
**62 leçons posées à l'Agrégation de Physique session
2000**

Quelques pistes. . .

Stéphane Ravier

Rémi Salomé

Avant-propos

Ce document présente des plans des leçons de physique mises au concours de l'agrégation de physique, session 2000. Ces plans sont le résultat d'une année de préparation de 2 candidats du centre de préparation de l'École normale supérieure de Lyon à ce même concours (Stéphane RAVIER et Rémi SALOMÉ). Pour chaque leçon, dont le numéro et le titre correspondent à ceux de la session 2000, on peut trouver un plan avec les titres des paragraphes et parfois quelques précisions ainsi que la bibliographie qui a servi à l'élaboration de ces leçons.

Bien entendu, ces plans n'ont aucune prétention et ne constituent absolument pas un modèle à suivre. Ils sont livrés en l'état sans aucune garantie d'aucune sorte. En outre, **ces plans n'ont pas toujours été testés** (ils peuvent représenter une leçon trop longue ou trop courte) et n'ont pas été corrigés par qui que ce soit. Si je les mets à disposition, c'est pour offrir un point de vue différent aux futurs candidats au concours.

Ce document peut, éventuellement, apporter un petit plus mais **chaque leçon reste une création personnelle aussi il ne saurait remplacer un travail de fond sur chaque sujet. Une leçon est "vivante"** : je ne suis déjà plus tout à fait d'accord avec certains points. . .

Par ailleurs, je serais intéressé par toute remarque, suggestion, critique. . . que vous pourriez me faire parvenir à Stephane.Ravier@ens-lyon.fr.

Bon courage à tous les futurs candidats.

S. RAVIER

LP 1 Conservation en mécanique du point et du solide de la quantité de mouvement, du moment cinétique et de l'énergie. Exemples et applications.

MP, PC ou 1^{er} CU

Prérequis : mécanique du point, des systèmes de points et du solide

Idées pour l'intro : Résolution des problèmes "bruts" compliquée \Rightarrow méthode des intégrales premières

I Conservation de la quantité de mouvement

1 notion de système isolé

- isolé / pseudo-isolé
- il existe un unique système réellement isolé : l'univers
- exemples et AN

2 application au choc de 2 particules

3 conservation d'une composante

II Conservation du moment cinétique

1 conditions de conservation

faire un retour sur isolé / pseudo-isolé

2 applications

- a gyroscope
- b embrayage de 2 disques

III Conservation de l'énergie

1 système conservatif

2 applications aux chocs

- a élastiques
- b inélastiques

3 quelques applications en mécanique du solide

- a le yo-yo
- b retour sur l'embrayage

Idées pour la conclusion : simplification du problème initial (une intégration réalisée) ; lien entre propriété de conservation et symétrie ; concepts très généraux

Bibliographie

- [1] BERTIN, FAROUX et RENAULT. – *Mécanique 2*. – Dunod.
- [2] PÉREZ (J.P.). – *Mécanique (5^{ème} édition)*. – Masson, 1997.
- [3] SIVOUKHINE. – *Mécanique*.
- [4] BUP 587, p. 21.

LP 2 Contact entre deux solides. Frottement et glissement. Exemples.

PC ou 1^{er} CU

Prérequis : cinématique et dynamique du solide

Idées pour l'intro : frottements omniprésents (1,6% du PNB pour compenser)

I Description du contact entre 2 solides

1 modèle du contact ponctuel

Modélisation du contact par une succession de contacts ponctuels.

2 éléments de cinématique

3 condition de roulement sans glissement

II Actions de contact

1 résultante et moment

2 lois phénoménologiques de Coulomb

Idée d'expérience : faire glisser différents matériaux sur un plan plus ou moins incliné.

3 exemples

arc-boutement, amarrage, démarrage d'une voiture sur la neige, ...

III Aspects énergétiques

1 puissance des actions de contact

2 application aux liaisons

a définition

liaison pivot et pivot parfaite

b exemple

Idées pour la conclusion : phénomènes encore mal compris au niveau microscopique ; tous les frottements ne sont pas mauvais (*cf* voiture)

Commentaires : Ne pas oublier, dans le paragraphe sur les lois de COULOMB, de parler de la loi d'AMONTONS (indépendance de la surface de contact).

Bibliographie

- [1] PÉREZ (J.P.). – *Mécanique* (5^{ème} édition). – Masson, 1997.
- [2] SARMA (J.P.) et GIÉ (H.). – *Mécanique 1*. – Dunod.
- [3] HPRÉPA. – *Mécanique du solide*. – Hachette.
- [4] BERTIN, FAROUX et RENAULT. – *Mécanique 2*. – Dunod.
- [5] BRUHAT (G.). – *Mécanique*. – Masson.
- [6] TANGUY. – *Mécanique*.
- [7] Article sur la tribologie. *Pour la science*, décembre 1996.

LP 3 Caractère non galiléen du référentiel terrestre. Conséquences.

PCSI ou 1^{er} CU

I Le référentiel terrestre

1 différents référentiels

2 expression du PFD

Montrer les termes centrifuge, de marée et de Coriolis

II Terme d'entraînement

1 effet centrifuge

Dû à la rotation de la Terre sur elle-même. Conséquence : différence verticale/rayon de la Terre ; aplatissement de la Terre.

2 terme de marée

a origine

Attraction différentielle

b modèle statique

c modèle dynamique

III Terme de Coriolis

2 aspects, 2 conséquences (parmi d'autres)

1 pendule de Foucault

2 vents géostrophiques

Idées pour la conclusion : Sauf pour des corps volumineux et/ou des expériences longues, le référentiel terrestre peut être considéré comme galiléen ; couple exercé par la Lune implique un ralentissement de la rotation de la Terre.

Bibliographie

- [1] PÉREZ (J.P.). – *Mécanique* (5^{ème} édition). – Masson, 1997.
- [2] SIVOUKHINE. – *Mécanique*.
- [3] BERTIN, FAROUX et RENAULT. – *Mécanique*. – Dunod.
- [4] FAROUX et RENAULT. – *Mécanique 1*. – Dunod.
- [5] *Encyclopédie Universalis*, chap. Vents.

LP 4 Mouvement d'un solide autour d'un axe fixe. Equilibrage statique et dynamique. Exemples.

1^{er} CU

Prérequis : théorèmes généraux de mécanique du solide

Idées pour l'intro : Étude d'un mouvement certes particulier mais très répandu et important.

I Description du problème

1 système étudié

2 moment cinétique

a par rapport à O fixe

b matrice d'inertie

donner les propriétés *mathématiques* de cette matrice.

c par rapport à un axe fixe

3 énergie cinétique

II Lois du mouvement

1 application des théorèmes généraux

2 liaison pivot parfaite

3 application au pendule pesant

III Équilibrage des machines tournantes

1 présentation

2 équilibrage statique

3 équilibrage dynamique

Idées pour la conclusion : Mouvement essentiel pour les applications techniques ; problème important des contraintes.

Bibliographie

- [1] BERTIN, FAROUX et RENAULT. – *Mécanique*. – Dunod.
- [2] PÉREZ (J.P.). – *Mécanique* (5^{ème} édition). – Masson, 1997.
- [3] BRUHAT (G.). – *Mécanique*. – Masson.
- [4] TANGUY. – *Mécanique*.

LP 5 Approximation gyroscopique. Effets dans les domaines macroscopique et microscopique.

1^{er} CU

I Effets gyroscopiques

1 mise en évidence

2 étude mécanique

a cinématique

b approximation gyroscopique

c dynamique

équilibré/déséquilibré

3 applications

a la Terre tourne sur elle-même !

b indication de cap

c précession des équinoxes

II Effets gyromagnétiques

1 moment cinétique et moment magnétique

2 précession de Larmor

3 RMN

a mise en équation

b résonance

c étude quantique

Idées pour la conclusion : Mentionner la nutation (hors approximation gyroscopique) ; applications de la RMN.

Bibliographie

[1] PÉREZ (J.P.). – *Mécanique* (5^{ème} édition). – Masson, 1997.

[2] CAGNAC (B.) et PEBAY-PEROULA (J.C.). – *Physique atomique, tome 1*. – Dunod, 1975.

[3] SIVOUKHINE. – *Mécanique*.

[4] SARMANT (J.P.) et GIÉ (H.). – *Mécanique 2*. – Dunod.

[5] STRELKHOV. – *Mécanique*.

[6] BRUHAT (G.). – *Mécanique*. – Masson.

LP 6 Utilisation des lois de conservation dans le problème à 2 corps. Applications (gravitation, champ coulombien).

1^{er} CU

Prérequis : théorèmes généraux de mécanique du point.

Idées pour l'intro : Souligner l'importance du problème à 2 corps.

I Le problème à deux corps

- 1 présentation et hypothèses**
- 2 élément de cinématique**
- 3 lois de conservation**
 - a quantité de mouvement
 - b moment cinétique
 - c énergie dans le cas des systèmes conservatifs

Aboutir à la notion de potentiel effectif.

- 4 états liés et de diffusion**

II Application aux champs de force en $1/r^2$

- 1 interactions newtonienne et coulombienne**
- 2 une intégrale première du mouvement : le vecteur excentricité**
- 3 lois de Képler**
- 4 diffusion de Rutherford**

Bibliographie

[1] PÉREZ (J.P.). – *Mécanique* (5^{ème} édition). – Masson, 1997.

[2] BERTIN, FAROUX et RENAULT. – *Mécanique 1*. – Dunod.

LP 7 Principes de la cinématique relativiste. Durée propre. Longueur propre.

1^{er} CU

Prérequis : transformation de GALILÉE

Idées pour l'intro : Étude d'une des deux révolutions du début du XX^e siècle

I Mise en défaut de la mécanique classique

- 1 la transformation de Galilée
- 2 le problème avec les ondes électromagnétiques

Idée de l'éther. Non invariance de la force de LORENTZ. Expérience de MICHELSON–MORLEY.

II Du postulat d'Einstein aux transformations de Lorentz

- 1 postulat de la relativité restreinte (1905)
- 2 transformation de Lorentz
- 3 notion de diagramme d'univers

III Conséquences

- 1 la loi de transformation des vitesses
- 2 abandon de la notion de temps absolu
- 3 dilatation des temps
 - a temps propre
 - b dilatation des temps
 - c confirmation expérimentale
- 4 contraction des longueurs
 - a longueur propre
 - b contraction des longueurs
- 5 paradoxes

Bibliographie

- [1] PÉREZ (J.P.). – *Relativité et quantification*. – Masson, 1986.
- [2] FEYNMAN (R.). – *Mécanique 1*. – InterÉditions, 1979.
- [3] BORATAV (M.) et KERNER (R.). – *Relativité*. – Ellipses, 1991.
- [4] HULIN. – *Relativité restreinte*.

LP 8 Collisions en relativité restreinte. Application à l'étude des noyaux et des particules élémentaires.

1^{er} CU

Prérequis : LP7

Idées pour l'intro : Application de la cinématique relativiste à des problèmes "simples".

I Description du phénomène de collision

- 1 présentation
- 2 lois de conservation
 - a impulsion
 - b énergie
- 3 référentiel du "centre de masse"

II Collisions élastiques

- 1 définition et conséquence
- 2 nécessité d'un traitement relativiste
- 3 application
 - a diffusion $p - p$
 - b effet Compton

III Collisions inélastiques

- 1 définition et exemples
- 2 équivalence masse-énergie
 - a position du problème
 - b seuil de réaction
 - c exemple simple
- 3 fusion et fission

Idées pour la conclusion : Nécessité d'énergies toujours plus importantes pour sonder la matière.

Autres idées : effet Mossbauer

Bibliographie

- [1] PÉREZ (J.P.). – *Relativité et quantification*. – Masson, 1986.
- [2] STRELKHOV. – *Mécanique*.
- [3] BORATAV (M.) et KERNER (R.). – *Relativité*. – Ellipses, 1991.
- [4] BERTIN, FAROUX et RENAULT. – *Mécanique 1*. – Dunod, 1985.
- [5] BLANC. – *Physique nucléaire*.
- [6] CHPOLSKI. – *Physique atomique*.
- [7] CAGNAC (B.) et PEBAY-PEROULA (J.C.). – *Physique atomique, tome 1*. – Dunod, 1975.

LP 9 Mouvement d'une particule chargée dans un champ magnétique indépendant du temps. Applications.

1^{er} CU

I Champ uniforme

- 1 équation du mouvement et trajectoire
- 2 spectromètre de masse
- 3 utilisation dans les accélérateurs

II Champ non uniforme

- 1 influence sur la trajectoire
- 2 ceintures de Van Allen
- 3 confinement

Bibliographie

- [1] ARTSIMOVITCH. – *Mouvement d'une particule dans un champ électrique et magnétique.*
- [2] BERTIN, FAROUX et RENAULT. – *Mécanique 1.* – Dunod, 1985.
- [3] PÉREZ (J.P.). – *Mécanique (5^{ème} édition).* – Masson, 1997.
- [4] PÉREZ (J.P.). – *Relativité et quantification.* – Masson, 1986.
- [5] BORATAV (M.) et KERNER (R.). – *Relativité.* – Ellipses, 1991.
- [6] Article sur le confinement. *La Recherche*, juin 1997.

LP 10 Description cinématique d'un fluide en mouvement. Exemples.

PC

Idées pour l'intro : On s'intéresse au mouvement des fluides sans les causes de ce mouvement.

I Description du mouvement d'un fluide

- 1 point de vue lagrangien et eulérien
 - a description lagrangienne
 - b description eulérienne
 - c équivalence de ces 2 descriptions
- 2 trajectoire, lignes de courant et d'émission
- 3 accélération et dérivée particulaire

II Conservation de la masse

- 1 bilan de masse
- 2 équation locale
- 3 écoulements particuliers
 - a stationnaire
 - b incompressible
- 4 interprétation physique de la divergence

III Exemples d'écoulements incompressibles

- 1 écoulement potentiel
- 2 écoulement rotationnel
- 3 dipôle hydrodynamique

Idées pour la conclusion : Le vocabulaire de l'analyse vectorielle vient de de l'hydrodynamique.

Commentaires : TROUVER d'autres exemples, moins "bateau".

Bibliographie

- [1] GUYON (E.), HULIN (J.P.) et PETIT (L.). – *Hydrodynamique physique*. – CNRS Éditions – EDP Sciences, 1996.
- [2] PÉREZ (J.P.). – *Mécanique* (5^{ème} édition). – Masson, 1997.
- [3] HPRÉPA. – *Mécanique des fluides*. – Hachette.

LP 11 Modèle de l'écoulement parfait d'un fluide ; validité. Equation d'Euler. Théorèmes de Bernoulli. Applications.

PC

Prérequis : nombre de REYNOLDS ; bilan de forces extérieures.

I Modèle de l'écoulement parfait

- 1 définition
- 2 équation d'Euler
 - a bilan des forces extérieures à une particule fluide
 - b application du PFD
- 3 validité du modèle

II Théorèmes de Bernoulli

- 1 intégration de l'équation d'Euler le long d'une ligne de courant
- 2 énoncés
 - a écoulement stationnaire
 - b écoulement irrotationnel
- 3 application directe : théorème de Torricelli
- 4 interprétation énergétique

III Applications

- 1 effet Venturi
- 2 tube de Pitot
- 3 effet Magnus

explication qualitative avec le théorème de BERNOULLI.

Idées pour la conclusion : Un fluide parfait, ça n'existe pas mais un écoulement parfait, si.

Bibliographie

- [1] GUYON (E.), HULIN (J.P.) et PETIT (L.). – *Hydrodynamique physique*. – CNRS Éditions – EDP Sciences, 1996.
- [2] PÉREZ (J.P.). – *Mécanique* (5^{ème} édition). – Masson, 1997.
- [3] HPRÉPA. – *Mécanique des fluides*. – Hachette.
- [4] BERTIN, FAROUX et RENAULT. – *Mécanique 2*. – Dunod.
- [5] FEYNMAN (R.). – *Électromagnétisme 2*. – Dunod, 1979-1999.

LP 12 Notion de viscosité d'un fluide. Ecoulements visqueux, nombre de Reynolds. Exemples simples.

PC

I Force de viscosité

- 1 mise en évidence expérimentale
 - a chute d'une bille
 - b écoulement entre deux plaques
- 2 définition macroscopique de la viscosité
- 3 expression volumique de la force de viscosité

II Transport de quantité de mouvement

- 1 équation de diffusion 1D
- 2 interprétation microscopique
- 3 compétition diffusion/convection : le nombre de Reynolds

III Étude d'écoulements visqueux

- 1 équations générales
- 2 écoulement de Poiseuille
- 3 force de traînée sur une sphère

Idées pour la conclusion : NAVIER-STOKES, c'est compliqué donc, en général, on essaye de contourner (écoulement parfait loin des parois/obstacles et théories – simplifiées – dans les couches limite).

Bibliographie

- [1] GUYON (E.), HULIN (J.P.) et PETIT (L.). – *Hydrodynamique physique*. – CNRS Éditions – EDP Sciences, 1996.
- [2] PÉREZ (J.P.). – *Mécanique* (5^{ème} édition). – Masson, 1997.
- [3] HPRÉPA. – *Mécanique des fluides*. – Hachette.
- [4] FEYNMAN (R.). – *Électromagnétisme 2*. – Dunod, 1979-1999.

LP 13 Equations de bilan en mécanique des fluides. Exemples et applications.

PC ou 1^{er} CU

Prérequis : théorèmes généraux de mécanique et de thermodynamique.

Idées pour l'intro : On va adopter ici un point de vue global (iesans s'intéresser aux détails des processus) qui permet de tirer beaucoup d'informations.

I Problématique des systèmes ouverts

1 système ouvert - système fermé

Définitions. Les théorèmes généraux ne s'appliquent qu'à des systèmes fermés donc on s'y ramène.

2 système fermé coïncident

3 premier exemple : bilan de matière

II Bilans mécaniques

1 bilan de quantité de mouvement

coude ou plaque.

2 bilan de moment cinétique

tourniquet hydraulique.

3 bilan d'énergie cinétique

tube de courant. Retrouver Bernoulli.

III Bilans therodynamiques

1 bilan d'énergie interne

échangeur à contre-courant.

2 onde de choc dans une canalisation

permet un bilan de masse, de quantité de mouvement et d'entropie.

Idées pour la conclusion : Il existe des théorèmes généraux (EULER et REYNOLDS) pour systématiser de telles études qui n'apportent rien de plus pour ces exemples.

Bibliographie

- [1] HPRÉPA. – *Mécanique des fluides*. – Hachette.
- [2] SARMANT (J.P.) et GIÉ (H.). – *Mécanique 2*. – Dunod.
- [3] PÉREZ (J.P.). – *Mécanique* (5^{ème} édition). – Masson, 1997.
- [4] OLIVIER (S.) et GIÉ (H.). – *Thermodynamique, 1^{ère} et 2^{ème} années*. – Tec&Doc, 1998.

LP 14 Modèle du gaz parfait. Interprétations cinétiques de la température et de la pression. Limitations du modèle.

MPSI ou PCSI

I Modèle du gaz parfait

1 description d'un gaz

Définition. Allure de la courbe donnant l'énergie potentielle en fonction de la distance au centre d'un atome avec AN : les molécules ne se voient pas. Diagramme d'AMAGAT.

2 hypothèses du modèle

Particules ponctuelles identiques. Aucune interaction sauf les collisions. Collisions aléatoires.

3 loi de distribution des vitesses

Isotropie et homogénéité.

II Théorie cinétique du gaz parfait

1 pression cinétique

2 définition de la température cinétique

3 description thermodynamique du gaz parfait

a énergie interne

b équation d'état

III Limitations du modèle

1 limite quantique

À part pour les gaz d'électrons dans les conducteurs, cette limite ne joue aucun rôle.

2 potentiel d'interaction

influence de T à densité fixée (et réciproquement).

3 gaz de Van der Waals

a taille finie des molécules

Problème avec la théorie de la diffusion. Libre parcours moyen.

b pression moléculaire

c modèle de Van der Waals

Bibliographie

- [1] OLIVIER (S.) et GIÉ (H.). – *Thermodynamique*, 1^{ère} et 2^{ème} années. – Tec&Doc, 1998.
- [2] PÉREZ (J.P.). – *Thermodynamique* (2^{ème} édition). – Masson, 1997.
- [3] DIU (B.). – *Physique statistique*. – Hermann, 1989.
- [4] FEYNMAN (R.). – *Mécanique 2*. – Dunod, 1979-1999.
- [5] HPRÉPA. – *Thermodynamique*, 1^{ère} année. – Hachette.

LP 15 Premier principe de la thermodynamique. Energie interne. Conséquences.

MPSI ou PCSI

Idées pour l'intro : Passer du micro- au macroscopique pour l'énergie.

I Transfert d'énergie

- 1 travail macroscopique**
 - a cas des forces de pression
 - b autres forces : exemple du travail électrique
- 2 transfert thermique**
 - a non conservation de l'énergie mécanique
 - b augmentation de l'agitation thermique
- 3 conservation de l'énergie**
 - a cas du système précédent
 - b énergie macro- et microscopique

II Le premier principe

- 1 énoncé**
- 2 autre fonction d'état : l'enthalpie**
 - a U est adaptée aux transformations isochores...
 - b ...mais pas aux transformations isobares
- 3 capacités thermiques**

III Application à l'étude de quelques détente

- 1 détente de Joule – Gay-Lussac**
- 2 détente de Joule – Thomson**

Idées pour la conclusion : On a vu un principe de conservation de l'énergie. Il nous manque un principe d'évolution.

Bibliographie

- [1] OLIVIER (S.) et GIÉ (H.). – *Thermodynamique*, 1^{ère} et 2^{ème} années. – Tec&Doc, 1998.
- [2] FAROUX et RENAULT. – *Thermodynamique*, 1^{ère} et 2^{ème} années. – Dunod.
- [3] BUP 724.
- [4] BUP 775.

LP 16 Facteur de Boltzmann. Applications.

1^{er} CU

Prérequis : LP18

Idées pour l'intro : Ici, nouvelle approche donc nouvelle distribution.

I Le facteur de Boltzmann

1 exemples introductifs

- a atmosphère isotherme
- b défauts cristallins

Schottky ou Frenkel.

2 définition

3 approximation continue

- a condition de validité
- b facteur de Boltzmann

II Applications

1 équipartition de l'énergie

2 capacités thermiques

- a gaz parfait
- b solides

3 paramagnétisme : désaimantation adiabatique

Idées pour la conclusion : On a vu 2 types de distribution selon les contraintes. On a posé quelques jalons de physique statistique.

Bibliographie

- [1] PÉREZ (J.P.). – *Thermodynamique (2^{ème} édition)*. – Masson, 1997.
- [2] BERTIN, FAROUX et RENAULT. – *Thermodynamique*. – Dunod.
- [3] DIU (B.). – *Physique statistique*. – Hermann, 1989.
- [4] JANCOVICI. – *Thermodynamique et physique statistique*.
- [5] OLIVIER (S.) et GIÉ (H.). – *Thermodynamique, 1^{ère} et 2^{ème} années*. – Tec&Doc, 1998.
- [6] HPRÉPA. – *Chimie inorganique PC*. – Hachette.

LP 17 Exemples de phénomènes irréversibles ; bilan d'entropie.

MP ou 1^{er} CU

I Bilan d'entropie pour le gaz parfait

- 1 calcul de l'entropie
- 2 application aux détente de Joule
 - a Joule – Gay-Lussac
 - b Joule – Thomson
- 3 entropie de mélange

II Quasistaticité et irréversibilité

- 1 échange thermique
 - a contact de 2 corps finis
 - b avec un thermostat
 - c avec plusieurs thermostats
- 2 compression adiabatique d'un gaz parfait
- 3 cas de la détente de Joule – Gay-Lussac

III Phénomènes stationnaires et irréversibilité

- 1 transfert de chaleur dans une barre
- 2 illustration du théorème de Prigogine

Idées pour la conclusion : Concepts subtils. Notamment quasistaticité \neq réversible \neq isentropique

Bibliographie

- [1] OLIVIER (S.) et GIÉ (H.). – *Thermodynamique*, 1^{ère} et 2^{ème} années. – Tec&Doc, 1998.
- [2] FAROUX et RENAULT. – *Thermodynamique*, 1^{ère} et 2^{ème} années. – Dunod.
- [3] PÉREZ (J.P.). – *Thermodynamique* (2^{ème} édition). – Masson, 1997.
- [4] BUP 775.
- [5] DIU (B.). – *Physique statistique*. – Hermann, 1989.

LP 18 Notion d'état microscopique. Interprétation statistique de l'entropie. Exemples.

1^{er} CU

Idées pour l'intro : Donner une interprétation à l'entropie qui, à la différence de l'énergie interne, est simplement postulée.

I Description statistique d'un système isolé

- 1 notion d'état
 - a microscopique
 - b macroscopique
- 2 nombre d'états accessibles
 - a cas discret
 - b cas continu
- 3 principe ergodique

II Entropie statistique

- 1 présentation
- 2 postulat fondamental
- 3 la thermodynamique retrouvée
 - a détente de Joule – Gay-Lussac
 - b concordance des différentes températures

III Des difficultés subsistent ...

- 1 retour sur le troisième principe
- 2 mélange de gaz
- 3 le problème de l'irréversibilité

Idées pour la conclusion : Base de la physique statistique.

Bibliographie

- [1] DIU (B.). – *Physique statistique*. – Hermann, 1989.
- [2] PÉREZ (J.P.). – *Thermodynamique (2^{ème} édition)*. – Masson, 1997.
- [3] FAROUX et RENAULT. – *Thermodynamique, 1^{ère} et 2^{ème} années*. – Dunod.
- [4] OLIVIER (S.) et GIÉ (H.). – *Thermodynamique, 1^{ère} et 2^{ème} années*. – Tec&Doc, 1998.
- [5] BALIAN (R.). – *Du microscopique au macroscopique*.
- [6] COUTURE et ZITOUN. – *Physique statistique*.

LP 19 Application des deux premiers principes de la thermodynamique au fonctionnement des machines thermiques.

MPSI, PCSI ou 1^{er} CU

Idées pour l'intro : Rappeler l'équivalence travail – chaleur.

I Approche théorique des machines thermiques

- 1 modélisation
- 2 étude du cas ditherme
- 3 théorème de Carnot
 - a cycle de Carnot
 - b rendement et efficacité
 - c énoncé
- 4 machines réelles

II Etude de moteurs réels

- 1 moteur à essence 4 temps
 - a cycle réel et modélisation
 - b rendement
- 2 turbine à vapeur

III Réfrigérateur et pompe à chaleur

- 1 réfrigérateur
- 2 pompe à chaleur

Idées pour la conclusion : Développement historique de la thermo.

Bibliographie

- [1] OLIVIER (S.) et GIÉ (H.). – *Thermodynamique, 1^{ère} et 2^{ème} années.* – Tec&Doc, 1998.
- [2] PÉREZ (J.P.). – *Thermodynamique (2^{ème} édition).* – Masson, 1997.
- [3] FAROUX et RENAULT. – *Thermodynamique, 1^{ère} et 2^{ème} années.* – Dunod.
- [4] CALLEN (H.). – *Thermodynamics and an introduction to thermostatistics.* – Wiley and Sons, 1985.
- [5] FEYNMAN (R.). – *Mécanique 2.* – Dunod, 1979-1999.
- [6] FAYE. – *Thermodynamique.*

LP 20 Évolution et condition d'équilibre des systèmes thermodynamiques. Potentiels thermodynamiques.

PC

I Notion de potentiel thermodynamique

- 1 définition
- 2 néguentropie
 - a définition
 - b équilibre et stabilité

II Évolution monotherme d'un système

- 1 système monotherme
 - a potentiel thermodynamique
 - b travail maximal récupérable
 - c fonction d'état associée
- 2 système monotherme et monobare
 - a potentiel thermodynamique
 - b travail maximal récupérable
 - c fonction d'état associée

III Applications

- 1 nucléation / surfusion
- 2 transition de phase
- 3 extension à d'autres systèmes

Idées pour la conclusion : thermochimie (G); importance pour les changements d'état ; méthode et approche très générale

Commentaires : On peut couper en 4 parties, en faisant II et III à partir du II.

Bibliographie

- [1] OLIVIER (S.) et GIÉ (H.). – *Thermodynamique, 1^{ère} et 2^{ème} années.* – Tec&Doc, 1998.
- [2] HPRÉPA. – *Thermodynamique, 2^{ème} année.* – Hachette.
- [3] CHAHINE, COUTURE et ZITOUN. – *Thermodynamique.* – Dunod.
- [4] HULIN. – *Thermodynamique.*
- [5] BALIAN (R.). – *Du microscopique au macroscopique.*
- [6] CALLEN (H.). – *Thermodynamics and an introduction to thermostatistics.* – Wiley and Sons, 1985.

LP 21 Étude thermodynamique d'un système constitué d'un corps pur sous plusieurs phases.

PC ou 1^{er} CU

Idées pour l'intro : application de la LP20

I Généralités

- 1 définition
- 2 évolution et équilibre
- 3 classification

II Étude descriptive

- 1 règle de Gibbs
- 2 diagramme (P,T)
- 3 diagramme (P,V)

III Étude thermodynamique

- 1 nécessité de la coexistence des phases
- 2 relation de Clapeyron
- 3 métastabilité

Idée d'expérience : surfusion de l'étain

Idées pour la conclusion : ordre/désordre (ferro-/paramagnétique) ; diagramme binaire

Bibliographie

- [1] OLIVIER (S.) et GIÉ (H.). – *Thermodynamique, 1^{ère} et 2^{ème} années.* – Tec&Doc, 1998.
- [2] PÉREZ (J.P.). – *Thermodynamique (2^{ème} édition).* – Masson, 1997.
- [3] DIU (B.). – *Physique statistique.* – Hermann, 1989.
- [4] CHAHINE, COUTURE et ZITOUN. – *Thermodynamique.* – Dunod.
- [5] FAROUX et RENAULT. – *Thermodynamique, 1^{ère} et 2^{ème} années.* – Dunod.
- [6] PAPON (P.), LEBLOND (J.) et MEIJER (P.). – *Physique des transitions de phase.* – Dunod, 1999.
- [7] HULIN. – *Thermodynamique.*

LP 22 Rayonnement d'équilibre thermique. Corps noir. Applications.

MP ou 1^{er} CU

Prérequis : thermo ; énergie électromagnétique

Idées pour l'intro : Quand on chauffe un corps, il émet de la lumière (visible)

I Approche générale du rayonnement thermique

- 1 bilan énergétique en terme de flux**
- 2 différents équilibres**
 - a radiatif
 - b RET
- 3 le corps noir**
 - a définition
 - b réalisations expérimentales
- 4 loi de Stefan**

II Le rayonnement du corps noir

- 1 introduction historique de h**
- 2 loi de Planck**
- 3 conséquences**
 - a loi de Stefan
 - b loi du déplacement de Wien
- 4 rayonnement thermique d'un corps quelconque**

Loi de KIRCHHOFF

III Applications

- 1 température d'une étoile**
- 2 pyromètre optique**
- 3 effet de serre**
- 4 rayonnement fossile à 3 K**

Idées pour la conclusion : point de départ de la méca Q

Bibliographie

- [1] OLIVIER (S.) et GIÉ (H.). – *Thermodynamique, 1^{ère} et 2^{ème} années.* – Tec&Doc, 1998.
- [2] PÉREZ (J.P.). – *Thermodynamique (2^{ème} édition).* – Masson, 1997.
- [3] DIU (B.). – *Physique statistique.* – Hermann, 1989.
- [4] SIVOUKHINE. – *Optique 2^{ème} partie.*
- [5] HPRÉPA. – *Thermodynamique, 2^{ème} année.* – Hachette.

LP 23 Diffusion de particules.

1^{er} CU

Idées pour l'intro : phénomène hors-équilibre ; notion d'équilibre thermodynamique local

I Approche qualitative du phénomène

1 mise en évidence expérimentale

Idée d'expérience : diffusion de l'ammoniaque dans l'air. Mettre, dans un tube fermé, des bandes de papier imbibé de phénolphtaléine régulièrement espacées et un coton imbibé d'ammoniac concentré.

2 interprétation

a cadre de l'étude

- présence d'un support
- équilibres thermique et mécanique supposés
- équilibre thermodynamique local

b caractéristiques

- sens des concentrations décroissantes
- lent
- irréversible

II Étude macroscopique

1 loi de Fick

2 équation de conservation

3 équation de diffusion

4 quelques solutions particulières

a stationnaire, sans création

b transitoire, sans création

c stationnaire, avec création

III Étude microscopique

1 mouvement brownien (1827)

2 coefficient d'auto-diffusion d'un gaz

3 diffusion dans les liquides

Application : détermination de masses molaires.

Idées pour la conclusion : On a des équations microscopiques parfaitement réversibles et pourtant le phénomène est macroscopiquement irréversible : brisure de symétrie

Bibliographie

- [1] OLIVIER (S.) et GIÉ (H.). – *Thermodynamique*, 1^{ère} et 2^{ème} années. – Tec&Doc, 1998.
- [2] PÉREZ (J.P.). – *Thermodynamique* (2^{ème} édition). – Masson, 1997.
- [3] FAROUX et RENAULT. – *Thermodynamique*, 1^{ère} et 2^{ème} années. – Dunod.

LP 24 Mécanismes de la conduction électrique. Loi d'Ohm. Effet Hall. Applications.

PCSI ou 1^{er} CU

Idées pour l'intro : Chercher à donner une interprétation microscopique du phénomène de conduction

I Notion de conduction électrique

- 1 présentation du phénomène
- 2 les différents types de porteurs
- 3 vecteur densité de courant \vec{j}

II Modèle de Drüde (1900)

- 1 hypothèses – description
- 2 loi d'Ohm locale
- 3 ordres de grandeur
- 4 application : conductimétrie

III Discussion du modèle de Drüde

- 1 limites du modèle
dépendance de la conductivité en température
- 2 introduction à la théorie des bandes

IV Effet Hall

- 1 barreau parallélépipédique dans un champ uniforme et permanent
- 2 applications
 - a sonde à effet Hall
 - b interrupteur sans contact
- 3 magnéto-résistance

Idées pour la conclusion : Modèle DRÜDE explique bien de nombreux phénomènes mais reste très limité théoriquement car c'est un modèle classique.

Bibliographie

- [1] PÉREZ (J.P.). – *Électromagnétisme* (3^{ème} édition). – Masson, 1997.
- [2] BROUSSEAU. – *Physique du solide*.
- [3] VIDAL. – *Au-delà de l'équilibre*.
- [4] BERTIN, FAROUX et RENAULT. – *Électromagnétisme 1*. – Dunod.
- [5] BALIBAR et LÉVY-LEBLOND. – *Quantique : rudiments*.

LP 25 Exemples de couplage électromécanique. Moteurs, haut-parleur électrodynamique, ... Bilans énergétiques.

PC, PSI ou 1^{er} CU

Prérequis : induction ; mécanique ; électrocinétique.

I Transducteur électromécanique

- 1 présentation
- 2 bilan de puissance

II Le haut-parleur électrodynamique

- 1 description
- 2 système d'équations couplées
- 3 bilan de puissance

III Machines à courant alternatif

- 1 présentation
- 2 couple d'un moteur asynchrone
- 3 bilan de puissance

Idées pour la conclusion : applications pratiques considérables, réversibilité, transport de l'énergie

Bibliographie

- [1] HPRÉPA. – *Électronique II PSI*. – Hachette.
- [2] ROCARD (Y.). – *Électricité*.
- [3] BERTIN, FAROUX et RENAULT. – *Électromagnétisme 3*. – Dunod.
- [4] PÉREZ (J.P.). – *Mécanique (5^{ème} édition)*. – Masson, 1997.

LP 26 Utilisation des propriétés de symétrie dans l'étude des champs électromagnétiques. Exemples.

1^{er} CU

Prérequis : électro- et magnétostatique

Idées pour l'intro : présentation du problème ; buts = simplification des calculs et connaissances *a priori* sur le champ ; cas stationnaire

I Transformations et symétrie

1 transformations spatiales

- translation, rotation, inversion, ...
- quelques mots sur la décomposition

2 notion de symétrie et d'antisymétrie

- a invariance par translation / rotation**
- b plan de symétrie et d'antisymétrie**

3 notion de vecteur axial

II Principe de Curie (1894)

1 champ électrostatique

Démonstration "à la main" pour des distributions *localisées*.

2 champ magnétostatique

id.

3 énoncé

III Exemples d'utilisation

1 quadrupôle électrique

2 plan infini chargé uniformément

3 spire de courant

4 piège à neutrons

Idées pour la conclusion : brisure de symétrie, l'invariance par translation dans le temps des lois de la physique (supposée mais invérifiable), ...

Bibliographie

- [1] PÉREZ (J.P.). – *Électromagnétisme* (3^{ème} édition). – Masson, 1997.
- [2] HPRÉPA. – *Électromagnétisme*, 1^{ère} année. – Hachette.
- [3] HULIN et PERRIN. – *Équations de MAXWELL, ondes électromagnétiques*.
- [4] Exercice sur le piège à neutrons. *Concours CENTRALE-SUPÉLEC*.

LP 27 Dipôles magnétiques. Aspects macroscopiques et microscopiques.

1^{er} CU

Prérequis : électro- et magnétostatique, théorème du moment cinétique

Idées pour l'intro : Prélude à l'étude des propriétés magnétiques de la matière.

I Étude générale du dipôle magnétique

1 la spire circulaire

Énoncer clairement l'approximation dipolaire

2 distribution localisée de courant

3 carte de champ magnétique

4 actions subies

a énergie potentielle

b résultante

c couple

II Dipôle magnétique au niveau atomique

1 moment magnétique orbital

2 apport de la mécanique quantique

3 précession de Larmor

Application : effet ZEEMAN

Idées pour la conclusion : méca Q indispensable, importance de l'approx. dipolaire

Bibliographie

- [1] PÉREZ (J.P.). – *Électromagnétisme (3^{ème} édition)*. – Masson, 1997.
- [2] CAGNAC (B.) et PEBAY-PEROULA (J.C.). – *Physique atomique, tome 1*. – Dunod, 1975.
- [3] FEYNMAN (R.). – *Électromagnétisme 1*. – InterÉditions, 1979.
- [4] FEYNMAN (R.). – *Électromagnétisme 2*. – Dunod, 1979-1999.
- [5] SARMANT (J.P.) et GIÉ (H.). – *Électromagnétisme 1*. – Dunod.
- [6] BERTIN, FAROUX et RENAULT. – *Électromagnétisme 4*. – Dunod.
- [7] PÉREZ (J.P.). – *Mécanique (5^{ème} édition)*. – Masson, 1997.

LP 28 Induction électromagnétique. Applications

Pc ou 1^{er} CU

I Approche expérimentale

1 mise en évidence

Idée d'expérience : Approcher un aimant d'une bobine.

a circuit fixe, champ non permanent

C'est le cas de VAN NEUMANN

b circuit mobile, champ permanent

C'est le cas de LORENTZ

2 définition et généralités

3 loi de Lenz

a retour sur l'expérience

b énoncé

II Champ électromoteur. Loi de Faraday

1 analyse de la configuration de Van Neumann

2 analyse de la configuration de Lorentz

3 notion de champ électromoteur

III Applications

1 conséquence pour la loi d'Ohm

2 freinage par induction

3 transformateur

Bibliographie

- [1] FEYNMAN (R.). – *Électromagnétisme 1.* – InterÉditions, 1979.
- [2] SARMANT (J.P.) et GIÉ (H.). – *Électromagnétisme 2.* – Dunod.
- [3] BERTIN, FAROUX et RENAULT. – *Électromagnétisme 3.* – Dunod.
- [4] HPRÉPA. – *Électromagnétisme, 2^{ème} année PC.* – Hachette.
- [5] OLIVIER (S.). – *Physique des ondes.* – Tec&Doc, 1996.

LP 29 Système de deux circuits filiformes dans l'approximation des régimes quasi-permanents : inductance mutuelle, inductance propre. Aspects énergétiques.

PC ou 1^{er} CU

Prérequis : magnétisme, induction, énergie électromagnétique

I Cadre de l'étude

- 1 ARQP
- 2 équations de Maxwell

II Inductances mutuelle, propre

- 1 inductance mutuelle
- 2 inductance propre
- 3 calculs d'inductances
 - a pince ampèremétrique
 - b exemple de calcul de L

III Couplage de deux circuits

- 1 matrice inductance
- 2 bilan énergétique
- 3 généralisation
- 4 application au transformateur

Bibliographie

- [1] PÉREZ (J.P.). – *Électromagnétisme* (3^{ème} édition). – Masson, 1997.
- [2] BERTIN, FAROUX et RENAULT. – *Électromagnétisme 3*. – Dunod.
- [3] FEYNMAN (R.). – *Électromagnétisme 1*. – InterÉditions, 1979.
- [4] HPRÉPA. – *Électromagnétisme, 2^{ème} année PC*. – Hachette.

LP 30 Énergie du champ électromagnétique : vecteur de Poynting ; densité d'énergie électromagnétique.

PC ou 1^{er} CU

Prérequis : électromagnétisme, ondes

I Énergie électromagnétique dans le vide

- 1 bilan d'énergie**
 - a densité volumique d'énergie u
 - b cause de variation de u
- 2 identification de Poynting**

II Bilan d'énergie dans l'ARQS

- 1 condensateur**
- 2 bobine**
- 3 conducteur ohmique**

III Énergie et ondes électromagnétiques

- 1 OPPM**
- 2 impulsion associée au champ**
- 3 onde stationnaire**

Idées pour la conclusion : non-unicité de la décomposition, définition du rayon lumineux, non-conservation de u .

Commentaires : Insister sur la partie III et alléger la partie II.

Bibliographie

- [1] HULIN et PERRIN. – *Équations de MAXWELL, ondes électromagnétiques.*
- [2] HPRÉPA. – *Électromagnétisme, 2^{ème} année MP.* – Hachette.
- [3] OLIVIER (S.). – *Physique des ondes.* – Tec&Doc, 1996.
- [4] FEYNMAN (R.). – *Électromagnétisme 2.* – Dunod, 1979-1999.
- [5] BERTIN, FAROUX et RENAULT. – *Électromagnétisme 3.* – Dunod.

LP 31 Propriétés et applications du rayonnement dipolaire électrique.

MP ou PC

Prérequis : électromagnétisme

Idées pour l'intro : Dipôle : approche simple et intéressante. On va voir notamment les parallèles et les différences avec le dipôle électrostatique.

I Champ créé par un dipôle oscillant

1 modèle de Hertz (1880)

2 calcul des potentiels

a potentiel vecteur

b potentiel scalaire

3 champ électromagnétique

approx. longue distance

4 rayonnement d'une antenne rectiligne

cas demi-onde

II Puissance rayonnée

1 vecteur de Poynting et diagramme de rayonnement

2 rayonnement d'accélération

3 diagramme d'émission d'une antenne demi-onde

III Diffusion d'un rayonnement électromagnétique

1 modèle de l'électron élastiquement lié

2 section efficace de diffusion

3 différents cas

a Rayleigh

b Thomson

c résonnante

4 polarisation par diffusion

Idées pour la conclusion : modèle utile pour modéliser une distribution quelconque neutre ; nombreuses applications

Bibliographie

[1] PÉREZ (J.P.). – *Électromagnétisme* (3^{ème} édition). – Masson, 1997.

[2] SOUTIF. – *Vibration, propagation, diffusion*.

[3] HPRÉPA. – *Électromagnétisme, 2^{ème} année PC*. – Hachette.

[4] CAGNAC (B.) et PEBAY-PEROULA (J.C.). – *Physique atomique, tome 1*. – Dunod, 1975.

[5] OLIVIER (S.). – *Physique des ondes*. – Tec&Doc, 1996.

LP 32 Exemples simples de phénomènes de propagation unidimensionnels. Ondes progressives, ondes stationnaires. Aspects énergétiques.

1^{er} CU

I Présentation de l'équation d'onde

- 1 exemple de la corde vibrante
 - a présentation et hypothèses de travail
 - b mise en équation
- 2 équation de D'Alembert à 1D

II Recherche des solutions de l'équation de D'Alembert

- 1 forme générale des solutions
- 2 OPPM
- 3 onde stationnaire
- 4 lien entre OPPM et OPS

III Étude énergétique : cas du câble coaxial

- 1 modélisation
- 2 densité d'énergie et vecteur densité de flux
- 3 bilan d'énergie

Idées pour la conclusion : Lors de la propagation, on a échange entre 2 grandeurs (tension et vitesse pour la corde, tension et intensité pour le câble).

Commentaires : Axer plus sur les exemples.

Bibliographie

- [1] OLIVIER (S.). – *Physique des ondes*. – Tec&Doc, 1996.
- [2] HPRÉPA. – *Ondes*. – Hachette.
- [3] DUBOST. – *Propagation libre et guidée des ondes électromagnétiques. Rayonnement*.
- [4] GARING (C.). – *Ondes mécaniques. Diffusion*.
- [5] PÉREZ (J.P.). – *Électromagnétisme (3^{ème} édition)*. – Masson, 1997.

LP 33 Chaîne linéaire infinie d'oscillateurs harmoniques.
Modes propres. Approximation des milieux continus.

PC ou 1^{er} CU

I Chaîne linéaire d'oscillateurs harmoniques

- 1 présentation
- 2 mode propre
- 3 relation de dispersion
- 4 extension au cas de 2 atomes

II Approximation des milieux continus

- 1 présentation
- 2 célérité du son dans les solides
- 3 modèle de Newton

Autres idées : On peut aboutir à la notion de phonon.

Bibliographie

- [1] OLIVIER (S.). – *Physique des ondes*. – Tec&Doc, 1996.
- [2] BROUSSEAU. – *Physique du solide*.
- [3] KITTEL (C.). – *Physique de l'état solide*, 7^{ème} édition. – Dunod, 1998.
- [4] PÉREZ (J.P.). – *Mécanique* (5^{ème} édition). – Masson, 1997.
- [5] COURS DE BERKELEY. – *Ondes*.
- [6] BRUHAT (G.). – *Mécanique*. – Masson.

LP 34 Ondes sonores dans les fluides. Approximation acoustique. Aspects énergétiques.

PC ou 1^{er} CU

Prérequis : Mécanique des fluides

Idées pour l'intro : modèle linéaire des ondes sonores ; nécessité d'un support

I Ondes sonores

- 1 approximation acoustique**
- 2 mise en équation**
- 3 équation d'onde**

II Énergie des ondes sonores

- 1 équation de conservation**
- 2 intensité sonore**
- 3 acoustique physiologique**

III Notion d'impédance

- 1 définition**
- 2 réflexion et transmission**
- 3 adaptation d'impédance**

Bibliographie

- [1] OLIVIER (S.). – *Physique des ondes*. – Tec&Doc, 1996.
- [2] PÉREZ (J.P.). – *Mécanique (5^{ème} édition)*. – Masson, 1997.
- [3] FEYNMAN (R.). – *Mécanique 2*. – Dunod, 1979-1999.
- [4] Lighthill. – *Waves in fluids*.
- [5] HALL (D;). – *Basic acoustic*.
- [6] HPRÉPA. – *Mécanique des fluides*. – Hachette.
- [7] GARING (C.). – *Ondes mécaniques. Diffusion*.

LP 35 États de polarisation des ondes électromagnétiques planes monochromatiques se propageant dans le vide. Mise en évidence.

PC

Prérequis : électromagnétisme dans le vide ; diffusion RAYLEIGH

Idées pour l'intro : expérience de NÖRREMBERG pour montrer l'insuffisance du modèle scalaire.

I États de polarisation

1 rappels et définitions

- a structure de l'onde
- b définitions

direction de polarisation, état de polarisation, plan de polarisation

2 caractéristiques des états de polarisation

3 lumière naturelle

II Production d'une lumière polarisée

1 par dichroïsme

2 par réflexion/refraction vitreuse

- a incidence de Brewster
- b utilisation pour polariser la lumière

3 biréfringence

- a lame demi-onde
- b lame quart d'onde

III Analyse d'une lumière polarisée

1 loi de Malus

2 protocole d'étude

3 illustration par l'analyse d'une lumière diffusée

Idée d'expérience : Coucher de soleil

Idées pour la conclusion : intérêt du modèle vectoriel ; oeil humain non sensible à la polarisation alors que certains animaux s'orientent grâce à elle

Bibliographie

- [1] OLIVIER (S.). – *Physique des ondes*. – Tec&Doc, 1996.
- [2] PÉREZ (J.P.). – *Optique, fondements et applications (5^{ème} édition)*. – Masson, 1996.
- [3] BRUHAT (G.). – *Optique*. – Masson, 1965–1992.
- [4] SEXTANT. – *Optique expérimentale*. – Hermann, 1997.
- [5] DUFFAIT (R.). – *Expériences d'optique*. – Bréal, 1997.
- [6] FEYNMAN (R.). – *Mécanique 2*. – Dunod, 1979-1999.

LP 36 Propagation dans un milieu dispersif ; vitesse de phase ; vitesse de groupe : paquets d'ondes planes et évolution. Exemples.

PC ou 1^{er} CU

I Exemple introductif : câble coaxial

- 1 présentation du problème
- 2 équation de propagation
- 3 relation de dispersion
- 4 vitesse de phase. milieu dispersif

II Dispersion d'un paquet d'ondes : vitesse de groupe

- 1 définition d'un paquet d'ondes
- 2 vitesse de groupe
- 3 étalement du paquet d'ondes
- 4 remarques

III Exemples

- 1 ondes de surface
- 2 guide d'onde électromagnétique
- 3 chaîne infinie d'OH
- 4 propagation dans l'ionosphère

Idées pour la conclusion : équivalence dispersif - absorbant. Tout milieu est nécessairement dispersif car la réponse est non-locale, non-instantanée.

Bibliographie

- [1] OLIVIER (S.). – *Physique des ondes*. – Tec&Doc, 1996.
- [2] HPRÉPA. – *Électromagnétisme, 2^{ème} année MP*. – Hachette.
- [3] COHEN-TANNOUJJI (C.), DIU (B.) et LALOË (D.). – *Mécanique quantique 1*, chap. complément G_I . – Hermann, 1973.
- [4] GUYON (E.), HULIN (J.P.) et PETIT (L.). – *Hydrodynamique physique*. – CNRS Éditions – EDP Sciences, 1996.
- [5] FEYNMAN (R.). – *Électromagnétisme 2*. – Dunod, 1979-1999.
- [6] *Qu'est-ce que l'optique géométrique ?* – Dunod.
- [7] DUBOST. – *Propagation libre et guidée des ondes électromagnétiques. Rayonnement*.
- [8] PÉREZ (J.P.). – *Électromagnétisme (3^{ème} édition)*. – Masson, 1997.

LP 37 Notions sur les processus microscopiques de polarisation des milieux diélectriques en régime statique.

1^{er} CU

I Champs microscopique, macroscopique et local

- 1 définition du champ macroscopique
- 2 champ local
- 3 application à la polarisation

II Différents mécanismes de polarisation

- 1 électronique
 - a description
 - b modèle de Mossotti
- 2 ionique
- 3 d'orientation
- 4 bilan

III Étude de quelques milieux

- 1 gaz dilués
- 2 milieu dense
- 3 piézoélectricité

Bibliographie

- [1] BERTIN, FAROUX et RENAULT. – *Électromagnétisme 4*. – Dunod.
- [2] BROUSSEAU. – *Physique du solide*.
- [3] PÉREZ (J.P.). – *Électromagnétisme (3^{ème} édition)*. – Masson, 1997.
- [4] FEYNMAN (R.). – *Électromagnétisme 1*. – InterÉditions, 1979.

LP 38 Étude macroscopique de la polarisation du champ électrique \vec{E} et du vecteur \vec{D} dans les milieux diélectriques.

1^{er} CU

I Poliarisation des délectriques

- 1 définition
- 2 densités de charges équivalentes
 - a qualitativement
 - b par le calcul en un point extérieur

II Le champ électrique \vec{E}

- 1 du microscopique au macroscopique
- 2 potentiel electrostatique
- 3 exemple : sphère uniformément chargée

III Le vecteur \vec{D}

- 1 définition
- 2 propriétés
 - a théorème de Gauss
 - b conditions de passage
- 3 cas des milieux dlhi
 - a relation constitutive
 - b permittivité relative
 - c exemple

Idée d'expérience : modification de la capacité d'un condensateur par ajout d'un diélectrique.

Bibliographie

- [1] BERTIN, FAROUX et RENAULT. – *Électromagnétisme 4*. – Dunod.
- [2] BROUSSEAU. – *Physique du solide*.
- [3] PÉREZ (J.P.). – *Électromagnétisme (3^{ème} édition)*. – Masson, 1997.
- [4] FEYNMAN (R.). – *Électromagnétisme 1*. – InterÉditions, 1979.

LP 39 Réflexion et refraction d'une onde électromagnétique monochromatique plane à la surface de séparation entre deux milieux diélectriques linéaires homogènes isotropes.

1^{er} CU

Idées pour l'intro : On fait l'hypothèse d'un milieu transparent non magnétique non conducteur.

I Propagation dans un DLHI limité

1 approche qualitative

nécessité d'une onde réfléchie, onde transmise comme réponse du milieu à l'excitation.

2 hypothèses

3 conditions aux limites

II Caractéristiques des ondes transmises et réfléchies

1 pulsation

2 lois de Descartes

3 coefficients de Fresnel

III Applications

1 réflexion totale et frustrée

2 polarisation par réflexion vitreuse

Bibliographie

- [1] HULIN et PERRIN. – *Équations de MAXWELL, ondes électromagnétiques.*
- [2] OLIVIER (S.). – *Physique des ondes.* – Tec&Doc, 1996.
- [3] LAVERRIÈRE. – *Électrodynamique classique, Vol. 2 : électromagnétisme.*
- [4] FEYNMAN (R.). – *Électromagnétisme 2.* – Dunod, 1979-1999.
- [5] SIVOUKHINE. – *Optique 2^{ème} partie.*
- [6] PÉREZ (J.P.). – *Électromagnétisme (3^{ème} édition).* – Masson, 1997.

LP 40 Dispersion et absorption d'une onde électromagnétique plane dans un milieu diélectrique. Modélisation microscopique.

PC

I Propagation dans les diélectriques

- 1 équations de Maxwell
 - a hypothèses sur le milieu
 - b équations de Maxwell dans un tel milieu
 - c notation complexe
- 2 relation de dispersion
- 3 structure de l'onde

II Origine de la polarisation

- 1 modèle de l'électron élastiquement lié
 - a hypothèses
 - b permittivité
 - c courbes
- 2 polarisation d'orientation

III Absorption et dispersion

- 1 indice complexe
- 2 zones de transparence et d'absorption
- 3 formule de Cauchy

Bibliographie

- [1] OLIVIER (S.). – *Physique des ondes*. – Tec&Doc, 1996.
- [2] FEYNMAN (R.). – *Électromagnétisme 2*. – Dunod, 1979-1999.
- [3] BROUSSEAU. – *Physique du solide*.
- [4] PÉREZ (J.P.). – *Électromagnétisme (3^{ème} édition)*. – Masson, 1997.
- [5] *Qu'est-ce que l'optique géométrique ?* – Dunod.
- [6] BORN et WOLF. – *Principles of optics*.

LP 41 Effet de peau. Réflexion des ondes électromagnétiques planes à la surface d'un milieu conducteur.

MP ou 1^{er} CU

I Conducteur ohmique en régime variable

- 1 hypothèses et notations
- 2 loi d'Ohm généralisée
- 3 équations de Maxwell
- 4 relation de dispersion

II Ondes électromagnétiques dans un conducteur

- 1 comportement basse fréquence
 - a $\rho = 0$, courant de déplacement
 - b effet de peau
 - c cas limite du conducteur parfait
- 2 comportement haute fréquence
 - a $\rho = 0$
 - b pulsation plasma
 - c transparence
 - d réflexion totale

III Réflexion sur un conducteur parfait

- 1 structure de champ réfléchi
- 2 onde résultante dans le vide
- 3 charges et courants surfaciques

Bibliographie

- [1] OLIVIER (S.). – *Physique des ondes*. – Tec&Doc, 1996.
- [2] LAVERRIÈRE. – *Électrodynamique classique, Vol. 2 : électromagnétisme*.
- [3] FEYNMAN (R.). – *Électromagnétisme 2*. – Dunod, 1979-1999.
- [4] HPRÉPA. – *Électromagnétisme, 2^{ème} année MP*. – Hachette.
- [5] PÉREZ (J.P.). – *Électromagnétisme (3^{ème} édition)*. – Masson, 1997.

LP 42 Paramagnétisme. Approche du ferromagnétisme dans l'approximation du champ moyen. Température critique.

PC ou 1^{er} CU

Idées pour l'intro : Rappeler les 3 types de magnétisme.

I Approche du paramagnétisme

- 1 présentation
- 2 magnétisme atomique
- 3 système de spin 1/2
- 4 désaimantation adiabatique

II Approche microscopique du ferromagnétisme

- 1 présentation
- 2 modèle de Weiss
 - a champ moléculaire
 - b calcul de l'aimantation
- 3 transition ferro- paramagnétisme

Bibliographie

- [1] BERTIN, FAROUX et RENAULT. – *Électromagnétisme 4.* – Dunod.
- [2] FEYNMAN (R.). – *Électromagnétisme 2.* – Dunod, 1979-1999.
- [3] PÉREZ (J.P.). – *Électromagnétisme (3^{ème} édition).* – Masson, 1997.
- [4] FAROUX et RENAULT. – *Thermodynamique, 1^{ère} et 2^{ème} années.* – Dunod.
- [5] BROUSSEAU. – *Physique du solide.*

LP 43 Propriétés macroscopiques des corps ferromagnétiques aux circuits magnétiques.

PC

I Étude de l'aimantation

- 1 rappels sur le ferromagnétisme
- 2 courbe de première aimantation
- 3 domaines de Weiss
- 4 cycle d'hystérésis

II Production du champ magnétique

- 1 aimant permanent
- 2 électroaimant

III Applications

- 1 le transformateur
 - a transfo idéal
 - b pertes
 - c choix technologiques
- 2 enregistrement audio

Bibliographie

- [1] PÉREZ (J.P.). – *Électromagnétisme* (3^{ème} édition). – Masson, 1997.
- [2] BERTIN, FAROUX et RENAULT. – *Électromagnétisme 4*. – Dunod.
- [3] BROUSSEAU. – *Physique du solide*.
- [4] FLEURY et MATHIEU. – *Électrostatique, courants continus, magnétisme*.
- [5] HPRÉPA. – *Électromagnétisme, 2^{ème} année PC*. – Hachette.
- [6] GARING (C.). – *Milieux magnétiques*.
- [7] OLIVIER (S.). – *Exercices et problèmes de physique*. – Tec&Doc, 1998.
- [8] NÉEL (L.). – BUP 588.
- [9] DONNINI (J.M.) et QUARANTA (L.). – *Dictionnaire de physique expérimentale, tome IV – Électricité*. – Éditions Pierron, 1996.

LP 44 Notion de rayon lumineux. Principe de Fermat. Conséquences.

1^{er} CU

Idées pour l'intro : Jeter les bases théoriques de l'optique géométrique vue au lycée.

I Fondements de l'optique géométrique

- 1 cadre de notre étude
- 2 approximation fondamentale de l'optique géométrique
- 3 équation de l'éikonale
- 4 notion de rayon lumineux

II Principe de Fermat

- 1 notion de chemin optique
- 2 énoncé
- 3 conséquences immédiates
 - a milieu homogène
 - b loi du retour inverse

III Applications du principe de Fermat

- 1 lois de Snell-Descartes
 - a réfraction
 - b réflexion
- 2 équation de propagation du rayon lumineux en milieu inhomogène
- 3 relation de conjugaison pour un dioptré sphérique

Idées pour la conclusion : La nature ondulatoire de la lumière n'intervient pas en optique géométrique.

Bibliographie

- [1] *Qu'est-ce que l'optique géométrique ?* – Dunod.
- [2] MAY (M.). – *Introduction à l'optique*.
- [3] PÉREZ (J.P.). – *Optique, fondements et applications (5^{ème} édition)*. – Masson, 1996.

LP 45 Miroir plan. Miroirs sphériques. Applications.

1^{er} CU

Idées pour l'intro : Appliquer les lois de l'optique géométrique à deux systèmes optiques simples.
But : formation des images.

I Notion de stigmatisme

- 1 cadre de l'étude
- 2 stigmatisme rigoureux
- 3 stigmatisme approché

II Miroir plan

- 1 réalisation
- 2 stigmatisme
- 3 applications
 - a mesure de petits angles

méthode de POGGENDORF.

- b cube réflecteur
- c sextant

III Miroir sphérique

- 1 présentation

Miroir concave, convexe. Schéma.
- 2 stigmatisme
 - a recherche directe
 - b conditions de Gauss
 - c formule de conjugaison
- 3 construction des images
 - a définition des foyers
 - b grandissement
 - c champ. notion d'angle mort.
- 4 applications
 - a cavité optique
 - b télescope

Bibliographie

- [1] MAY (M.). – *Introduction à l'optique*.
- [2] *Les instruments d'optique*.
- [3] BRUHAT (G.). – *Optique*. – Masson, 1965–1992.
- [4] PÉREZ (J.P.). – *Optique, fondements et applications (5^{ème} édition)*. – Masson, 1996.

LP 46 Applications des lois de l'optique géométrique à l'étude de l'appareil photographique.

1^{er} CU

I Présentation de l'appareil photo

- 1 schéma
- 2 pellicule
- 3 objectif

II Caractéristiques de l'image

- 1 grandissement transversal
- 2 champ angulaire
- 3 limite de résolution

III Faire une photo

- 1 nombre d'ouverture
- 2 profondeur de champ
- 3 éclairement
- 4 types d'objectifs

Autres idées : distance hyperfocale.

Bibliographie

- [1] PÉREZ (J.P.). – *Optique, fondements et applications* (5^{ème} édition). – Masson, 1996.
- [2] BRUHAT (G.). – *Optique géométrique*. – Masson.
- [3] *Les instruments d'optique*.
- [4] DUFFAIT (R.). – *Expériences d'optique*. – Bréal, 1997.
- [5] SEXTANT. – *Optique expérimentale*. – Hermann, 1997.
- [6] DESVIGNES. – *Rayonnements optiques*.

LP 47 Obtention d'interférences à 2 ondes en optique. Notion de cohérence.

1^{er} CU

Idées pour l'intro : Young : 19^e siècle. Insuffisance du modèle scalaire.

I Première approche du phénomène

1 position du problème

schéma avec 2 sources ponctuelles. approximation scalaire. définition de l'éclairement.

2 éclairement en M

définitions des interférences, du contraste.

II Notion de cohérence temporelle

1 sources et récepteurs

- a temps caractéristique
- b conséquence

2 réalisation expérimentale

- a système à division du front d'onde
- b système à division d'amplitude

3 incohérence temporelle : cas d'une raie large

III Notion de cohérence spatiale

1 mise en évidence expérimentale

2 condition d'utilisation des sources étendues

Bibliographie

- [1] PÉREZ (J.P.). – *Optique, fondements et applications* (5^{ème} édition). – Masson, 1996.
- [2] OLIVIER (S.). – *Physique des ondes*. – Tec&Doc, 1996.
- [3] BRUHAT (G.). – *Optique*. – Masson, 1965–1992.

LP 48 Interféromètres à division d'amplitude. Applications.

1^{er} CU

I Intérêt des systèmes à division d'amplitude

- 1 le problème de la cohérence spatiale
- 2 condition de localisation des franges
- 3 lames minces

II Interféromètre de Michelson

- 1 présentation
- 2 franges d'égale inclinaison
 - a différence de marche
 - b rayons des anneaux
- 3 franges d'égales épaisseur
 - a surface de localisation
 - b différence de marche
 - c interfrange

III Interféromètre de Fabry-Pérot

- 1 présentation
- 2 intensité transmise
- 3 comparaison avec les interférences à 2 ondes

IV Applications

- 1 interférences à 2 ondes
 - a traitement anti-reflet
 - b étude de surface
 - c spectrométrie par transformée de Fourier
- 2 interférences à N ondes
 - a le Fabry-Pérot comme spectromètre
 - b cavité résonnante

Idée d'expérience : Utiliser un interféromètre.

Bibliographie

- [1] PÉREZ (J.P.). – *Optique, fondements et applications* (5^{ème} édition). – Masson, 1996.
- [2] OLIVIER (S.). – *Physique des ondes*. – Tec&Doc, 1996.
- [3] SEXTANT. – *Optique expérimentale*. – Hermann, 1997.

LP 49 Diffraction de Fraunhofer. Applications.

1^{er} CU

Idées pour l'intro : Mise en défaut de l'approximation fondamentale de l'optique géométrique.

Idée d'expérience : laser sur une fente. faire varier la taille de la fente.

I Le principe d'Huyghens-Fresnel

- 1 énoncé
- 2 amplitude complexe

II Diffraction de Fraunhofer

- 1 approximation de Fraunhofer
- 2 montage expérimental
- 3 diffraction par une ouverture rectangulaire
- 4 propriétés
 - a translation de l'objet diffractant
 - b dilatation de l'objet diffractant
 - c théorème de Babinet

III Diffraction et formation des images

- 1 limite du pouvoir de résolution
- 2 filtrage optique

détramage ; strioscopie ; images par contraste de phase.

Idées pour la conclusion : Concepts liés à la nature ondulatoire, pas à la lumière. Applicable en acoustique par exemple.

Bibliographie

- [1] OLIVIER (S.). – *Physique des ondes*. – Tec&Doc, 1996.
- [2] PÉREZ (J.P.). – *Optique, fondements et applications (5^{ème} édition)*. – Masson, 1996.
- [3] BRUHAT (G.). – *Optique*. – Masson, 1965–1992.
- [4] DUFFAIT (R.). – *Expériences d'optique*. – Bréal, 1997.

LP 50 Réseaux plans en optique.

1^{er} CU

Prérequis : diffraction, interférences à N ondes.

I Présentation des réseaux plans

- 1 description**
- 2 formule fondamentale**

Idée d'expérience : influence de l'ordre, du nombre de traits par mm. . .

II Analyse du réseau plan

- 1 fonction réseau**
 - a établissement
 - b caractéristiques
- 2 dispersion angulaire**
- 3 existence d'un minimum de déviation**

III Applications

- 1 spectromètre à réseau**
 - a pouvoir de résolution
 - b réseau à échelle
 - c mesure de longueur d'onde par comparaison
- 2 laser accordable**

Idées pour la conclusion : instrument dispersif simple et linéaire (à la différence du prisme).

Bibliographie

- [1] PÉREZ (J.P.). – *Optique, fondements et applications* (5^{ème} édition). – Masson, 1996.
- [2] FRANÇON. – *Diffraction. Cohérence en optique.*
- [3] HECHTS. – *Understanding lasers.*

LP 51 Phénomènes de résonance dans les systèmes linéaires. Exemples.

1^{er} CU

I Systèmes linéaires

- 1 circuit RLC série
- 2 oscillateur amorti en mécanique
- 3 généralisation et domaine d'étude
- 4 conséquences

principe de superposition et de décomposition spectrale. pas d'harmoniques engendrées.

II Étude théorique d'un système d'ordre 2

- 1 oscillations libres
- 2 oscillations forcées
- 3 résonance
- 4 bilan énergétique

III Exemples

- 1 modèle de l'électron élastiquement lié
- 2 interféromètre de Fabry-Pérot
- 3 principe du calculateur analogique

Autres idées : résonance optique

Bibliographie

- [1] PÉREZ (J.P.). – *Mécanique* (5^{ème} édition). – Masson, 1997.
- [2] HPRÉPA. – *Électronique I PSI*. – Hachette.
- [3] FEYNMAN (R.). – *Mécanique 1*. – InterÉditions, 1979.
- [4] PÉREZ (J.P.). – *Optique, fondements et applications* (5^{ème} édition). – Masson, 1996.
- [5] GILLE, DECAULNE et ? – *Dynamique de la commande linéaire*.

LP 52 Systèmes bouclés. Transmittance. Stabilité. Application aux asservissements.

PSI ou 1^{er} CU

I Système bouclé linéaire

- 1 intérêt du bouclage
- 2 fonction de transfert / transmittance
- 3 exemple d'étude

II Étude de la stabilité

- 1 critères
- 2 approche pratique
- 3 retour sur l'exemple

III Précision des systèmes bouclés

- 1 définitions
- 2 notre exemple
- 3 sensibilité aux perturbations

Bibliographie

- [1] VILLAIN. – *Systèmes asservis linéaires*.
- [2] DELACRESSONNIÈRE. – *Électronique et conversion de puissance*.
- [3] HPRÉPA. – *Électronique I PSI*. – Hachette.
- [4] GILLE, DECAULNE et ? – *Dynamique de la commande linéaire*.

LP 53 Exemples de filtres linéaires d'ordre un et deux en électricité. Fonction de transfert et réponse temporelle. Application au filtrage d'un signal périodique.

PSI ou 1^{er} CU

I Fonction de transfert de quelques filtres

1 passe-bas d'ordre 1

RC actif

2 passe-bande d'ordre 2

RLC série (passif)

II Lien entre fonction de transfert et comportement temporel

1 réponse indicielle

2 réponse percussionnelle

a impulsion

b exemple

3 réponse à un signal quelconque

4 bilan

III Application au filtrage d'un signal périodique

1 action d'un filtre sur un signal périodique

2 exemple du passe-bande d'ordre 2

3 applications

Idées pour la conclusion : importance des systèmes d'ordre 1 et 2 (pour les décompositions).

Commentaires : Attention, cette leçon peut facilement devenir très formelle et très mathématique. Notre objectif ici est d'aboutir à la notion de convolution (demande formulée par le jury) "avec les mains" cad sans calcul et sans introduire de nouveau formalisme.

Bibliographie

- [1] HPRÉPA. – *Électronique I PSI*. – Hachette.
- [2] HPRÉPA. – *Électronique, 2^{ème} année MP*. – Hachette.
- [3] GILLE, DECAULNE et ? – *Dynamique de la commande linéaire*.
- [4] BUP 795 numéro 2.
- [5] LIÈVRE (J.P.) et DUFFAIT (R.). – *Expériences d'électronique*. – Bréal, 1999.

LP 54 Comportement dynamique des systèmes couplés : oscillateurs à deux degrés de liberté en mécanique, systèmes à deux niveaux d'énergie en physique quantique. Analogies et différences.

1^{er} CU

I Systèmes de pendules couplés

1 présentation

Idée d'expérience : démonstrations avec des pendules couplés.

2 modes et pulsations propres

3 battements

4 échange d'énergie

II Système quantique à 2 niveaux

1 présentation

exemple de H_2^+

2 niveaux d'énergie

3 formule de Rabi

4 analogies et différences

analogies : levée de dégénérescence, variables équivalentes

différences : méthode à portée générale en méca Q car la méca Q est linéaire ; une pulsation unique en méca Q (pulsation de BOHR) contre 2 en méca classique.

Bibliographie

- [1] COHEN-TANNOUJDI (C.), DIU (B.) et LALOË (D.). – *Mécanique quantique 1.* – Hermann, 1973.
- [2] COHEN-TANNOUJDI (C.), DIU (B.) et LALOË (D.). – *Mécanique quantique 2.* – Hermann, 1973.
- [3] MATHIEU. – *Oscillateurs.*
- [4] BRUHAT (G.). – *Mécanique.* – Masson.
- [5] COURS DE BERKELEY. – *Ondes.*
- [6] OLIVIER (S.). – *Physique des ondes.* – Tec&Doc, 1996.
- [7] BUP 574.
- [8] BUP 685.

LP 55 Exemples d'effets de non-linéarité sur le comportement d'un oscillateur.

MP ou 1^{er} CU

I Oscillations libres d'un pendule

- 1 mise en équation
- 2 calcul de la période
- 3 portrait de phase

II Oscillations forcées

- 1 système étudié
- 2 génération d'harmoniques
- 3 étude de la résonance

III Oscillations auto-entretenues

- 1 l'équation de Van der Pol
- 2 réalisation expérimentale

cf [1]

- a la non-linéarité
 - b l'oscillateur complet
- 3 discussion

Bibliographie

- [1] BUP 785, *numéro spécial*, 1996.
- [2] FAROUX et RENAULT. – *Mécanique 1*. – Dunod.
- [3] MIGOULINE. – *Fondements de la théorie des oscillations*. – Mir.
- [4] MATHIEU. – *Oscillateurs*.
- [5] BERGÉ (P.), POMEAU (Y.) et VIDAL (C.). – *L'ordre dans le chaos*. – Hermann, 1988.
- [6] le programme (Appliquer) (édité par). – *Les oscillateurs électriques et mécaniques*.

LP 56 Le photon : énergie et quantité de mouvement.

1^{er} CU

Prérequis : LP58, relativité
Idées pour l'intro : historique.

I Les limites de la théorie ondulatoire de la lumière

1 rayonnement du corps noir

échec de la théorie classique. loi de PLANCK.

2 effet photoélectrique

expérience de FRANCK et HERTZ. échec de la théorie classique. Einstein postule l'existence de "grains de lumière".

II Caractéristiques du photon. Conséquences

1 caractéristiques du photon

énergie, masse, quantité de mouvement

2 l'effet Compton

III Principe du refroidissement des atomes

cf [1]

Bibliographie

- [1] Article sur le refroidissement des atomes. *La Recherche*, no318, mars 1999.
- [2] PÉREZ (J.P.). – *Relativité et quantification*. – Masson, 1986.
- [3] CAGNAC (B.) et PEBAY-PEROULA (J.C.). – *Physique atomique, tome 1*. – Dunod, 1975.
- [4] MESSIAH. – *Mécanique quantique, tome 1*.

LP 57 Dualité onde-corpuscule : relation de De Broglie. In- égalités d'Heisenberg. Applications.

1^{er} CU

I L'expérience des fentes d'Young

cf [1]

- 1** dispositif expérimental et observations
- 2** dualité onde-corpuscule
- 3** interprétation probabiliste

II relation de De Broglie

- 1** l'onde de matière
- 2** validation expérimentale
expérience de DAVISSON et GERMER (1927)

- 3** microscope électronique

III Inégalités d'Heisenberg

- 1** limite du modèle de De Broglie
Une OPPM, c'est non-localisé donc non-physique d'où la notion de paquet d'ondes.
- 2** inégalités d'Heisenberg
- 3** applications
taille d'une tache de diffraction ; lentille magnétique. . .

Bibliographie

- [1] FEYNMAN (R.). – *Mécanique quantique*. – InterÉditions, 1979.
- [2] COHEN-TANNOUJI (C.), DIU (B.) et LALOË (D.). – *Mécanique quantique 1*. – Hermann, 1973.
- [3] MESSIAH. – *Mécanique quantique, tome 1*.
- [4] BALIBAR et LÉVY-LEBLOND. – *Quantique : rudiments*.
- [5] ARTSIMOVITCH. – *Mouvement d'une particule dans un champ électrique et magnétique*.

LP 58 Quantification de l'énergie des atomes.

1^{er} CU

Idées pour l'intro : historique : observations de spectres de raies inexplicables par la théorie classique.

I Introduction expérimentale de la quantification

- 1 spectre discret des vapeurs atomiques
- 2 expérience de Franck et Hertz

II Modèle de Bohr

- 1 échec du modèle planétaire
- 2 postulats de Bohr
- 3 calcul du spectre de l'hydrogène
- 4 limites de ce modèle

III Le modèle quantique

- 1 fonction d'onde et équation de Schrödinger
- 2 le cas de l'atome d'hydrogène
- 3 l'atome polyélectronique

Bibliographie

- [1] CAGNAC (B.) et PEBAY-PEROULA (J.C.). – *Physique atomique, tome 1.* – Dunod, 1975.
- [2] MESSIAH. – *Mécanique quantique, tome 1.*
- [3] CHPOLSKI. – *Physique atomique.*
- [4] PÉREZ (J.P.). – *Relativité et quantification.* – Masson, 1986.
- [5] COHEN-TANNOUJI (C.), DIU (B.) et LALOË (D.). – *Mécanique quantique 1.* – Hermann, 1973.

LP 59 Cohésion de la matière : interaction entre atomes, molécules, ions ; aspects énergétiques.

1^{er} CU

I Interactions de cohésion

1 la liaison covalente

modèle quantique.

2 les forces de London

(aussi appelées : forces de VAN DER WAALS non-dipôle – non-dipôle) Elles sont d’origine quantique.

3 les autres forces de Van der Waals

4 potentiel de type Lennard-Jones

II États désordonnés

1 état liquide

2 état gazeux

discuter la transition liquide-gaz où on a une compétition ordre/désordre.

III État cristallin

1 les différents cristaux

2 énergie réticulaire

3 cristal covalent

Commentaires : Attention : les attentes du jury concernant cette leçon “ouverte” ne sont pas clairement arrêtées. La leçon n’est pas nouvelle mais était classée en électromagnétisme. Il semblerait que les parties quantiques doivent donc être soignées et approfondies.

Bibliographie

[1] COHEN-TANNOUJDI (C.), DIU (B.) et LALOË (D.). – *Mécanique quantique 1*. – Hermann, 1973.

[2] DIU (B.). – *Physique statistique*. – Hermann, 1989.

[3] BLOKHINTSEV. – *Mécanique quantique*.

[4] PAPON (P.), LEBLOND (J.) et MEIJER (P.). – *Physique des transitions de phase*. – Dunod, 1999.

[5] GUINIER. – *La structure de la matière*.

[6] FLEURY et MATHIEU. – *Chaleur et thermodynamique. États de la matière*.

[7] PÉREZ (J.P.). – *Électromagnétisme (3^{ème} édition)*. – Masson, 1997.

LP 60 Puits de potentiel. Exemples et applications en physique quantique.

1^{er} CU

Idées pour l'intro : application simple de l'équation de SCHRÖDINGER qui met en lumière des effets quantiques.

I Position du problème

- 1 équation de Schrödinger
- 2 modélisation simple d'un puits réel

II Puits de potentiel infini

- 1 recherche des états stationnaires en 1D
- 2 évolution temporelle d'un état quelconque
- 3 généralisation à 3D

application : centre coloré dans les cristaux ioniques : cf [1] (exercice 6.4 page 369)

III Puits de potentiel fini

- 1 généralités
- 2 états liés
- 3 états de diffusion

Bibliographie

- [1] BALIBAR et LÉVY-LEBLOND. – *Quantique : rudiments*.
- [2] COHEN-TANNOUJDI (C.), DIU (B.) et LALOË (D.). – *Mécanique quantique 1*. – Hermann, 1973.
- [3] MESSIAH. – *Mécanique quantique, tome 1*.

LP 61 Effet tunnel. Applications.

1^{er} CU

I Étude théorique

1 barrière de potentiel

modélisation d'une barrière de potentiel réel en barrière "carrée".

2 résolution de l'équation de Schrödinger

3 calcul de T

II Applications

1 radioactivité α

2 microscope à effet tunnel

Idées pour la conclusion : C'est un effet purement quantique.

Autres idées : diode tunnel et effet JOSEPHSON

Bibliographie

- [1] COHEN-TANNOUJI (C.), DIU (B.) et LALOË (D.). – *Mécanique quantique 1*. – Hermann, 1973.
- [2] BALIBAR et LÉVY-LEBLOND. – *Quantique : rudiments*.
- [3] COURS DE BERKELEY. – *Physique quantique*.
- [4] BLANC. – *Physique nucléaire*.
- [5] BROUSSEAU. – *Physique du solide*.
- [6] Le microscope à effet tunnel. BUP 699.
- [7] Article sur le microscope à effet tunnel. *La Recherche*, no181, octobre 1986.

LP 62 Absorption, émission spontanée ou induite du rayonnement : coefficients d'Einstein. Applications.

1^{er} CU

I Interaction matière – rayonnement

- 1 absorption
- 2 émission spontanée
- 3 émission induite

II Étude des coefficients d'Einstein

- 1 relations entre coefficients
- 2 condition d'amplification

III Laser

- 1 inversion de population
- 2 principe du laser
- 3 exemples

Bibliographie

- [1] CAGNAC (B.) et PEBAY-PEROULA (J.C.). – *Physique atomique, tome 1.* – Dunod, 1975.
- [2] GRYNDBERG, ASPECT et FABRE. – *Introduction aux lasers et à l'optique quantique.*
- [3] DIU (B.). – *Physique statistique.* – Hermann, 1989.
- [4] PÉREZ (J.P.). – *Optique, fondements et applications (5^{ème} édition).* – Masson, 1996.
- [5] COHEN-TANNOUJDI (C.), DIU (B.) et LALOË (D.). – *Mécanique quantique 1.* – Hermann, 1973.
- [6] COHEN-TANNOUJDI (C.), DIU (B.) et LALOË (D.). – *Mécanique quantique 2.* – Hermann, 1973.
- [7] BUP 679.
- [8] BUP 794.