



Plans
Physique

SUJETS

1. Dynamique newtonienne	2
2. Ondes acoustiques	3
3. Spectrométrie optique	4
4. Vision et image	5
5. Propagation libre et guidée	6
6. Interférences	7
7. Diffraction	8
8. Oscillateurs	9
9. Champs magnétiques	10
10. Capteurs	11
11. Transferts thermiques	12
12. États de la matière	13
13. Grandeurs électriques	14
14. Fluides	15
15. Résonance	16
16. Signal analogique et signal numérique	17
17. Induction	18
18. Temps – fréquence	19
19. Transferts quantiques d'énergie	20
20. Frottements	21
21. Transmission de l'information	22
22. Ondes stationnaires	23
23e. Cohésion du noyau	24
23m. Filtrage et analyse spectrale	25
24e. Gravitation et mouvements képlériens	26
24m. Amplification	27
25e. Énergie interne	28
25m. Couplages	29
26e. Rayonnement d'équilibre et corps noir	30
26m. Régimes transitoires	31
27e. Dualité onde – particule	32
27m. Conversion de puissance	33
28e. Référentiels géocentrique et terrestre	34
28m. Polarisation de la lumière	35

1. DYNAMIQUE NEWTONNIENNE

Exposé

I. Introduction

Définition : étude des causes du mouvement (forces, moments, énergies).

Limites du cadre newtonien : vitesse petite devant c ($v < 0,1c$), taille du système grande devant la longueur de de Broglie ($l \gg \lambda$) [1].

II. Concept scientifique - Pendule de torsion et expérience de Cavendish

PCSI.

1. Présentation du pendule [2].
2. Équation du mouvement.
3. Aspect énergétique.
4. Application à l'expérience de Cavendish [2].

III. Aspect pédagogique - Chute libre

Cycle 4, troisième. Le but de la séquence est de prédire le mouvement d'un objet en chute libre en utilisant le principe de conservation de son énergie mécanique.

1. Mise en évidence des expressions de l'énergie cinétique et potentielle [$\langle \text{?} \rangle$].
2. Activité : étude de l'énergie cinétique, potentielle et mécanique d'un objet au cours d'une chute (avec tracé).
3. Activité : « quelle est la vitesse d'une balle lâchée de la fenêtre au moment où elle touche le sol ? ».

Montage

Définition de la dynamique et énoncé des lois de Newton.

I. Principe d'inertie

- Montrer avec une table à coussin d'air que le mouvement d'un mobile autoporteur est rectiligne uniforme.

II. Principe fondamental de la dynamique

1. Conservation de la quantité de mouvement [1].
2. Déterminer g à partir de la modélisation d'une chute libre filmée par webcam. Discussion des incertitudes [1].
3. Chute libre dans un fluide, détermination de v_{lim} [3].

III. Application

- Déterminer le moment d'inertie d'un solide en rotation [3,4].

Bibliographie

- [1] G. Dhont, D. Braquart, et É. Pennacin, *Physique-chimie Capes & agrégation, Plans d'exposés et de montages*, 1 édition (De Boeck, 2018).
- [2] B. Salamito, S. Cardini, D. Jurine, et M.N. Sanz, *Physique tout-en-un : PCSI*, 5 édition (Dunod, Malakoff, 2016).
- [3] J.P. Bellier, C. Bouloy, et D. Guéant, *Expériences de physique : optique, mécanique, fluides, acoustique : CAPES, CAPLP, Agrégation, physique, chimie* (Dunod, Malakoff, 2017).
- [4] R. Duffait, *Expériences de Physique - CAPES de sciences physiques*, 3 édition (Bréal, 2008).

2. ONDES ACOUSTIQUES

Exposé

I. Introduction

Nature des ondes acoustiques (expérience de la bougie). Caractéristiques des ondes sonores (niveau sonore, hauteur, timbre).

II. Concept scientifique - Équation de d'Alembert pour la surpression dans le cadre de l'approximation acoustique

PC/PC*.

1. Approximation acoustique [5].
2. Propagation du son dans un tuyau [5], équation de d'Alembert.
3. Onde plane progressive.
4. Application : tuyau sonore, conditions aux limites + expérience (tube de Kundt [4]).

III. Aspect pédagogique - Caractéristiques du son

Cycle 4, quatrième. Séquence qui peut être mise en place dans le cadre d'un EPI SPC-Éducation musicale.

1. Différence bruit - son (enregistrement et visualisation d'un son ou d'un bruit).
2. Activité expérimentale : mesure de la vitesse du son (par exemple [6]).
3. Exercices, évaluation.

Montage

I. Analyse d'un son

1. Qualitatif : hauteur, timbre [3].
2. Analyse spectrale [4].

II. Propagation

1. Célérité des ondes acoustiques dans différents milieux [4].
2. Effet Doppler : envoyer un son sur une table traçante en mouvement. La faible vitesse de la table ne permet pas de mesurer la différence de fréquence mais en multipliant le signal de l'émetteur et celui du récepteur, on obtient des battements et avec un passe-bas on retrouve la différence de fréquence (détection synchrone [5]).

III. Interférences

1. (Interférences [1,4].)
2. Accorder le La d'une corde de guitare (battements avec diapason) [4,7].

Bibliographie

- [5] M.N. Sanz, F. Vandenbrouck, D. Chardon, et B. Salamito, *Physique : tout-en-un : PC-PC**, 4 édition (Dunod, Malakoff, 2016).
- [4] R. Duffait, *Expériences de Physique - CAPES de sciences physiques*, 3 édition (Bréal, 2008).
- [6] F. Alibert, *Physique chimie : le manuel de cycle 4 : 5e, 4e, 3e : nouveaux programmes 2016* (Hatier, Paris, 2017).
- [3] J.P. Bellier, C. Bouloy, et D. Guéant, *Expériences de physique : optique, mécanique, fluides, acoustique : CAPES, CAPLP, Agrégation, physique, chimie* (Dunod, Malakoff, 2017).
- [1] G. Dhont, D. Braquart, et É. Pennacin, *Physique-chimie Capes & agrégation, Plans d'exposés et de montages*, 1 édition (De Boeck, 2018).
- [7] T. Dulaurans et A. Durupthy, *Physique chimie TS, enseignement de spécialité* (Hachette éducation, Paris, 2012).

3. SPECTROMÉTRIE OPTIQUE

Exposé

I. Introduction

Importance de la spectroscopie (étoiles...).

Systèmes dispersifs à présenter (manipulations avec prisme et réseau) et décrire [1].

II. Concept scientifique - Interferomètre de Michelson : doublet du sodium

PC/PC*. L'exposé sera illustré par la manipulation.

1. Description du Michelson [5,8].
2. Interférences.
3. Phénomène de battements [5,9].

III. Aspect pédagogique - Rayonnement issu des étoiles

Seconde. Le but de la séquence est de déterminer les informations que l'on peut déduire de la lumière émise par les étoiles.

1. Mise en évidence du lien entre le spectre et la température d'un objet (spectre d'une lampe à incandescence soumise à une tension variable. Activité expérimentale (par exemple [10] et utilisation de Sa1saJ sur le spectre du Soleil).
2. Analyse d'un spectre d'émission et d'un spectre d'absorption.
3. Exercices d'application et évaluation (parmi les exercices *pour aller plus loin*).

Montage

I. Études qualitatives

1. Prisme (avec un spectre continu) [4].
2. Réseau (avec une lampe spectrale) [4].

II. Applications

Remarque : connaître le principe du goniomètre [4] (MPSI).

1. Loi de Wien avec Sa1saJ.
2. Résolution du doublet du sodium avec réglage du Michelson [5,8,11].
3. Longueur de cohérence temporelle [1,4,5].

Bibliographie

- [1] G. Dhont, D. Braquart, et É. Pennacin, *Physique-chimie Capes & agrégation, Plans d'exposés et de montages*, 1 édition (De Boeck, 2018).
- [8] B. Salamito, F. Sanz Marie-Noëlle Vandenbrouck, et M. Tuloup, *Physique tout-en-un : MP-MP**, 3 édition (Dunod, Malakoff, 2017).
- [5] M.N. Sanz, F. Vandenbrouck, D. Chardon, et B. Salamito, *Physique : tout-en-un : PC-PC**, 4 édition (Dunod, Malakoff, 2016).
- [9] J.P. Pérez, *Optique : fondements et applications. Avec 250 exercices et problèmes résolus*, 7 édition (Dunod, 2017).
- [10] T. Dulaurans, M. Giacino, et J. Calafell, *Physique-chimie 2de* (Hachette éducation, Paris, 2014).
- [4] R. Duffait, *Expériences de Physique - CAPES de sciences physiques*, 3 édition (Bréal, 2008).
- [11] L. Sallen et D. Meier, *Réussir les TP de Physique aux concours*, 3 édition (Dunod, Paris, 2019).

4. VISION ET IMAGE

Exposé

I. Introduction

Notion d'image (netteté). Stigmatisme, conditions de Gauss. Modèle de l'œil (particularités, défauts...).

II. Concept scientifique - Conditions de projection d'une image

PCSI.

1. Condition de projection (schéma, équation du second degré et résolution) [2].
2. Conditions de Gauss et éclairage.
3. Application : méthode de Bessel et Silbermann [3].

III. Aspect pédagogique - Modèle de l'œil

Première S. Comparaison entre l'œil et un appareil photo sous la forme d'une activité expérimentale évaluée ([1], manuel de première S).

1. Comparaison œil – appareil photo.
2. Construction d'une image, application à l'appareil photo et au modèle de l'œil.

Montage

I. Modèle de l'œil

1. Accommodation, punctum proximum [3].
2. Défauts (myopie, hypermétropie).

II. Mesure de la distance focale d'une lentille convergente

1. Autocollimation, Bessel, Silbermann [3].

III. Instrument d'optique : la lunette astronomique

1. Réalisation [4].
2. Caractéristiques (grossissement, clarté, diaphragme, résolution et critère de Rayleigh).

Bibliographie

- [2] B. Salamito, S. Cardini, D. Jurine, et M.N. Sanz, *Physique tout-en-un : PCSI*, 5 édition (Dunod, Malakoff, 2016).
- [3] J.P. Bellier, C. Bouloy, et D. Guéant, *Expériences de physique : optique, mécanique, fluides, acoustique : CAPES, CAPLP, Agrégation, physique, chimie* (Dunod, Malakoff, 2017).
- [1] G. Dhont, D. Braquart, et É. Pennacin, *Physique-chimie Capes & agrégation, Plans d'exposés et de montages*, 1 édition (De Boeck, 2018).
- [4] R. Duffait, *Expériences de Physique - CAPES de sciences physiques*, 3 édition (Bréal, 2008).

5. PROPAGATION LIBRE ET GUIDÉE

Exposé

I. Introduction

Propagation libre vs guidée : intérêt, avantages et inconvénients. Exemples [1,3].

II. Concept scientifique - Équation de d'Alembert dans un câble coaxial

PC/PC*.

1. Modélisation (constantes réparties) [5,12].
2. Équation de d'Alembert [3,5].
3. Application : manipulation (ordres de grandeur dans [13]).
OU Débit d'une fibre optique [9].

III. Aspect pédagogique - Vitesse de propagation du son

Cycle 4, quatrième. Mise en place d'une expérience pour mesurer la vitesse du son. Vitesse de la lumière.

1. Milieu de propagation.
2. Activité expérimentale : mesure de la vitesse du son.
3. Problématique pour mesurer la vitesse de la lumière (vidéo historique universcience) [3].

Montage

I. Propagation libre

1. Propagation rectiligne ou non rectiligne [3].
2. Célérité des ultrasons [3].
3. Cuve à ondes : (réflexion), diffraction, interférences.

II. Propagation guidée dans un câble coaxial

1. Célérité de l'onde [1,4].
2. Adaptation d'impédance.
3. Atténuation [14].

Bibliographie

- [1] G. Dhont, D. Braquart, et É. Pennacin, *Physique-chimie Capes & agrégation, Plans d'exposés et de montages*, 1 édition (De Boeck, 2018).
- [3] J.P. Bellier, C. Bouloy, et D. Guéant, *Expériences de physique : optique, mécanique, fluides, acoustique : CAPES, CAPLP, Agrégation, physique, chimie* (Dunod, Malakoff, 2017).
- [5] M.N. Sanz, F. Vandenbrouck, D. Chardon, et B. Salamito, *Physique : tout-en-un : PC-PC**, 4 édition (Dunod, Malakoff, 2016).
- [12] E. Hecht, *Physique* (De Boeck Université/ITP, Paris Bruxelles, 1999).
- [13] J.P. Pérez, *Electromagnétisme - Fondements et applications*, 4 édition (Dunod, 2018).
- [9] J.P. Pérez, *Optique : fondements et applications. Avec 250 exercices et problèmes résolus*, 7 édition (Dunod, 2017).
- [4] R. Duffait, *Expériences de Physique - CAPES de sciences physiques*, 3 édition (Bréal, 2008).
- [14] J.M. Brébec, T. Desmarais, A. Favier, M. Ménétrier, B. Noël, C. Orsini, J.M. Vanhaecke, et R. Noel, *Ondes 2e année, MP-MP*, PC-PC*, PSI-PSI*, PT-PT. Cours avec exercices corrigés* (Hachette Supérieur, Paris, 2004).

6. INTERFÉRENCES

Exposé

I. Introduction

Phénomène lié à la nature ondulatoire (surface de l'eau, son, lumière...). Les intensités des ondes ne se somment pas.

Dispositif pour créer des interférences : division d'amplitude (Michelson), division du front d'onde (trous d'Young, biprisme/miroir de Fresnel), ondes multiples (Pérot-Fabry).

Problèmes de cohérence.

Applications.

II. Concept scientifique - Interferomètre de Michelson : doublet du sodium

PC/PC*. L'exposé sera illustré par la manipulation.

1. Description du Michelson [5,8].
2. Interférences.
3. Phénomène de battements [5,9].

III. Aspect pédagogique - Fentes d'Young

Terminale S.

1. Découverte du phénomène (activité documentaire + cuve à ondes) [1].
2. Paramètres influençant les interférences (activité expérimentale).
3. Détermination de la longueur d'onde du laser.

Montage

I. Mise en évidence

1. Ondes mécaniques (avec cuve à ondes) [4].
2. Ondes acoustiques [4] (ou avec un récepteur entre les 2 émetteurs audibles).
3. Ondes lumineuses (fente d'Young avec un laser) [4].

II. Applications

1. Résolution du doublet du sodium avec réglage du Michelson [5,8,11].
2. Longueur de cohérence temporelle [1,4,5] et spatiale [4].

Bibliographie

- [8] B. Salamito, F. Sanz Marie-Noëlle Vandenbrouck, et M. Tuloup, *Physique tout-en-un : MP-MP**, 3 édition (Dunod, Malakoff, 2017).
- [5] M.N. Sanz, F. Vandenbrouck, D. Chardon, et B. Salamito, *Physique : tout-en-un : PC-PC**, 4 édition (Dunod, Malakoff, 2016).
- [9] J.P. Pérez, *Optique : fondements et applications. Avec 250 exercices et problèmes résolus*, 7 édition (Dunod, 2017).
- [1] G. Dhont, D. Braquart, et É. Pennacin, *Physique-chimie Capes & agrégation, Plans d'exposés et de montages*, 1 édition (De Boeck, 2018).
- [4] R. Duffait, *Expériences de Physique - CAPES de sciences physiques*, 3 édition (Bréal, 2008).
- [11] L. Sallen et D. Meier, *Réussir les TP de Physique aux concours*, 3 édition (Dunod, Paris, 2019).

7. DIFFRACTION

Exposé

I. Introduction

Modification de la surface d'onde à la rencontre d'un obstacle de la taille de la longueur d'onde (expérience cuve à onde) [1, 4].

II. Concept scientifique - Limite de résolution d'un instrument d'optique

PC/PC*.

1. Diffraction par une fente [1,5].
2. Figure de diffraction.
3. Diffraction par une pupille circulaire, tache d'Airy.
4. Critère de Rayleigh [3,5].

III. Aspect pédagogique - Mesure de l'épaisseur d'un cheveu

Seconde. Peut faire l'objet d'un élément d'enquête dans le cadre de l'enseignement d'exploration MPS sur le thème de l'investigation policière.

1. Contextualisation.
2. Activité expérimentale : découverte de la diffraction.
3. Application : courbe d'étalonnage et détermination de l'épaisseur du cheveu.

Montage

I. Mise en évidence de la diffraction

1. Ondes mécaniques (avec cuve à ondes et obstacle).
2. Ondes acoustiques (boîte avec ouverture étroite et récepteur décalé d'un angle θ [1,4]).

II. Ondes lumineuses

1. Profil de la figure de diffraction [4].
2. Application : mesure de l'épaisseur d'un cheveu [4].

Bibliographie

- [1] G. Dhont, D. Braquart, et É. Pennacin, *Physique-chimie Capes & agrégation, Plans d'exposés et de montages*, 1 édition (De Boeck, 2018).
- [4] R. Duffait, *Expériences de Physique - CAPES de sciences physiques*, 3 édition (Bréal, 2008).
- [5] M.N. Sanz, F. Vandenbrouck, D. Chardon, et B. Salamito, *Physique : tout-en-un : PC-PC**, 4 édition (Dunod, Malakoff, 2016).
- [3] J.P. Bellier, C. Bouloy, et D. Guéant, *Expériences de physique : optique, mécanique, fluides, acoustique : CAPES, CAPLP, Agrégation, physique, chimie* (Dunod, Malakoff, 2017).

8. OSCILLATEURS

Exposé

I. Introduction

Définition : variations autour d'une position d'équilibre [15].

Modèles : oscillateurs non amortis (harmonique), amortis par frottements (fluide, sec), entretenus (résonance).

II. Concept scientifique - Oscillateur à pont de Wien

PC/PC*. Plusieurs notions sont vues en PCSI.

1. Présentation (types d'oscillateurs) [15,16].
2. Pont de Wien (filtre, fonction de transfert, diagramme de Bode).
3. ALI (voir aussi [4]).
4. Circuit complet (mesures à faire).
5. (Application : mesure d'une capacité [15].)

III. Aspect pédagogique - Mesure du temps

Terminale S.

1. Activité documentaire sur le pendule de Galilée [17].
2. Activité expérimentale : étude énergétique des oscillations du pendule [17].
3. Application à la mesure du temps [1,17].

Montage

I. Oscillateurs mécaniques

1. Pendule simple [3,4].
2. Oscillations forcées [4].
3. Oscillateurs couplés (en phase, en opposition de phase) [3].

II. Oscillateurs électriques

1. Oscillateur à pont de Wien [3,4].

Bibliographie

- [15] J.P. Bellier, C. Bouloy, et D. Guéant, *Expériences de physique : électricité, électromagnétisme, électronique, transferts thermiques : CAPES, CAPLP, Agrégation, physique, chimie* (Dunod, Malakoff, 2016).
- [16] R. Duffait, *Expériences d'électronique : agrégation de sciences physiques* (Bréal, Rosny (France), 1999).
- [4] R. Duffait, *Expériences de Physique - CAPES de sciences physiques*, 3 édition (Bréal, 2008).
- [17] T. Dulaurans et A. Durupthy, *Physique chimie TS, enseignement spécifique* (Hachette éducation, Paris, 2000).
- [1] G. Dhont, D. Braquart, et É. Pennacin, *Physique-chimie Capes & agrégation, Plans d'exposés et de montages*, 1 édition (De Boeck, 2018).
- [3] J.P. Bellier, C. Bouloy, et D. Guéant, *Expériences de physique : optique, mécanique, fluides, acoustique : CAPES, CAPLP, Agrégation, physique, chimie* (Dunod, Malakoff, 2017).

9. CHAMPS MAGNÉTIQUES

Exposé

I. Introduction

Histoire de la navigation à l'usage quotidien actuel.

Ordres de grandeur. Effets : force de Lorentz, force de Laplace, induction, moment magnétique.

Applications.

II. Concept scientifique - Champ magnétique dans un solénoïde

PC/PC*.

1. Théorème d'Ampère [5,12].
2. Champ magnétique à l'intérieur (constant + expression) et à l'extérieur (nul) d'un solénoïde [12,15].
3. Exemple et vérification expérimentale (avec sonde à effet Hall [4,15]).

III. Aspect pédagogique - Alternateur

Cycle 4, troisième. Introduction de l'alternateur pour présenter un appareil de conversion de l'énergie mécanique en énergie électrique.

1. Expériences qualitatives : principe (aimant et bobine) ; nature du courant (oscilloscope) et aspect énergétique (génératrices).
2. Diagramme d'énergie.
3. Évaluation (ouverture sur les ressources naturelles, centrales électriques).

Montage

I. Sources de champs magnétiques

1. Aimants (spectre et ordre de grandeur) [1].
2. Terre.
3. Expérience d'Ørsted.

II. Sonde à effet Hall

Principe de la sonde [4].

1. Solénoïde [4,15].
2. Bobines d'Helmoltz [4].

Bibliographie

- [12] E. Hecht, *Physique* (De Boeck Université/ITP, Paris Bruxelles, 1999).
- [5] M.N. Sanz, F. Vandenbrouck, D. Chardon, et B. Salamito, *Physique : tout-en-un : PC-PC**, 4 édition (Dunod, Malakoff, 2016).
- [15] J.P. Bellier, C. Bouloy, et D. Guéant, *Expériences de physique : électricité, électromagnétisme, électronique, transferts thermiques : CAPES, CAPLP, Agrégation, physique, chimie* (Dunod, Malakoff, 2016).
- [4] R. Duffait, *Expériences de Physique - CAPES de sciences physiques*, 3 édition (Bréal, 2008).
- [1] G. Dhont, D. Braquart, et É. Pennacin, *Physique-chimie Capes & agrégation, Plans d'exposés et de montages*, 1 édition (De Boeck, 2018).

10. CAPTEURS

Exposé

I. Introduction

Définition : appareil qui transforme une grandeur physique (non électrique) en grandeur électrique.

Type de capteur : passif ou actif. Grandeurs mesurables. Caractéristiques (sensibilité, précision, temps de réponse, linéarité...) [1].

Remarque : voir le BO sur les capteurs.

II. Concept scientifique - Sonde à effet Hall

PC/PC*.

1. Force de Lorentz.
2. Effet Hall [4,5,15]. Partie théorique détaillée [[quaranta-electromag](#)].
3. Exemple de mesure.

III. Aspect pédagogique - La photorésistance

Cycle 4.

1. Nomenclature.
2. Bilan énergétique en cinquième.
3. Découverte de la photorésistance (R dépend de l'éclairage) en quatrième ou troisième. Tracé de la caractéristique de la photorésistance (chaque groupe met en place un éclairage différent).
4. Programmation d'un éclairage automatique (avec Arduino) éventuellement dans le cadre d'un EPI avec la technologie ou en enseignement intégré des sciences.

Montage

I. Capteur de lumière

1. Caractéristique d'une photorésistance [4,15].
2. Application : période des oscillations d'un pendule [1].

II. Capteur de température

1. Variation de la résistance en fonction de la température pour une résistance de platine et une thermistance [4,15].
2. (Application : thermomètre numérique [4] ou détecteur de surchauffe [15].)

III. Capteur de champ magnétique

1. Sonde à effet Hall, principe [4,15].
2. Application : mesure de distance parcourue [15].

IV. Capteur de son

- Effet Doppler (avec multiplieur et passe-bas) [2].

Bibliographie

- [1] G. Dhont, D. Braquart, et É. Pennacin, *Physique-chimie Capes & agrégation, Plans d'exposés et de montages*, 1 édition (De Boeck, 2018).
- [5] M.N. Sanz, F. Vandenbrouck, D. Chardon, et B. Salamito, *Physique : tout-en-un : PC-PC**, 4 édition (Dunod, Malakoff, 2016).
- [4] R. Duffait, *Expériences de Physique - CAPES de sciences physiques*, 3 édition (Bréal, 2008).
- [15] J.P. Bellier, C. Bouloy, et D. Guéant, *Expériences de physique : électricité, électromagnétisme, électronique, transferts thermiques : CAPES, CAPLP, Agrégation, physique, chimie* (Dunod, Malakoff, 2016).
- [2] B. Salamito, S. Cardini, D. Jurine, et M.N. Sanz, *Physique tout-en-un : PCSI*, 5 édition (Dunod, Malakoff, 2016).

11. TRANSFERTS THERMIQUES

Exposé

I. Introduction

Définition : étude des causes du mouvement (forces, moments, énergies).

Limites du cadre newtonien : vitesse petite devant c ($v < 0,1c$), taille du système grande devant la longueur de de Broglie ($l \gg \lambda$) [1].

II. Concept scientifique - Résistance thermique

MP/MP*.

1. Présentation [1].
2. *Équations de diffusions* [8].
3. Résistance thermique.
4. Analogie électrique, associations en série ou en dérivation.
5. Application (double vitrage [8]).

III. Aspect pédagogique - Capacité thermique de l'eau

Introduction sur les transferts thermiques dans les programmes (cycle 4 et lycée).

Terminale S. Le but de la séquence est de déterminer la capacité thermique de l'eau.

1. Activité expérimentale [18].

Montage

Introduction : mise en évidence de la conduction, de la convection et du rayonnement [1,8,19].

I. Capteur de température

1. Variation de la résistance en fonction de la température pour une résistance de platine et une thermistance [4,15].

II. Modes de transfert

1. Rayonnement : vérification de la loi de Stefan-Boltzmann $M = \sigma T^4$ [4].
2. Conductivité d'un métal (en régime permanent et transitoire) [8].

III. Calorimétrie

1. Détermination de la chaleur latente de fusion de la glace. Analyse statistique des résultats [4].

Bibliographie

- [1] G. Dhont, D. Braquart, et É. Pennacin, *Physique-chimie Capes & agrégation, Plans d'exposés et de montages*, 1 édition (De Boeck, 2018).
- [8] B. Salamito, F. Sanz Marie-Noëlle Vandenbrouck, et M. Tuloup, *Physique tout-en-un : MP-MP**, 3 édition (Dunod, Malakoff, 2017).
- [18] N. Coppens et V. Prévost, *Physique chimie TS, enseignement spécifique* (Nathan, 2017).
- [19] J.M. Brébec, T. Desmarais, A. Favier, M. Ménétrier, B. Noël, C. Orsini, J.M. Vanhaecke, et R. Noel, *Thermodynamique 2e année, MP-MP*, PC-PC*, PSI-PSI*, PT-PT* (Hachette Supérieur, Paris, 2004).
- [4] R. Duffait, *Expériences de Physique - CAPES de sciences physiques*, 3 édition (Bréal, 2008).
- [15] J.P. Bellier, C. Bouloy, et D. Guéant, *Expériences de physique : électricité, électromagnétisme, électronique, transferts thermiques : CAPES, CAPLP, Agrégation, physique, chimie* (Dunod, Malakoff, 2016).

12. ÉTATS DE LA MATIÈRE

Exposé

I. Introduction

Présentation des 4 principaux états de la matière (solide, liquide, gaz, plasma) [1]. Changements d'état (diagramme avec noms).

Domaines de la mécanique (solide, fluides). Modèles en thermodynamique.

II. Concept scientifique - Diagramme de phases

PCSI.

1. Diagramme de Clapeyron (avec manip pour montrer comment le tracer) [2].
2. Diagramme de phases [2,20].
3. Équilibre liquide-gaz (pression de vapeur saturante, théorème des moments chimiques...) [2].

III. Aspect pédagogique - Cuisson des pâtes

Cycle 4 : cinquième.

1. Activité expérimentale en classe : courbe d'ébullition de l'eau.
2. Évaluation : courbe d'ébullition de l'eau salée.
3. Application : « recette » pour la cuisson des pâtes.

Montage

I. Grandeurs caractéristiques de certains états physique

1. Tension superficielle d'un liquide (mesure par arrachement) [3].
2. Vérification de la loi de Boyle-Mariotte (détermination de la constante R des gaz parfaits) [3].

II. Changements d'état

1. Sublimation du diiode (qualitatif) [1].
2. Mesure de la chaleur latente massique de fusion de la glace (calorimétrie) [4,15].
3. Mesure de la chaleur latente molaire de vaporisation de l'eau (cloche à vide) [15].

Bibliographie

- [1] G. Dhont, D. Braquart, et É. Pennacin, *Physique-chimie Capes & agrégation, Plans d'exposés et de montages*, 1 édition (De Boeck, 2018).
- [2] B. Salamito, S. Cardini, D. Jurine, et M.N. Sanz, *Physique tout-en-un : PCSI*, 5 édition (Dunod, Malakoff, 2016).
- [20] P.W. Atkins et J. de Paula, *Chimie Physique*, 4 édition (De Boeck, 2013).
- [3] J.P. Bellier, C. Bouloy, et D. Guéant, *Expériences de physique : optique, mécanique, fluides, acoustique : CAPES, CAPLP, Agrégation, physique, chimie* (Dunod, Malakoff, 2017).
- [15] J.P. Bellier, C. Bouloy, et D. Guéant, *Expériences de physique : électricité, électromagnétisme, électronique, transferts thermiques : CAPES, CAPLP, Agrégation, physique, chimie* (Dunod, Malakoff, 2016).
- [4] R. Duffait, *Expériences de Physique - CAPES de sciences physiques*, 3 édition (Bréal, 2008).

13. GRANDEURS ÉLECTRIQUES

Exposé

I. Introduction

Définitions : U , I , P , R ...

ARQS, lois de Kirchoff.

II. Concept scientifique - Oscillateur à pont de Wien

PC/PC*.

1. Présentation (types d'oscillateurs) [15,16].
2. Pont de Wien (filtre, fonction de transfert, diagramme de Bode).
3. ALI (voir aussi [4]).
4. Circuit complet (mesures à faire).
5. Application : mesure d'une capacité [15].

III. Aspect pédagogique - Utilisation d'un multimètre

Cycle 4, quatrième. Mise en place d'activités pour apprendre à utiliser le multimètre pour mesurer tensions, intensités et résistance.

1. Activité expérimentale 1 : mesure d'une tension.
2. Activité expérimentale 2 : mesures dans un circuit en dérivation, puis en série.
3. Évaluation.
4. Prolongation avec l'intensité.

Montage

I. Mesures de grandeurs de composants

1. Résistance interne d'un GBF (tension moitié) [1,3].
2. Inductance (résonance, comparaison) [4].
3. Capacité (constante de temps, voltampèreétrique, oscillateur à pont de Wien) [3,4].

II. Voltmètre numérique

1. Convertisseur tension-temps [16].

III. Caractéristique courant-tension

1. Caractéristique d'une diode [21].

Bibliographie

- [16] R. Duffait, *Expériences d'électronique : agrégation de sciences physiques* (Bréal, Rosny (France), 1999).
- [15] J.P. Bellier, C. Bouloy, et D. Guéant, *Expériences de physique : électricité, électromagnétisme, électronique, transferts thermiques : CAPES, CAPLP, Agrégation, physique, chimie* (Dunod, Malakoff, 2016).
- [4] R. Duffait, *Expériences de Physique - CAPES de sciences physiques*, 3 édition (Bréal, 2008).
- [1] G. Dhont, D. Braquart, et É. Pennacin, *Physique-chimie Capes & agrégation, Plans d'exposés et de montages*, 1 édition (De Boeck, 2018).
- [3] J.P. Bellier, C. Bouloy, et D. Guéant, *Expériences de physique : optique, mécanique, fluides, acoustique : CAPES, CAPLP, Agrégation, physique, chimie* (Dunod, Malakoff, 2017).
- [21] M. Donnini, L. Quaranta, D. Aubert, R. Payan, et P. Renucci, *Dictionnaire de physique expérimentale - Tome 4, L'électricité* (Pierron, 1996).

14. FLUIDES

Exposé

I. Introduction

Description d'un fluide [1,2,5].

Deux comportements selon le mouvement macroscopique :

- Statique (principe fondamental de l'hydrostatique $\text{grad } p = \rho \vec{g}$, Archimède...).
- Dynamique (équation d'Euler, équation de Navier-Stokes).

II. Concept scientifique - Déplacement d'un objet dans un fluide

PC/PC*. Prérequis : équation de Navier-Stokes [5].

1. Transport de quantité de matière (directement à partir de Navier-Stokes : $(\vec{V} \cdot \nabla) \cdot \vec{V}$ est la contribution convective et $\eta \Delta \vec{V}$ est la contribution diffusive).
2. Nombre de Reynolds [5].
3. Déplacements d'une sphère dans un fluide [5].
4. Exemples d'application (2 exemples pour chaque dépendance : en V et V^2).

III. Aspect pédagogique - Densité d'un fluide

Cycle 4.

1. Démarche d'investigation : détermination de la densité de l'eau (en cinquième).
2. Démarche d'investigation : détermination de la masse d'air dans la salle de classe (en quatrième).

Montage

I. Statique

1. Pression dans un fluide [3,4].
2. Poussée d'Archimède [1,3,4].
3. Capillarité (qualitatif) [4].

II. Dynamique

1. Écoulement de Poiseuille, viscosité, perte de charge [3].
2. Viscosité du glycérol [1,4].
3. Effet Venturi [$\langle ? \rangle$].

Bibliographie

- [1] G. Dhont, D. Braquart, et É. Pennacin, *Physique-chimie Capes & agrégation, Plans d'exposés et de montages*, 1 édition (De Boeck, 2018).
- [2] B. Salamito, S. Cardini, D. Jurine, et M.N. Sanz, *Physique tout-en-un : PCSI*, 5 édition (Dunod, Malakoff, 2016).
- [5] M.N. Sanz, F. Vandenbrouck, D. Chardon, et B. Salamito, *Physique : tout-en-un : PC-PC**, 4 édition (Dunod, Malakoff, 2016).
- [4] R. Duffait, *Expériences de Physique - CAPES de sciences physiques*, 3 édition (Bréal, 2008).
- [3] J.P. Bellier, C. Bouloy, et D. Guéant, *Expériences de physique : optique, mécanique, fluides, acoustique : CAPES, CAPLP, Agrégation, physique, chimie* (Dunod, Malakoff, 2017).

15. RÉSONANCE

Exposé

I. Introduction

Définition [1, 2] : résonance si l'amplitude de la réponse passe par un maximum pour une fréquence donnée de l'excitation sinusoïdale.

Historique (pont de Tacoma).

Facteur de qualité Q .

(Illustration avec la corde de Melde ?)

II. Concept scientifique - Résonance dans un circuit RLC

PCSI.

1. Présentation et équation différentielle [2].
2. Calcul de la réponse complexe (résonance d'intensité).
3. Amplitude, déphasage, facteur de qualité (et détermination expérimentale).
4. Ouverture sur la résonance de charge [2].

III. Aspect pédagogique - Modes de vibration d'une corde de guitare

Terminale S, spécialité [1].

1. Activité documentaire sur la nature d'un son [7].
2. Activité expérimentale : excitation d'une corde par une force électromagnétique ou par une onde sonore [7].

Montage

I. Électricité

1. Résonance dans le circuit RLC série [15].
2. (Résonance dans le circuit LC parallèle [15].)

II. Mécanique

1. Mise en évidence : caisse de résonance (Helmholtz à comparer avec la caisse de résonance d'un diapason [3]).
2. Corde de Melde [4,15].
3. Pendule de Pohl [4,15].

Bibliographie

- [1] G. Dhont, D. Braquart, et É. Pennacin, *Physique-chimie Capes & agrégation, Plans d'exposés et de montages*, 1 édition (De Boeck, 2018).
- [2] B. Salamito, S. Cardini, D. Jurine, et M.N. Sanz, *Physique tout-en-un : PCSI*, 5 édition (Dunod, Malakoff, 2016).
- [7] T. Dulaurans et A. Durupthy, *Physique chimie TS, enseignement de spécialité* (Hachette éducation, Paris, 2012).
- [15] J.P. Bellier, C. Bouloy, et D. Guéant, *Expériences de physique : électricité, électromagnétisme, électronique, transferts thermiques : CAPES, CAPLP, Agrégation, physique, chimie* (Dunod, Malakoff, 2016).
- [3] J.P. Bellier, C. Bouloy, et D. Guéant, *Expériences de physique : optique, mécanique, fluides, acoustique : CAPES, CAPLP, Agrégation, physique, chimie* (Dunod, Malakoff, 2017).
- [4] R. Duffait, *Expériences de Physique - CAPES de sciences physiques*, 3 édition (Bréal, 2008).

16. SIGNAL ANALOGIQUE ET SIGNAL NUMÉRIQUE

Exposé

I. Introduction

Définitions et importance dans les technologies actuelles. Conversion CAN, CNA. Échantillonnage, quantification [1, 22]... Avantages du numérique (traitement, stockage, transmission).

II. Concept scientifique - Repliement de spectre

PTSI.

1. Échantillonnage (critère de Shannon) avec expérience.
2. (Quantification (calibre) [22].)
3. Stroboscopie [4].
4. Analyse spectrale, repliement avec expérience [16] (décomposition de Fourier dans [15]).

III. Aspect pédagogique - Utilisation d'un multimètre

Cycle 4, quatrième. Mise en place d'activité pour apprendre à utiliser le multimètre pour mesurer tensions, intensités et résistance. Notion de calibre.

1. Activité expérimentale 1 : mesure d'une tension.
2. Activité expérimentale 2 : mesures dans un circuit en dérivation, puis en série.
3. Évaluation.
4. Prolongation avec l'intensité.

Montage

I. Échantillonnage

1. Acquisition d'un signal sinusoïdal sous Latis Pro à différentes fréquences d'échantillonnage [1,3].
2. Stroboscopie [4].
3. Repliement de spectre (afficher la FFT d'un signal puis augmenter f jusqu'à dépasser le critère de Shannon).

II. CAN

1. Convertisseur tension-temps [15,16].

III. Application à un signal audio

Logiciel à utiliser : Audacity [1,16].

1. Influence de la fréquence d'échantillonnage.
2. Influence de la quantification.

Bibliographie

- [1] G. Dhont, D. Braquart, et É. Pennacin, *Physique-chimie Capes & agrégation, Plans d'exposés et de montages*, 1 édition (De Boeck, 2018).
- [22] T. Gervais, *Electronique : Tome 1, Analyse des signaux, fonctions électroniques de base et réseaux*, 1 édition (Vuibert, 2018).
- [4] R. Duffait, *Expériences de Physique - CAPES de sciences physiques*, 3 édition (Bréal, 2008).
- [16] R. Duffait, *Expériences d'électronique : agrégation de sciences physiques* (Bréal, Rosny (France), 1999).
- [15] J.P. Bellier, C. Bouloy, et D. Guéant, *Expériences de physique : électricité, électromagnétisme, électronique, transferts thermiques : CAPES, CAPLP, Agrégation, physique, chimie* (Dunod, Malakoff, 2016).
- [3] J.P. Bellier, C. Bouloy, et D. Guéant, *Expériences de physique : optique, mécanique, fluides, acoustique : CAPES, CAPLP, Agrégation, physique, chimie* (Dunod, Malakoff, 2017).

17. INDUCTION

Exposé

I. Introduction

Découverte historique [12]. Loi de Faraday et loi de Lenz. Différents cas dans lesquels le flux magnétique à travers un circuit peut varier [1].

II. Concept scientifique - Étude de 2 circuits couplés par induction

PC/PC*.

1. Présentation (schéma, convention, prérequis).
2. Équations [5].
3. Courant induit (module et déphasage).
4. Transformateur.

III. Aspect pédagogique - Alternateur

Cycle 4, troisième. Introduction de l'alternateur pour présenter un appareil de conversion de l'énergie mécanique en énergie électrique.

1. Expériences qualitatives : principe (aimant et bobine) ; nature du courant (oscilloscope) et aspect énergétique (génératrices).
2. Diagramme d'énergie.
3. Évaluation (ouverture sur les ressources naturelles, centrales électriques).

Montage

Introduction : mise en évidence (approcher un aimant d'une bobine), loi de Lenz [1].

I. Vérification de la loi de Faraday

1. Loi de Faraday [4].

II. Mesures

1. Mesure d'une inductance [3].

III. Applications

1. Rail de Laplace [$\langle \rangle$].
2. Transformateur [4].

Bibliographie

- [12] E. Hecht, *Physique* (De Boeck Université/ITP, Paris Bruxelles, 1999).
- [1] G. Dhont, D. Braquart, et É. Pennacin, *Physique-chimie Capes & agrégation, Plans d'exposés et de montages*, 1 édition (De Boeck, 2018).
- [5] M.N. Sanz, F. Vandenbrouck, D. Chardon, et B. Salamito, *Physique : tout-en-un : PC-PC**, 4 édition (Dunod, Malakoff, 2016).
- [4] R. Duffait, *Expériences de Physique - CAPES de sciences physiques*, 3 édition (Bréal, 2008).
- [3] J.P. Bellier, C. Bouloy, et D. Guéant, *Expériences de physique : optique, mécanique, fluides, acoustique : CAPES, CAPLP, Agrégation, physique, chimie* (Dunod, Malakoff, 2017).

18. TEMPS – FRÉQUENCE

Exposé

I. Introduction

Définition du temps (philo) et de la seconde (IUPAC). Lien entre période et fréquence.

Représentation temporelle vs fréquentielle par analyse de Fourier [1].

Notion de temps caractéristique.

II. Concept scientifique - Spectre d'un signal physique

PCSI.

1. Analyse spectrale [2,15].
2. Signal périodique [2,15].
3. Signal non périodique, trains d'onde et profil de raies [2,5].

Remarque : l'analyse spectrale d'un signal périodique ou non entrent dans le cadre du programme de PCSI. L'extension aux trains d'onde et profil de raies sont plutôt du niveau PC/PC*.

III. Aspect pédagogique - Signaux périodiques

Cycle 4, quatrième ou troisième.

1. Activité expérimentale : mesure et tracé d'un signal périodique (GBF) sur papier millimétré.
2. Identification des caractéristiques du signal (motif, période, amplitude).
3. Relation entre période et fréquence.

Montage

I. Mesure d'un temps

1. Isochronisme des oscillations d'un pendule (avec détermination d'incertitudes) [1,3,4].
2. Temps caractéristique (charge et décharge d'un condensateur dans un circuit RC) [4,15].

II. Mesure d'une fréquence

1. Mesure de la longueur d'onde de la raie du sodium (avec un spectroscopie à réseau artisanal) [1,3].

III. Analyse spectrale d'un son

1. Analyse d'un son et avec un diapason (avec ou sans caisse de résonance, battement) [4].

Bibliographie

- [1] G. Dhont, D. Braquart, et É. Pennacin, *Physique-chimie Capes & agrégation, Plans d'exposés et de montages*, 1 édition (De Boeck, 2018).
- [2] B. Salamito, S. Cardini, D. Jurine, et M.N. Sanz, *Physique tout-en-un : PCSI*, 5 édition (Dunod, Malakoff, 2016).
- [15] J.P. Bellier, C. Bouloy, et D. Guéant, *Expériences de physique : électricité, électromagnétisme, électronique, transferts thermiques : CAPES, CAPLP, Agrégation, physique, chimie* (Dunod, Malakoff, 2016).
- [5] M.N. Sanz, F. Vandenbrouck, D. Chardon, et B. Salamito, *Physique : tout-en-un : PC-PC**, 4 édition (Dunod, Malakoff, 2016).
- [3] J.P. Bellier, C. Bouloy, et D. Guéant, *Expériences de physique : optique, mécanique, fluides, acoustique : CAPES, CAPLP, Agrégation, physique, chimie* (Dunod, Malakoff, 2017).
- [4] R. Duffait, *Expériences de Physique - CAPES de sciences physiques*, 3 édition (Bréal, 2008).

19. TRANSFERTS QUANTIQUES D'ÉNERGIE

Exposé

I. Introduction

Rapide retour historique sur la quantification de l'énergie du photon (loi de Planck du corps noir) et des états dans l'atome (raies sur les spectres d'émission ou d'absorption) [1,20,23].

Application : laser.

II. Aspect pédagogique - Spectres et laser

Première S.

1. Lien entre spectre et transitions entre niveaux d'énergie (activité pratique en première S) [24].
2. Le laser (terminale S).

III. Concept scientifique - Quantification de l'énergie

PC/PC*. Le but est de démontrer la quantification de l'énergie des états de l'atome utilisée dans l'explication du laser.

1. Montrer rapidement que le confinement d'une particule (puit de potentiel infini en utilisant la longueur de De Broglie) implique la quantification de l'énergie.
2. Faire le calcul proprement à partir de l'équation de Schrödinger [20].
3. Évoquer le cas avec le potentiel dans l'atome hydrogénoïde [5,20].

Montage

I. Absorption

1. Étude de la loi de Beer-Lambert [λ]. Mesurer l'absorbance en fonction de λ . Tracer la variation de l'absorbance en fonction de la concentration et retrouver le coefficient d'extinction molaire.

II. Émission spontanée

1. Mesure de la longueur d'onde de la raie du sodium (avec un spectroscope à réseau artisanal) [1,3]. Réaliser la mesure (peu précise).
2. (Détermination de la constante de Rydberg [λ].)

III. Émission stimulée

1. Mesure de la longueur de cohérence temporelle du laser (Michelson) [1,5].
2. (Caractéristiques du laser.)

IV. Constante de Planck

1. Estimation de la constante de Planck à partir des caractéristiques de DEL (Eduscol TS).

Bibliographie

- [20] P.W. Atkins et J. de Paula, *Chimie Physique*, 4 édition (De Boeck, 2013).
- [1] G. Dhont, D. Braquart, et É. Pennacin, *Physique-chimie Capes & agrégation, Plans d'exposés et de montages*, 1 édition (De Boeck, 2018).
- [23] T. Ribeyre, *Chimie PC-PC*, 2e année : un accompagnement au quotidien : tout-en-un : cours, exercices corrigés, approches documentaires : conforme aux nouveaux programmes 2014* (De Boeck, Louvain-la-Neuve, 2014).
- [24] X. Bataille, *Physique chimie 1re S : programme 2011* (Belin, Paris, 2011).
- [5] M.N. Sanz, F. Vandenbrouck, D. Chardon, et B. Salamito, *Physique : tout-en-un : PC-PC**, 4 édition (Dunod, Malakoff, 2016).
- [3] J.P. Bellier, C. Bouloy, et D. Guéant, *Expériences de physique : optique, mécanique, fluides, acoustique : CAPES, CAPLP, Agrégation, physique, chimie* (Dunod, Malakoff, 2017).

20. FROTTEMENTS

Exposé

I. Introduction

Principe d'inertie vs réalité (Galilée, Newton) [25].

Deux catégories de frottement : sec (lois de Coulomb [12] à détailler un peu) et fluide.

Dissipation d'énergie, usure [1].

II. Concept scientifique - Déplacement d'un objet dans un fluide

PC/PC*. Prérequis : équation de Navier-Stokes [5].

1. Transport de quantité de matière (directement à partir de Navier-Stokes : $(\vec{V} \cdot \vec{\nabla}) \cdot \vec{V}$ est la contribution convective et $\eta \Delta \vec{V}$ est la contribution diffusive).
2. Nombre de Reynolds [5].
3. Déplacements d'une sphère dans un fluide [5].
4. Exemples d'application (2 exemples pour chaque dépendance : en V et V^2).

III. Aspect pédagogique - Conservation de l'énergie au cours d'une chute

Cycle 4, troisième. Le but de la séquence est de prédire le mouvement d'un objet en chute libre en utilisant le principe de conservation de son énergie mécanique.

1. Mise en évidence des expressions de l'énergie cinétique et potentielle [$\langle \rangle$].
2. Activité : étude de l'énergie cinétique, potentielle et mécanique d'un objet au cours d'une chute (avec tracé).
3. Activité : « quelle est la vitesse d'une balle lâchée de la fenêtre au moment où elle touche le sol ? ».

Montage

I. Frottements solides

1. Statique sur plan incliné [3], indépendance de la surface.
2. Dynamique (banc Magnum éventuellement avec webcam et acquisition puis théorème de l'énergie cinétique) [3].

II. Frottements fluide

1. Chute verticale dans un liquide visqueux [3] (ordres de grandeurs dans [26]).
2. Pendule (ou ressort) amorti [$\langle \text{terminale} \rangle$].

Bibliographie

- [25] R. Feynman, *Le cours de physique de Feynman, Mécanique 1* (Dunod, Paris, 2018).
- [12] E. Hecht, *Physique* (De Boeck Université/ITP, Paris Bruxelles, 1999).
- [1] G. Dhont, D. Braquart, et É. Pennacin, *Physique-chimie Capes & agrégation, Plans d'exposés et de montages*, 1 édition (De Boeck, 2018).
- [5] M.N. Sanz, F. Vandenbrouck, D. Chardon, et B. Salamito, *Physique : tout-en-un : PC-PC**, 4 édition (Dunod, Malakoff, 2016).
- [3] J.P. Bellier, C. Bouloy, et D. Guéant, *Expériences de physique : optique, mécanique, fluides, acoustique : CAPES, CAPLP, Agrégation, physique, chimie* (Dunod, Malakoff, 2017).
- [26] J.P. Pérez, *Mécanique - Fondements et applications, avec 320 exercices et problèmes résolus*, 7 édition (Dunod, 2014).

21. TRANSMISSION DE L'INFORMATION

Exposé

I. Introduction

Historique de la transmission de l'information.

Applications : voie hertzienne, câble torsadé pour les faibles fréquences, câble coaxial, fibre optique.

Modulation, démodulation.

II. Concept scientifique - Pertes dans un câble coaxial

PC/PC*.

1. Modélisation (constantes réparties avec résistance) [5,12].
2. Équation de d'Alembert [3,5].
3. Relation de dispersion, vecteur d'onde complexe et paquets d'ondes.
OU Débit dans une fibre optique [$<?>$].

III. Aspect pédagogique - Transmettre un message en Morse

Cycle 3, sixième.

1. Problématique.
2. Code.
3. Activité expérimentale : transmission d'un message codé en Morse à distance (avec lampe).
4. Évaluation.

Montage

I. Propagation libre

1. Modulation et démodulation d'amplitude [3,4] OU de fréquence [16].

II. Propagation guidée dans un câble coaxial

1. Célérité de l'onde [1,4].
2. Adaptation d'impédance.
3. Atténuation [14].

Bibliographie

- [5] M.N. Sanz, F. Vandenbrouck, D. Chardon, et B. Salamito, *Physique : tout-en-un : PC-PC**, 4 édition (Dunod, Malakoff, 2016).
- [12] E. Hecht, *Physique* (De Boeck Université/ITP, Paris Bruxelles, 1999).
- [3] J.P. Bellier, C. Bouloy, et D. Guéant, *Expériences de physique : optique, mécanique, fluides, acoustique : CAPES, CAPLP, Agrégation, physique, chimie* (Dunod, Malakoff, 2017).
- [4] R. Duffait, *Expériences de Physique - CAPES de sciences physiques*, 3 édition (Bréal, 2008).
- [16] R. Duffait, *Expériences d'électronique : agrégation de sciences physiques* (Bréal, Rosny (France), 1999).
- [1] G. Dhont, D. Braquart, et É. Pennacin, *Physique-chimie Capes & agrégation, Plans d'exposés et de montages*, 1 édition (De Boeck, 2018).
- [14] J.M. Brébec, T. Desmarais, A. Favier, M. Ménétrier, B. Noël, C. Orsini, J.M. Vanhaecke, et R. Noel, *Ondes 2e année, MP-MP*, PC-PC*, PSI-PSI*, PT-PT. Cours avec exercices corrigés* (Hachette Supérieur, Paris, 2004).

22. ONDES STATIONNAIRES

Exposé

I. Introduction

Définition : découplage des variables d'espace et de temps [1].

II. Concept scientifique - Particule dans un puit de potentiel

PCSI. Le but est de montrer que les conditions aux limites imposent que la fonction d'onde de la particule dans une boîte soit une onde stationnaire [2,20].

1. Montrer rapidement que le confinement d'une particule (puits de potentiel infini en utilisant la longueur de De Broglie) implique la quantification de l'énergie, *analogie avec une corde*.
2. Faire le calcul proprement à partir de l'équation de Schrödinger [20] en explicitant les conditions aux limites (point de vue des interférences [2]).

III. Aspect pédagogique - Modes de vibration d'une corde de guitare

Terminale S, spécialité [1].

1. Activité documentaire sur la nature d'un son [7].
2. Activité expérimentale : excitation d'une corde par une force électromagnétique ou par une onde sonore [7].

Montage

I. Ondes mécaniques

1. Mise en évidence avec la cuve à ondes [1].
2. Corde de Melde [3,4].

II. Ondes acoustiques

1. Tube de Kundt [4].

III. Ondes électromagnétiques

1. Câble coaxial [3,4].

Bibliographie

- [1] G. Dhont, D. Braquart, et É. Pennacin, *Physique-chimie Capes & agrégation, Plans d'exposés et de montages*, 1 édition (De Boeck, 2018).
- [20] P.W. Atkins et J. de Paula, *Chimie Physique*, 4 édition (De Boeck, 2013).
- [2] B. Salamito, S. Cardini, D. Jurine, et M.N. Sanz, *Physique tout-en-un : PCSI*, 5 édition (Dunod, Malakoff, 2016).
- [7] T. Dulaurans et A. Durupthy, *Physique chimie TS, enseignement de spécialité* (Hachette éducation, Paris, 2012).
- [4] R. Duffait, *Expériences de Physique - CAPES de sciences physiques*, 3 édition (Bréal, 2008).
- [3] J.P. Bellier, C. Bouloy, et D. Guéant, *Expériences de physique : optique, mécanique, fluides, acoustique : CAPES, CAPLP, Agrégation, physique, chimie* (Dunod, Malakoff, 2017).

23E. COHÉSION DU NOYAU

Exposé

I. Introduction

Composition du noyau, gluons. Cohésion du noyau, interactions forte. Fission, fusion. Radioactivité (vallée de stabilité des nucléides).

II. Concept scientifique - Effet tunnel et radioactivité α

PC/PC*.

1. Particule dans une boîte [20].
2. Effet tunnel [5,20].
3. Application à la radioactivité α [27,28].

III. Aspect pédagogique - Décroissance radioactive

Première STI2D/STL ?.

1. Jeu de dés pour simuler la décroissance radioactive [1][<?>].
2. Étude documentaire.

Bibliographie

- [20] P.W. Atkins et J. de Paula, *Chimie Physique*, 4 édition (De Boeck, 2013).
- [5] M.N. Sanz, F. Vandenbrouck, D. Chardon, et B. Salamito, *Physique : tout-en-un : PC-PC**, 4 édition (Dunod, Malakoff, 2016).
- [27] J.M. Lévy-Leblond et F. Balibar, *Quantique - Rudiments* (Dunod, 2007).
- [28] Berkeley, *Cours de physique de Berkeley, tome 4 : Physique quantique* (Dunod, 1998).
- [1] G. Dhont, D. Braquart, et É. Pennacin, *Physique-chimie Capes & agrégation, Plans d'exposés et de montages*, 1 édition (De Boeck, 2018).

23M. FILTRAGE ET ANALYSE SPECTRALE

Montage

I. Analyse spectrale

1. Critère de Shannon, repliement du spectre [1].
2. Analyse spectrale d'un son [1,4,15].

II. Filtrage en électricité

1. Filtre passe-bas : circuit RC [15,16].
 2. Application : effet Doppler (avec multiplieur et filtre passe-bas) RC [2].
 3. (Filtre passe-bande : circuit RLC [15]).
- Conclusion : parler de filtrage optique [5].

Bibliographie

- [1] G. Dhont, D. Braquart, et É. Pennacin, *Physique-chimie Capes & agrégation, Plans d'exposés et de montages*, 1 édition (De Boeck, 2018).
- [4] R. Duffait, *Expériences de Physique - CAPES de sciences physiques*, 3 édition (Bréal, 2008).
- [15] J.P. Bellier, C. Bouloy, et D. Guéant, *Expériences de physique : électricité, électromagnétisme, électronique, transferts thermiques : CAPES, CAPLP, Agrégation, physique, chimie* (Dunod, Malakoff, 2016).
- [16] R. Duffait, *Expériences d'électronique : agrégation de sciences physiques* (Bréal, Rosny (France), 1999).
- [2] B. Salamito, S. Cardini, D. Jurine, et M.N. Sanz, *Physique tout-en-un : PCSI*, 5 édition (Dunod, Malakoff, 2016).
- [5] M.N. Sanz, F. Vandenbrouck, D. Chardon, et B. Salamito, *Physique : tout-en-un : PC-PC**, 4 édition (Dunod, Malakoff, 2016).

24E. GRAVITATION ET MOUVEMENTS KÉPLÉRIENS

Exposé

I. Introduction

Expression de la force d'interaction gravitationnelle. Limite d'application (rayon de Schwarzwild).

Lois de Kepler.

II. Concept scientifique - Mouvement d'un satellite dans un champ gravitationnel

PCSI.

1. Expression de l'énergie potentielle effective [1,2].
2. Étude graphique des différents cas possibles selon l'énergie mécanique du système.
3. Application à un satellite géostationnaire [2] (orbite, durée de révolution, rayon de l'orbite).

III. Aspect pédagogique - Densité de la planète de Maître Kaiō dans Dragon Ball

Cycle 4, troisième.

1. Lien entre poids et force d'interaction gravitationnelle, expression de l'intensité de la pesanteur.
2. Détermination d'une échelle, d'un volume et d'une densité.

Bibliographie

- [1] G. Dhont, D. Braquart, et É. Pennacin, *Physique-chimie Capes & agrégation, Plans d'exposés et de montages*, 1 édition (De Boeck, 2018).
- [2] B. Salamito, S. Cardini, D. Jurine, et M.N. Sanz, *Physique tout-en-un : PCSI*, 5 édition (Dunod, Malakoff, 2016).

24M. AMPLIFICATION

Montage

I. Amplificaton en tension

1. Montage inverseur de l'AOP [4,15].
2. Limitations : tension de saturation, courant de sortie limite, bande passante, *slew-rate*, tension de décalage [4].
3. Application : montage à résistance négative [16] OU comparateur dans un capteur de température [4].

II. Amplification de puissance

1. Transistor fonctionnant en émetteur commun (montage *push and pull*) [15].

Bibliographie

[4] R. Duffait, *Expériences de Physique - CAPES de sciences physiques*, 3 édition (Bréal, 2008).

[15] J.P. Bellier, C. Bouloy, et D. Guéant, *Expériences de physique : électricité, électromagnétisme, électronique, transferts thermiques : CAPES, CAPLP, Agrégation, physique, chimie* (Dunod, Malakoff, 2016).

[16] R. Duffait, *Expériences d'électronique : agrégation de sciences physiques* (Bréal, Rosny (France), 1999).

25E. ÉNERGIE INTERNE

Exposé

I. Introduction

Définition : moyenne de son énergie cinétique et potentielle microscopique [1,12,20].

Fonction d'état et conséquences. Équipartition de l'énergie. Cas des gaz parfaits...

II. Concept scientifique - Énergie interne du gaz parfait

PCSI.

1. Énergie interne U [5,8].
2. Capacité thermique à volume constant.
3. Gaz parfait [20].
4. Extension à un phase condensée.

III. Aspect pédagogique - Introduction de l'énergie interne

Terminale S.

1. Découverte du mouvement des particules au niveau microscopique par une activité documentaire et une vidéo [17].
2. Énergie microscopique, variation de l'énergie interne, bilan d'énergie.
3. Exercice ou expérience de calorimétrie.

Bibliographie

- [1] G. Dhont, D. Braquart, et É. Pennacin, *Physique-chimie Capes & agrégation, Plans d'exposés et de montages*, 1 édition (De Boeck, 2018).
- [12] E. Hecht, *Physique* (De Boeck Université/ITP, Paris Bruxelles, 1999).
- [20] P.W. Atkins et J. de Paula, *Chimie Physique*, 4 édition (De Boeck, 2013).
- [5] M.N. Sanz, F. Vandenbrouck, D. Chardon, et B. Salamito, *Physique : tout-en-un : PC-PC**, 4 édition (Dunod, Malakoff, 2016).
- [8] B. Salamito, F. Sanz Marie-Noëlle Vandenbrouck, et M. Tuloup, *Physique tout-en-un : MP-MP**, 3 édition (Dunod, Malakoff, 2017).
- [17] T. Dulaurans et A. Durupthy, *Physique chimie TS, enseignement spécifique* (Hachette éducation, Paris, 2000).

25M. COUPLAGES

Montage

I. Oscillateurs mécaniques couplés

Couplage de deux masses par des ressorts horizontaux [3].

1. Oscillations en phase.
2. Oscillations en opposition de phase.
3. Battements.

II. Couplage par inductance mutuelle

1. Oscillations forcées de deux circuits couplés [15].
2. Mesure du coefficient de mutuelle induction [15].
3. (Transformateur [4,15]) ?

III. Couplage de deux résonateurs de Helmholtz

1. [$\langle \text{?} \rangle$]

Bibliographie

- [3] J.P. Bellier, C. Bouloy, et D. Guéant, *Expériences de physique : optique, mécanique, fluides, acoustique : CAPES, CAPLP, Agrégation, physique, chimie* (Dunod, Malakoff, 2017).
- [15] J.P. Bellier, C. Bouloy, et D. Guéant, *Expériences de physique : électricité, électromagnétisme, électronique, transferts thermiques : CAPES, CAPLP, Agrégation, physique, chimie* (Dunod, Malakoff, 2016).
- [4] R. Duffait, *Expériences de Physique - CAPES de sciences physiques*, 3 édition (Bréal, 2008).

26E. RAYONNEMENT D'ÉQUILIBRE ET CORPS NOIR

Exposé

I. Introduction

Description du corps noir [1]. Historique de la loi de Planck (quantification, etc.) et conséquences (loi de Wien, loi de Stefan-Boltzmann).

Fond diffus cosmologique (éventuellement en conclusion).

II. Concept scientifique - Bilan radiatif sur l'effet de serre

PC/PC*.

1. Modèle du corps noir pour la Terre [1,5,19].
2. Prise en compte de la réflexion.
3. Prise en compte de l'atmosphère (nécessaire pour trouver une température correcte).

III. Aspect pédagogique - Rayonnement issu des étoiles

Seconde. Le but de la séquence est de déterminer les informations que l'on peut déduire de la lumière émise par les étoiles.

1. Mise en évidence du lien entre le spectre et la température d'un objet (spectre d'une lampe à incandescence soumise à une tension variable. Activité expérimentale (par exemple [10]))
2. Activité documentaire (loi de Wien, profil spectral et température de l'étoile).
3. Exercices d'application et évaluation (parmi les exercices *pour aller plus loin*).

Bibliographie

- [1] G. Dhont, D. Braquart, et É. Pennacin, *Physique-chimie Capes & agrégation, Plans d'exposés et de montages*, 1 édition (De Boeck, 2018).
- [5] M.N. Sanz, F. Vandenbrouck, D. Chardon, et B. Salamito, *Physique : tout-en-un : PC-PC**, 4 édition (Dunod, Malakoff, 2016).
- [19] J.M. Brébec, T. Desmarais, A. Favier, M. Ménétrier, B. Noël, C. Orsini, J.M. Vanhaecke, et R. Noel, *Thermodynamique 2e année, MP-MP*, PC-PC*, PSI-PSI*, PT-PT* (Hachette Supérieur, Paris, 2004).
- [10] T. Dulaurans, M. Giacino, et J. Calafell, *Physique-chimie 2de* (Hachette éducation, Paris, 2014).

26M. RÉGIMES TRANSITOIRES

Montage

I. Électricité

1. Charge et décharge d'un condensateur [4,15].
2. Circuit RLC [4,15].

II. Mécanique

1. Chute d'une bille dans un liquide visqueux [3,4].

III. Transfert thermique

1. [$\langle \rangle$]

Bibliographie

- [4] R. Duffait, *Expériences de Physique - CAPES de sciences physiques*, 3 édition (Bréal, 2008).
- [15] J.P. Bellier, C. Bouloy, et D. Guéant, *Expériences de physique : électricité, électromagnétisme, électronique, transferts thermiques : CAPES, CAPLP, Agrégation, physique, chimie* (Dunod, Malakoff, 2016).
- [3] J.P. Bellier, C. Bouloy, et D. Guéant, *Expériences de physique : optique, mécanique, fluides, acoustique : CAPES, CAPLP, Agrégation, physique, chimie* (Dunod, Malakoff, 2017).

27E. DUALITÉ ONDE – PARTICULE

Exposé

I. Introduction

Historique de la remise en cause de l'idée classique selon laquelle le rayonnement électromagnétique est une onde et les électrons sont des particules [1,2,12,20].

II. Concept scientifique - Nature particulière de la lumière et ondulatoire de l'électron

PCSI.

1. Histoire de la découverte du photon [2].
2. Propriété du photon (énergie, quantité de mouvement), interférences.
3. Longueur de de Broglie, interférences de particules.

III. Aspect pédagogique - Onde ou particules ?

Terminale S.

1. Activité documentaire : état des lieux historique au début du XX^e siècle sur les remises en question des caractères corpusculaire ou ondulatoire [17].
2. Activité documentaire sur les interférences de photons et sur celles d'électrons.
3. Exercice (évaluation) sur l'expérience de Davisson et Germer [17].

Bibliographie

- [20] P.W. Atkins et J. de Paula, *Chimie Physique*, 4 édition (De Boeck, 2013).
- [1] G. Dhont, D. Braquart, et É. Pennacin, *Physique-chimie Capes & agrégation, Plans d'exposés et de montages*, 1 édition (De Boeck, 2018).
- [2] B. Salamito, S. Cardini, D. Jurine, et M.N. Sanz, *Physique tout-en-un : PCSI*, 5 édition (Dunod, Malakoff, 2016).
- [12] E. Hecht, *Physique* (De Boeck Université/ITP, Paris Bruxelles, 1999).
- [17] T. Dulaurans et A. Durupthy, *Physique chimie TS, enseignement spécifique* (Hachette éducation, Paris, 2000).

27M. CONVERSION DE PUISSANCE

Montage

I. Transformateur (électrique - magnétique - électrique)

Voir chapitre sur le transformateur dans [4,15].

1. Loi des tensions.
2. Mesures à vide.
3. Mesures en court-circuit.
4. Mesures en charge.
5. Transformateur réel.

II. Moteur à courant continu et génératrice (électromécanique)

1. Puissance perdue par frottements [1,4].
2. Résistance du moteur et de la génératrice.
3. Rendement.

III. Effet Joule (électrique - thermique)

1. Calorimétrie [15].

Bibliographie

[4] R. Duffait, *Expériences de Physique - CAPES de sciences physiques*, 3 édition (Bréal, 2008).

[15] J.P. Bellier, C. Bouloy, et D. Guéant, *Expériences de physique : électricité, électromagnétisme, électronique, transferts thermiques : CAPES, CAPLP, Agrégation, physique, chimie* (Dunod, Malakoff, 2016).

[1] G. Dhont, D. Braquart, et É. Pennacin, *Physique-chimie Capes & agrégation, Plans d'exposés et de montages*, 1 édition (De Boeck, 2018).

28E. RÉFÉRENTIELS GÉOCENTRIQUE ET TERRESTRE

Exposé

I. Introduction

Définition : repère lié à un solide de référence et une chronologie dans ce repère.

Définition des référentiels [2] :

- galiléen ;
- terrestre ;
- géocentrique ;
- autres (héliocentrique ou de Kepler, de Copernic).

Exemples de situations qui nécessitent l'un ou l'autre des référentiels pour être décrits correctement [1].

II. Concept scientifique - Champ de pesanteur vs champ de gravitation

PCSI.

1. Présentation, hypothèses [1,29].
2. Référentiel galiléen.
3. Référentiel non galiléen.
4. Formule de l'Union Géodésique et Géophysique Internationale [2].

III. Aspect pédagogique - Lois de Kepler

Terminale S.

1. Activité expérimentale sur Celestia pour mettre en évidence les lois de Kepler [17].
2. Exercice sur la trajectoire d'un satellite.

Bibliographie

- [2] B. Salamito, S. Cardini, D. Jurine, et M.N. Sanz, *Physique tout-en-un : PCSI*, 5 édition (Dunod, Malakoff, 2016).
- [1] G. Dhont, D. Braquart, et É. Pennacin, *Physique-chimie Capes & agrégation, Plans d'exposés et de montages*, 1 édition (De Boeck, 2018).
- [29] H. Gié et J.P. Sarmant, *Mécanique, première année* (Lavoisier / Tec & Doc, 1995).
- [17] T. Dulaurans et A. Duruphy, *Physique chimie TS, enseignement spécifique* (Hachette éducation, Paris, 2000).

28M. POLARISATION DE LA LUMIÈRE

Montage

Voir le plan de [1].

I. Plan ?

1. Polarisation par diffusion.
2. Polarisation par réflexion.
3. Loi de Malus.
4. Lames biréfringentes.
5. Interférences.

Bibliographie

- [1] G. Dhont, D. Braquart, et É. Pennacin, *Physique-chimie Capes & agrégation, Plans d'exposés et de montages*, 1 édition (De Boeck, 2018).