14, 1, pp. 39-63, 1975.
- D. Kondepudi, I. Prigogine, Modern Thermodynamics. from Heat Engines to Dissipative Structures, John Wiley & Sons, New-York, 1998.
- G. D. C. Kuiken, Thermodynamics of irreversible process, Applications to Diffusion and Rheology, Wiley tutorial series, Ed. J. Wiley.
- J. Lemaitre, Mécanique des matériaux solides, Ed. Dunod, Paris, 1984.
- L. Onsager, Reciprocal relations in irreversible processes I, Phys. Rev. 37, pp. 405-426, 1930.
- C. Vidal, G. Dewel et P. Borckmans, Au delà de l'équilibre, Coll. Enseignement des sciences, ed. Hermann, 1994.
- Lucien Borel, Thermodynamique et énergétique, éd. Presses polytechniques et universitaires romandes, Lausanne 1991, 692 pages

Physique statistique :

- E. Belorizky, W. Gorecki, Introduction à la mécanique statistique, 1992, Presse Universitaire de Grenoble.
- M. Le Bellac, F. Mortessagne, Thermodynamique Statistique, 2001, Dunod.
- B. Diu, C. Guthmann, D. Lederer, B. Roulet, Physique Statistique, 1985, Hermann.
- R. Piazza, Statistical Physics, 2017, Springer.

ENT :

- Notes de Cours

Éléments de contexte

Ce module consiste en une approche classique de la physique des solides. Il permet d'acquérir des compétences de base afin de comprendre les propriétés électriques et magnétiques des matériaux.

prérequis

Ensemble des modules de physique et d'outils pour la physique des S1, S2, S3 et S4

Compétences évaluées

- acquérir les connaissances de base sur l'organisation des différents états de la matière
- comprendre les différentes structures cristallines des solides.
- associer les opérations de symétrie
- identifier et expliquer les diverses interactions rayonnement-matière.
- comprendre et interpréter les relations entre la structure des matériaux et leurs propriétés magnétiques.
- appliquer les concepts liés à la conductivité des matériaux, incluant les modèles classiques pour les métaux, ainsi que les particularités des semi-conducteurs, isolants, et supraconducteurs.
- acquérir des notions sur les méthodes de caractérisation des matériaux, telles que la diffraction des rayons X et la spectroscopie d'absorption.
- utiliser un logiciel spécialisé pour représenter des structures cristallines et générer leur patron de diffraction.
- développer un esprit critique et une rigueur scientifique pour analyser les phénomènes physiques.

Sommaire

- cristallographie géométrique : structure cristalline, groupes ponctuels, notion de groupes d'espace ;
- interactions matière-rayonnement (X, électrons, neutrons). Absorption, diffusion et diffraction des rayonnements. Relations entre structure et propriétés ;
- notions sur les propriétés magnétiques des matériaux ;
- propriétés électroniques des matériaux, modèle de Drude.
- cours-conférences par des chercheurs sur des thèmes contemporains en physique des solides (rayonnement synchrotron, nanomatériaux, graphène,...).

Modalités de contrôle des connaissances et des compétences:

cf. modalité de contrôle des connaissances et des compétences (MCC)

Responsable de l'enseignement :

R. Guegan

Ressources :

Bibliographie :

- C. Kittel, Physique de l'état solide- Cours et problèmes, Dunod. Sciences Sup, 2007

ENT :

- Notes de cours

Éléments de contexte

This module offers a classical approach to solid-state physics, providing students with essential skills to understand the properties of materials.

prérequis***Compétences évaluées***

Skills assessed in Phys 2:

- Identify and explain various radiation-matter interactions
- Understand and interpret the relationships between the structure of materials and their optical and magnetic properties
- Apply concepts related to the conductivity of materials, including classical models for metals, as well as the specifics of semiconductors, insulators, and superconductors
- Acquire an understanding of material characterization techniques, such as X-ray diffraction and absorption spectroscopy.

Skills assessed in Phys 3:

- Acquire fundamental knowledge of solid structures.
- Use specialized software to model crystalline structures and generate their diffraction patterns
- Develop a critical thinking and scientific rigor to analyze physical phenomena.

Sommaire

- Crystallography: crystal structure, point groups, and the concept of space groups.
- Matter-radiation interactions (X-rays, electrons, neutrons). Absorption, scattering, and diffraction of radiations. Relationships between structure and properties.
- Concepts related to the optical and magnetic properties of materials.
- Electronic properties of materials, Drude model.
- Lectures by researchers on contemporary topics in solid-state physics (synchrotron radiation, nanomaterials, graphene, etc.).

Modalités de contrôle des connaissances et des compétences:

cf. modalité de contrôle des connaissances et des compétences (MCC)

Responsable de l'enseignement :

C. de Melo Sanchez

Ressources :

Charles Kittel, Introduction to Solid State Physics, 8th Ed.

Éléments de contexte

Ce module a pour objectif d'approfondir la compréhension des lois fondamentales de la mécanique à travers le formalisme analytique. Les étudiants y acquerront des outils puissants tels que les principes variationnels, la formulation de Lagrange et de Hamilton, ainsi que leurs prolongements vers les vibrations des systèmes mécaniques et les méthodes canoniques. Cet enseignement s'inscrit dans un cadre plus large de la physique théorique et appliquée : il constitue une base essentielle pour de nombreux domaines, allant de la mécanique classique avancée aux systèmes complexes, mais aussi vers la physique statistique, la mécanique quantique ou encore la dynamique des milieux continus. Les notions abordées trouvent des applications directes dans la modélisation de systèmes vibrants en ingénierie ou l'étude des oscillations électriques par exemple.

prérequis

Vecteurs et espace vectoriel, mécanique du point et du solide.

Compétences évaluées

- Restituer les définitions des coordonnées généralisées, du principe des travaux virtuels, de l'action,
- Connaître les expressions générales des équations de Lagrange et de Hamilton,
- Expliquer les différences et liens entre les formalismes newtonien, lagrangien et hamiltonien,
- Interpréter le sens physique d'une grandeur (action, énergie, fonction de Hamilton),
- Utiliser les équations de Lagrange pour déterminer le mouvement d'un système mécanique simple,
- Résoudre des problèmes de vibrations pour des systèmes linéaires à 2–3 degrés de liberté,
- Identifier les contraintes d'un système et choisir les coordonnées généralisées adaptées,
- Décomposer un système complexe en sous-systèmes pour en extraire les équations de mouvement,
- Comparer l'efficacité des différents formalismes (Newton, Lagrange, Hamilton) selon la nature du problème,
- Juger de la pertinence des approximations utilisées dans la modélisation,
- Élaborer un modèle analytique original pour décrire un système mécanique non traité en cours,
- Proposer et justifier une transformation canonique adaptée pour simplifier un problème donné.

Sommaire

- Rappels de mécanique - Contraintes - Coordonnées généralisées,
- Principes variationnels - Action,
- Principe des travaux virtuels,

- Mécanique de Lagrange,
- Vibrations des systèmes mécaniques linéaires,
- Formalisme de Hamilton,
- Transformations canoniques,
- Méthode Hamilton-Jacobi.

Modalités de contrôle des connaissances et des compétences:

cf. modalité de contrôle des connaissances et des compétences (MCC)

Responsable de l'enseignement :

S. Guillot

Ressources :

Bibliographie :

- H. Goldstein, C.P. Poole Jr., J. L. Safko, Classical Mechanics, 3rd Ed., Pearson New International Edition 2000
- L. Hand, J. Finch, Analytical Mechanics, Cambridge University Press 1998
- L. Landau, E. Lifchitz, Mécanique, Ed. MIR 1969

Éléments de contexte**prérequis**

Électromagnétisme et ondes électromagnétiques dans le vide.

Compétences évaluées

Compétences évaluées de la compétence Phys 2 :

- Comprendre le comportement de la matière lorsqu'elle est soumise à un champ électromagnétique.
- Décrire et modéliser la propagation des ondes électromagnétiques dans un milieu linéaire, homogène isotrope.
- Comprendre l'origine des propriétés optiques des milieux.
- Savoir décrire et utiliser les propriétés optiques des milieux anisotropes.

Sommaire

- Champ électromagnétique dans la matière, charges libres et liées, polarisabilité. Description microscopique et macroscopique des diélectriques. Théorie de Claussius-Mossoti et homogénéisation. Equations de Maxwell dans les milieux.
- Propagation des ondes électromagnétiques dans un milieu linéaire, homogène isotrope (LHI). Relation de dispersion et indice du milieu. Vitesses de propagation, métamatériaux. Dispersion dans un diélectrique LHI non chargé. Le modèle de Lorentz : dispersion dans un diélectrique et dans un conducteur parfait.
- Propagation dans les milieux limités. Conditions de continuités. Lois de Descartes. Coefficients de Fresnel. Réflexion, réfraction. Ondes évanescentes et réflexion totale.
- Propagation dans un milieu linéaire, homogène anisotrope (LHA). Tenseur diélectrique. Biréfringence. Equation de Fresnel. Ellipsoïde des indices. Surface des indices. Milieux uniaxes et biaxes. Réfraction dans un LHA. Constructions de Descartes.

Modalités de contrôle des connaissances et des compétences:

cf. modalité de contrôle des connaissances et des compétences (MCC)

Responsable de l'enseignement :

O. Rozenbaum

Ressources :

Bibliographie :

- Pérez, José-Philippe, Carles, Robert, Fleckinger, Robert, Électromagnétisme : fondements et applications : avec 300 exercices et problèmes résolus, Dunod.
- Kittel Charles, Physique de l'état solide, Dunod.
- Bertin, Michel, Faroux, Jean-Pierre, Renault, Jacques, Électromagnétisme. IV,

Milieux diélectriques et milieux aimantés, Dunod.

- Sornette, Joël, Électromagnétisme. Tome I, Équations de Maxwell, rayonnement, vide et milieux conducteurs, Cépaduès-éditions.
- Herpin, Marie-Claude, Électromagnétisme : MP MP*, PT PT*, PC PC*, PSI PSI, Nathan.
- Joseph Cipriani, Norbert Piccioli, Émile Amzallag, La physique en fac : ondes électromagnétiques et milieux : 50% cours + 50% exos, EdiScience : Dunod.
- Mauras, Daniel, Électromagnétisme : cours et exercices, Presses Universitaires de France.

Ces livres sont disponibles à la bibliothèque universitaire des sciences.

Éléments de contexte

Le cours Conversion d'énergie aborde tous les aspects de l'énergie : phénomènes fondamentaux de la conversion d'énergie, sources, convertisseurs, chaîne de conversion, conversion complexe, développements vers des exemples d'applications (industrie, quotidien, spatial, énergie d'avenir, IAE) et développements futurs dans le domaine. Bien sûr, la physique fondamentale et les phénomènes, y compris les sources d'énergie et la transformation de l'énergie, incluent également les aspects socio-économiques liés à la production ou à la transformation de l'énergie, écobilan, ainsi que les aspects environnementaux des phénomènes de conversion.

prérequis

Connaissance de physique de base: mécanique, électricité, phénomène d'énergie, thermodynamique, optique/propagation d'ondes...

Compétences évaluées

compréhension de la chaîne de conversion, des ressources, des pertes (notamment liées à l'énergie thermique), des différents aspects des rendements de conversion, de la conversion de l'énergie liée aux nouvelles technologies de pointe, aux nanotechnologies, à l'énergie grise.

À la fin des cours, les étudiants doivent être capables non seulement de comprendre les chaînes et les aspects socio-économiques, mais aussi d'évaluer eux-mêmes des chaînes complexes, ainsi que de comprendre les sujets modernes liés aux énergies renouvelables et à la durabilité, en tant que points finaux des applications de la conversion.

Sommaire

Introduction dans Phénomène de la conversion d'énergie, phénomènes basique ,
Aspect socio-économique (écobilan) et ressources, aspect environnemental
Conversion d'énergie : cas complexe
Applications et exemples de Conversion

Modalités de contrôle des connaissances et des compétences:

cf. modalité de contrôle des connaissances et des compétences (MCC)

Responsable de l'enseignement :

E. Kovacevic, A. Borroto Ramirez

Ressources :

Bibliographie :

- Rax, Jean-Marcel. Physique de la conversion d'énergie. EDP Sciences, 2020.
<http://dx.doi.org/10.1051/978-2-7598-1754>
- Minotti, P., P. Le Moal, L. Buchaillot, and A. Ferreira. "Moteurs piézo-électriques à onde progressive : I. Modélisation de la conversion d'énergie mécanique à l'interface stator/rotor." Journal de Physique III 6, no. 10 (1996): 1315–37.

- Amaroli, Nicola; Balzani, Vincenzo (2011). "Towards an electricity-powered world". *Energy and Environmental Science*. 4 (9): 3193–3222. Bibcode:2011EnEnS...4.3193A. doi:10.1039/c1ee01249e. ISSN 1754-5692.
- Armaroli, Nicola; Balzani, Vincenzo (2016). "Solar Electricity and Solar Fuels: Status and Perspectives in the Context of the Energy Transition". *Chemistry – A European Journal*. 22 (1): 32–57. Bibcode:2016ChEuJ..22...32A. doi:10.1002/chem.201503580. PMID 26584653.

En ligne :

- "Global renewable energy trends". Deloitte Insights. Archived from the original on 29 January 2019. Retrieved 28 January 2019.
- "Renewable Energy Now Accounts for a Third of Global Power Capacity". irena.org. 2 April 2019.
- "2023 Levelized Cost Of Energy+". www.lazard.com.
- IEA (2020). Renewables 2020 Analysis and forecast to 2025 (Report).

Éléments de contexte

Réchauffement climatique, transition énergétique, développement durable

prérequis

Physique des semi-conducteurs et des composants électroniques, thermodynamique, mécanique des fluides,

Compétences évaluées

- Avoir les bases fondamentales sur la génération et le stockage des principales énergies renouvelables: solaire, éolienne; géothermie, thermoélectricité
- Connaître les avantages et les limites de ces différentes énergies
- Se familiariser avec leur disponibilité et leur utilisation
- Connaître les grands enjeux autour de ces énergies.

Sommaire

- Introduction générale,
- Rappels sur les semi-conducteurs et les jonctions PN,
- De l'interaction photon-semi-conducteur à l'énergie photovoltaïque, Solaire thermique et stockage de la chaleur,
- Énergie éolienne,
- Énergie géothermique;
- La thermoélectricité.

Modalités de contrôle des connaissances et des compétences:

cf. modalité de contrôle des connaissances et des compétences (MCC)

Responsable de l'enseignement :

E. Ntsoenzok

Ressources :**Bibliographie :**

- Freris Léon, Infield David, « les énergie renouvelable pour la production de l'électricité », édition Dunod, Paris 2009
- Gergaud Olivier, « modélisation énergétique et optimisation économique d'un système de production éolien et photovoltaïque couplé au réseau et associé à un accumulateur » thèse de doctorat, l'école normal de CACHAN, 2002.
- ADEME, « la production d'électricité d'origine renouvelable dans le monde », 2010.
- Programme des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique, disponible sur <https://portail.cder.dz/spip.php?article1573>
- Corinne Alonso, « contribution à l'optimisation, la gestion et le traitement de l'énergie » ; Université Paul Sabatier, Toulouse III, 2003.
- A. Ould Mohamed Yahya, Ould Mahmoud Et I. Youm ; « étude et modélisation d'un générateur photovoltaïque », revue des énergies renouvelable vol. 11 N°3 ;

2008.

ENT :

Éléments de contexte

La physique est une science expérimentale. Ainsi les expériences proposées permettront soit d'appréhender des concepts qui seront vus en cours avant le TP, soit de les illustrer s'ils sont abordés après le TP.

prérequis

Modules du S5 en partie

Compétences évaluées

- Effectuer des montages et utiliser les instruments les plus courants.
- Mettre en œuvre des techniques de mesure telles que pratiquées en laboratoire en prenant en compte les incertitudes de mesures.
- Valider un modèle ou une théorie par comparaison de ses prévisions aux résultats expérimentaux et apprécier ses limites de validité
- Identifier les réglementations spécifiques et mettre en œuvre les principales mesures de prévention en matière d'hygiène et sécurité
- Produire à l'écrit et à l'oral un rapport clair et structuré sur des travaux réalisés en groupe en utilisant les outils et supports numériques courants mais adaptés.

Sommaire

Tronc commun:

- Diffraction hyperfréquences
- Effets thermoélectriques
- Transfert de chaleur

Parcours P:

- Effet photoélectrique,
- Étude d'une pompe à chaleur réversible,
- Expériences de Franck et Hertz,
- Polarisation-Spectres Cannelés

Parcours SI:

- Rayonnement,
- Ferromagnétisme,
- Modèle équivalent du transformateur triphasé,
- Redresseur et onduleur

Modalités de contrôle des connaissances et des compétences:

cf. modalité de contrôle des connaissances et des compétences (MCC)

Responsable de l'enseignement :

O. Ramdriamboarison, J. Botsoa, E. Kovacevic

Ressources :

Bibliographie :

- "Introduction to Solid State Physics", Charles Kittel 8th edition John Wiley &

Sons, Inc. 2005 ou la version française de la 8ème édition : Physique de l'état solide française, Dunod, (2007)

- "Les diélectriques", R. Coelho, B. Aladenize, éd. Hermès, (1993)

Éléments de contexte

Si la communication orale est importante, l'écrit est un support auquel on peut se référer dans le temps. Il comporte un certains nombres de règles qui en facilite la lecture et qu'il convient donc de respecter afin, autant que possible, le message que vous voulez transmettre soit bien reçu. Ces points seront vus sous le prisme des documents scientifiques et en particulier des documents produits par des physiciens.

prérequis

aucun

Compétences évaluées

- Connaître la licence de physique et ses débouchés possibles
- présenter un texte scientifique avec des outils adaptés

Sommaire

- Introduction à Latex
- Word et les feuilles de Style
- témoignage du parcours professionnel d'anciens étudiants

Modalités de contrôle des connaissances et des compétences:

cf. modalité de contrôle des connaissances et des compétences (MCC)

Responsable de l'enseignement :

J.-L. Rouet, K. Loth

Ressources :

- Diaporamas de cours
- <https://ctan.org/> The Comprehensive TEXArchive Network
- <https://www.lesfichesabebert.fr/TeX/TeX.html>

Éléments de contexte

Cette unité s'empare de l'outil mathématique de la transformée de Fourier (TF) pour décrire les phénomènes de propagation et d'interaction entre ondes en lumière visible, ou comment à partir de la description de la transmittance d'un objet éclairée, grâce à d'autres outils mathématiques que sont les distributions, cette TF va totalement simplifier la vision de la formation et du traitement optique des images. L'idée est de comprendre l'influence de la cohérence d'une source de lumière et de maîtriser des techniques de filtrage optique : des radars de contrôle de vitesse à l'imagerie spatiale ou satellite en passant par la spectroscopie.

- **prérequis**

Mathématiques des distributions et transformées de Fourier, optique ondulatoire, réflexion et transmission dans les milieux.

- **Compétences évaluées**

Phys 5 :

- Maîtriser les outils des fonctions et distributions, pour décrire la transmittance ou réflectance d'un objet
- Comprendre les différentes notions de cohérence optique
- Maîtriser l'optique ondulatoire
- Utiliser la transformée de Fourier et l'adapter aux effets d'interaction entre ondes et objets
- Appliquer au traitement d'images en fonction du type de source de lumière
- Modéliser les phénomènes
- Appliquer aux techniques de filtrage optique
- Appliquer aux techniques de spectroscopie.

- **Sommaire**

Dans un Formalisme de Fourier appliqué à l'optique :

- Diffraction de la lumière par une ouverture, Principe de Huygens-Fresnel, Diffraction de Fresnel et de Fraunhofer,
- Cohérence temporelle, Spectroscopie par transformée de Fourier,
- Cohérence spatiale, Interférométrie, Systèmes optiques complexes,
- Speckle et cohérence spatio-temporelle,
- Pouvoir de résolution et justification du critère de Rayleigh,
- Filtrage et formation des images, effet de la Cohérence, débruitage, stroboscopie et contraste de phase, Holographie et applications.

- **Modalités de contrôle des connaissances et des compétences:**

cf. modalité de contrôle des connaissances et des compétences (MCC)

- **Responsable de l'enseignement :**

Pascal Andréazza

- ***Ressources :***

Bibliographie :

- Pellat-Finet, Optique de Fourier: Théorie métaxiale et fractionnaire, Springer-Verlag, Paris, 2009
- J. W. Goodman, Introduction to Fourier Optics, Mc Graw- Hill, 2009

Éléments de contexte**prérequis**

prérequis : Résolution du problème aux valeurs et vecteurs propres, cristallographie

Compétences évaluées**Sommaire**

- Vecteurs – Tenseurs-Problèmes relatifs aux changements de repère – symétries
- Propriétés élastiques de la matière : élasticité statique
- Propriétés élastiques de la matière : élasticité dynamique
- Vibrations atomiques, phonons

Modalités de contrôle des connaissances et des compétences:

cf. modalité de contrôle des connaissances et des compétences (MCC)

Responsable de l'enseignement :

Yann Vaills

Ressources :**Bibliographie :**

- Physique des matériaux : Systèmes anisotropes. Représentations, propriétés physiques simples et couplées, M. Rousseau, A. Désert et M. Henry, ed. Ellipse, coll. TechnoSup (2012)
- Ondes élastiques dans les solides, application au traitement du signal, E. Dieulesaint et D. Royer, ed. Masson (1996)
- Physique des solides, Neil-W Ashcroft, N-David Mermin ed. EDP Sciences (2002)
- Introduction to Solid State Physics, Charles Kittel 8th edition John Wiley & Sons, Inc. 2005 ou la version française de la 8ème édition : Physique de l'état solide françaises, Dunod, (2007)
- Mécanique des milieux déformables, équations générales, solides élastiques, fluides, turbomachines, Mostafa FOURAR et Claude CHEZE, Ellipses (2002)
- Résistance des matériaux, Pierre AGATI, Frédéric LEROUGE et Marc ROSSETO, DUNOD (1999)
- Mécanique DUNOD (1996)
- Cours de Physique, Electromagnétisme Tome 2, Chap. 31, 38 et 39, Richard Feynman, on en trouvera la dernière édition française, datée de 2013, chez Dunod. Ce magnifique document pédagogique a été rédigé le Prix Nobel de Physique 1965, à partir des notes prises par ses étudiants lors de ses leçons.
- Mémo visuel de Physique : l'essentiel en fiches (Licence-Prépas-CAPES), sous la direction de Giancarlo Faini, Dunod 2017
- des matériaux solides, Jean LEMAITRE et Jean-Louis CHABOCHE, DUNOD (1996)

- Cours de Physique, Électromagnétisme Tome 2, Chap. 31, 38 et 39, Richard Feynman, on en trouvera la dernière édition française, datée de 2013, chez Dunod. Ce magnifique document pédagogique a été rédigé le Prix Nobel de Physique 1965, à partir des notes prises par ses étudiants lors de ses leçons.
- Mémo visuel de Physique : l'essentiel en fiches (Licence-Prépas-CAPES), sous la direction de Giancarlo Faini, Dunod 2017

Documents fournis par le Professeur, déposées su Célène :

- Diaporamas des leçons (130 diapositives)
- Cours rédigé (100 pages)

Éléments de contexte**prérequis**

Notions mathématiques sur les équations différentielles et les équations aux dérivées partielles, notions de bilan de flux local, approche de la modélisation en physique.

Compétences évaluées

Compétences évaluées de la compétence Phy2 :

- Expertise dans la modélisation des systèmes physiques à différentes échelles de temps et d'espace.
- Capacité à utiliser des techniques de modélisation avancées pour étudier des phénomènes complexes et interdisciplinaires.
- Capacité à développer de nouveaux modèles et des approches innovantes pour résoudre des problèmes physiques de pointe.

Compétences évaluées de la compétence Phy3 :

- Intégrer différentes théories physiques pour modéliser et analyser des phénomènes physiques complexes

Compétences évaluées de la compétence Phy6 :

- Utiliser de façon raisonnée et critique un logiciel de calcul évolué
 - Écrire des scripts permettant de résoudre des équations ou systèmes d'équations.
- S'interroger sur la validité du résultat.

Sommaire**Partie simulations d'expériences**

- Maillage et types d'éléments finis, modélisation géométrique, modèles paramétrés et associatifs, variables, expressions et tables.
- Prise en main d'un logiciel de type éléments finis ou volumes finis (Comsol), interfaces graphiques pour la modélisation et la simulation, export des résultats et génération de rapports, visualisation et post-traitement des résultats.
- Applications par exemple aux transferts thermiques, au couplage thermo-mécanique et électro-thermique.
- Travaux Pratiques : plaque mince chauffée, ailette thermique, MEMS, problèmes d'électrostatique, de magnétostatique, de mécanique, etc...

Partie calcul scientifique

- Introduction à la résolution numérique des équations aux dérivées partielles (EDP)
- Résolution des équations elliptiques, paraboliques et hyperboliques
- Méthodes de Jacobi, Gauss-Seidel et SOR
- Méthode FTCS (Forward Time Centered Space)
- Algorithmes implicites : Crank-Nicolson, O'Brien
- Stabilité de Von Neumann

Modalités de contrôle des connaissances et des compétences:

cf. modalité de contrôle des connaissances et des compétences (MCC)

Responsable de l'enseignement :

N. Semmar, G. D. Forster

Ressources :

Bibliographie :

- Eric Sullivan, *Numerical Methods : An Inquiry-Based Approach With Python*, 2021
- Mark Newman, *Computational Physics*
- Alejandro Garcia, *Numerical Methods for Physics*

Éléments de contexte**prérequis**

électromagnétisme, mécanique newtonienne

Compétences évaluées

- Maîtriser les outils de développements en séries numériques ou de fonctions,
- Comprendre les différentes notions de convergence, Démontrer les différentes convergences des différentes séries
- Utiliser les séries pour résoudre des équations différentielles
- Calculer la décomposition en série de Fourier sous forme trigonométrique ou exponentielle
- Utiliser la relation de Parseval
- Manipuler les concepts probabilistes et résoudre des problèmes simples
- Manipuler les lois tant discrètes que continues, et en calculer les moments
- Utiliser les statistiques en particulier pour les incertitudes de mesures
- Manipuler les outils de l'approche probabiliste.

Sommaire

- Relativité : principe de relativité expérience de Michelson-Morley, transformations de Lorentz-Poincaré (TLP), dilatation du temps, contraction de la longueur, cône de lumière et l'espace-temps, invariants relativistes, quadrvecteurs et mécanique relativiste, relation et conservation énergie-masse, Doppler relativiste, électromagnétisme : tenseur du champ, équations de Maxwell sous forme tensorielle, invariance TLP, principe d'équivalence, courbure de l'espace-temps.
- Physique subatomique : noyaux et radioactivité, énergie du quantum de Planck et relativité restreinte, forces faible et forte, énergie de liaison, comparaison entre les quatre interactions fondamentales (électromagnétisme, gravitation, faible, forte), familles des particules, Modèle Standard des particules élémentaires (fermions et bosons), accélérateurs et collisionneurs.

Modalités de contrôle des connaissances et des compétences:

cf. modalité de contrôle des connaissances et des compétences (MCC)

Responsable de l'enseignement :

Yann Vaills

Ressources :**Bibliographie :**

- J. Hladik, M. Chrysos, Introduction à la relativité restreinte, Dunod, Sciences sup, 2007
- J.-P. Perez, Relativité restreinte et générale, fondements et applications, 3e ed.,

Dunod, 2016

- Einstein : la relativité, Ed. Payot

Documents fournis par le Professeur, déposées su Célène :

- Diaporamas des leçons
- Cours rédigé

Éléments de contexte

Ce module a pour objectif d'initier les étudiants au formalisme et aux concepts fondamentaux de la mécanique quantique. Après une mise en perspective historique et scientifique menant à l'avènement des idées quantiques, il introduit les notions essentielles telles que la fonction d'onde, l'équation de Schrödinger et les principes associés (quantification, inégalités de Heisenberg, opérateurs, spin). Les étudiants seront ainsi amenés à décrire et analyser des systèmes physiques simples : particule dans un puits de potentiel, oscillateur harmonique, atome d'hydrogène. Cet enseignement s'inscrit dans le cadre plus vaste de la physique moderne et constitue un prérequis pour aborder la physique du solide, la physique atomique et moléculaire, la chimie quantique ou encore la physique des particules. Les notions abordées trouvent des applications concrètes dans de nombreux domaines : spectroscopie, semi-conducteurs et nanotechnologies, lasers, magnétisme, imagerie médicale, ainsi que dans les technologies émergentes liées à l'information quantique.

prérequis

Mathématiques de L1 et L2, mécanique, ondes.

Compétences évaluées

Phys 3, 4 et 5 :

- Restituer les équations fondamentales (équation de Schrödinger, relations de Heisenberg, opérateurs de base),
- Connaître les résultats classiques : spectre de l'oscillateur harmonique quantique, niveaux de l'atome d'hydrogène,
- Identifier les phénomènes historiques,
- Expliquer le rôle physique de la fonction d'onde et son interprétation probabiliste,
- Interpréter la signification d'un paquet d'ondes et du courant de probabilité,
- Comprendre la différence entre états liés et états de diffusion,
- Résoudre l'équation de Schrödinger pour des potentiels simples,
- Calculer les niveaux d'énergie quantifiés et les fonctions propres associées,
- Réduire un problème à deux corps en un problème effectif à une particule de masse réduite,
- Analyser les symétries d'un potentiel central et relier aux harmoniques sphériques,
- Étudier les conditions de résonance et l'effet tunnel sur une particule incidente,
- Comparer les descriptions classique et quantique d'un système,
- Évaluer la pertinence des approximations,
- Élaborer une modélisation quantique d'un système inédit mais simple

Sommaire

- Rappels mathématiques (équations différentielles, opérateur différentiels),
- Histoire des sciences : avènement des idées quantiques,
- Description de phénomènes quantiques (effet photoélectrique, effet Compton),

- Fonction d'onde - Paquet d'ondes,
- Équation de Schrödinger,
- Rappel sur le problème à deux corps - Masse réduite,
- Particule dans un potentiel scalaire indépendant du temps - États stationnaires,
- États liés - Quantification des énergies,
- États de diffusion - Courant de probabilité - Effet Tunnel,
- Notion d'opérateur,
- Inégalités de Heisenberg,
- Oscillateur harmonique quantique,
- Moment cinétique orbital – Harmoniques sphériques,
- Particule dans un potentiel central - Équation radiale,
- Atome d'hydrogène,
- Expérience de Stern et Gerlach – Notion de moment cinétique de spin,
- Transition vers le formalisme de Dirac.

Modalités de contrôle des connaissances et des compétences:

cf. modalité de contrôle des connaissances et des compétences (MCC)

Responsable de l'enseignement :

S. Guillot

Ressources :

Bibliographie :

- P.T. Matthews, Introduction à la Mécanique Quantique, Ed. Dunod, 1966
- A.P. French, E.F. Taylor, An introduction to Quantum Physics, MIT Introductory physics series, 1978
- C. Cohen-Tanoudji, B. Diu, F. Laloë, Mécanique Quantique, Ed. Hermann, 1973
- B. Hoffmann, L'étrange histoire des quanta, Ed. Sciences, 1981

Éléments de contexte

Il sera ici question de signaux à une dimension, qui sont fonction du temps. Ils sont importants car portant l'information, dans tous nos systèmes électriques notamment, et leurs méthodes de traitement peuvent s'étendre à des signaux plus complexes, en particulier tridimensionnels. Une application importante est donnée par le contrôle des systèmes linéaires qui consiste à s'assurer que la réponse de ces systèmes à une excitation donnée est bien celle que l'on attend ou au moins en est proche.

prérequis

Outils 5, Série de Fourier, transformée de Fourier, transformée de Laplace.

Compétences évaluées

Phys 3, 4 et 5 :

- Utiliser les différentes techniques du traitement du signal pour classifier et caractériser des signaux unidimensionnels (séries temporelles),
- Identifier les systèmes linéaires, éventuellement les linéariser,
- Déterminer leur réponse fréquentielle et impulsionnelle,
- Identifier un système linéaire avec une fonction de transfert bien choisie,
- Relier le comportement de la fonction de transfert en boucle ouverte à celle en boucle fermée, appréhender les notions de précision et de stabilité en particulier pour déterminer les paramètres d'un correcteur.

Sommaire

- Classification des signaux
- Systèmes linéaires, réponse impulsionnelle, convolution, auto-corrélation, inter-corrélation
- Identification de la réponse impulsionnelle
- Mesure de retard par inter-corrélation, détection par corrélation d'un signal noyé dans du bruit
- Transformée de Fourier (TF), définition, relation avec la série de Fourier, propriétés, distribution et TF du Dirac, TF des sinus et cosinus, applications : filtrage, détection de vibrations
- Systèmes linéaires (suite) : fonction de transfert isochrone, courbes de Bode, réponse temporelle et fréquentielle des systèmes du 1er et 2e ordre
- Notion d'automatique linéaire continue : précision, stabilité et compensation des systèmes asservis

Modalités de contrôle des connaissances et des compétences:

cf. modalité de contrôle des connaissances et des compétences (MCC)

Responsable de l'enseignement :

T. Dudok de Wit, J.-L. Rouet

Ressources :

Bibliographie :

- J. Max, J.-L. Lacoume, Méthodes et techniques de traitement du signal et applications aux mesures physiques T1, 5e ed., Masson, Paris, 1996
- F. Cottet, Aide-mémoire de traitement du signal, Dunod, Paris, 2017
- P. Prouvost, Automatique, contrôle et régulation, Dunod, Paris, 2004

Autres :

- fascicules de cours ou transparents sur l'ENT
- programmes python pour le tracé dans l'abaque de Black

Éléments de contexte***prérequis***

Électricité S3 et électronique S4

Compétences évaluées***Sommaire***

- introductions aux circuits programmables : CPLD, FPGA, µcontrôleur, µprocesseur,
- architecture des circuits programmables,
- langage de programmation matériel VHDL,
- modélisation de fonctions numériques en VHDL (description, test),
- intégration de fonctions numériques sur FPGA (synthèse logique).

Modalités de contrôle des connaissances et des compétences:

cf. modalité de contrôle des connaissances et des compétences (MCC)

Responsable de l'enseignement :

Y. Kebbati

Ressources :

- Plateforme de développement FPGA
- Polycopié numérisé

Éléments de contexte

La physique est une science expérimentale. Ainsi les expériences proposées permettront soit d'appréhender des concepts qui seront vus en cours avant le TP, soit de les illustrer s'ils sont abordés après le TP.

prérequis

UE de physique des semestres 5 et partiellement 6.

Compétences évaluées

- Effectuer des montages et utiliser les instruments les plus courants.
- Mettre en œuvre des techniques de mesure telles que pratiquées en laboratoire en prenant en compte les incertitudes de mesures.
- Valider un modèle ou une théorie par comparaison de ses prévisions aux résultats expérimentaux et apprécier ses limites de validité
- Identifier les réglementations spécifiques et mettre en œuvre les principales mesures de prévention en matière d'hygiène et sécurité
- Produire à l'écrit et à l'oral un rapport clair et structuré sur des travaux réalisés en groupe en utilisant les outils et supports numériques courants mais adaptés.

Sommaire

- Tronc commun : jauges de contraintes et mesures de déformations, filtrage optique, étude du haut-parleur.
- UE optionnelles P : Interféromètre de Michelson, réseaux de diffraction, pendules couplés, Effet Pockels
- UE optionnelles SI : utilisation de FPGA, traitement du signal, asservissement de tension

Modalités de contrôle des connaissances et des compétences:

cf. modalité de contrôle des connaissances et des compétences (MCC)

Responsable de l'enseignement :**Ressources :**

Bibliographie :

- Optique Physique, Richard Taillet, De Boeck Supérieur, sept 2015.

Autres :

- fascicule de TP
- notices des appareils
- notice de sécurité sur l'utilisation des Laser