

LP 12 : SOURCES DE LUMIÈRE

Bibliographie

1. Physique-Chimie Belin 2nde
2. Physique-Chimie Belin 1ere
3. Diu Element de physique Statistique
4. Dictionnaire de physique Taillet

Introduction pédagogique

Niveau : 1ère STL

Prérequis :

1. Ondes électromagnétique : longueur d’onde, fréquence, célérité. [2nde]
2. Domaine de longueur d’onde des différentes ondes électromagnétiques. [1ère]
3. Analyse spectrale de la lumière. [1ère]
4. Constitution de la matière : atome, électron, molécule [2nde]
5. Énergie de liaison chimique [2nde]

Objectifs :

1. Comprendre la nature des sources lumineuses de notre quotidien
2. Comprendre l’origine des couleurs des différentes sources de lumière

Difficultés :

1. Les élèves n’ont pas l’habitude de rencontrer des lampes spectrales
2. La dualité onde-corpuscule assez contradictoire à première vue.
3. Unité : conversion entre les joules et les électrons volts.

Exemples de TD Activité documentaire sur les lasers

Exemples de TP Mesure de spectre de plusieurs lampes spectrales.

Table des matières

1	Introduction	2
2	source thermique	2
2.1	Le modèle du corps noir	2
2.2	Loi de Wien	3
2.3	Limites du modèle	3
3	source spectrale	3
3.1	Description corpusculaire de la lumière	3
3.2	Quantification des niveaux d’énergie de l’atome	4
3.3	Spectre d’émission d’une source spectrale	5
4	Questions	6
5	Remarques	7

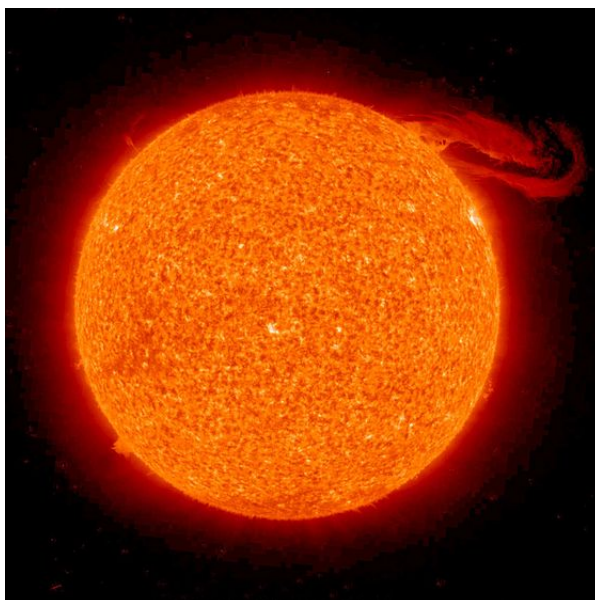


FIGURE 1 – Soleil

1 Introduction

Quelles sont les sources de lumières qui nous entourent ? Dans un premier temps le soleil. Quelles sont les caractéristique de cette lumières quelles information on peut en tirer ?

2 source thermique

Si on regarde les spectres du soleil et d'une lampe à incandescence dans le visible : on voit qu'ils sont tout les 2 continus : pourquoi cette similarité ? Car ces 2 sources émettent de la lumière en fonction de la température.

2.1 Le modèle du corps noir

2.1.1 Définition

Corps noir : Objet physique qui n'émet de rayonnement qu'en fonction de sa température : il absorbe toute les radiations qu'il reçoit.

2.1.2 Importance historique

Le problème du rayonnement du corps noir est un problème très important dans l'histoire de la physique : il s'agit d'un des 2 nuages qui obscurcissent le ciel de la physique selon la formulation de Lord Kelvin devant la Royal Society of London en 1900. En effet, en 1900 Rayleigh et Jeans établissent, à partir des connaissances en thermodynamique et en électromagnétisme, que l'intensité lumineuse est proportionnelle à λ^{-4} . Si cette loi colle aux observations pour des grandes longueurs d'onde, elle ne marche plus du tout pour les petites longueurs d'onde, prédisant des intensités infinie. L'écart est tel qu'un simple feu de cheminé emmétrait tellement de rayon γ que la vie serait impossible. On parle de catastrophe ultraviolette.

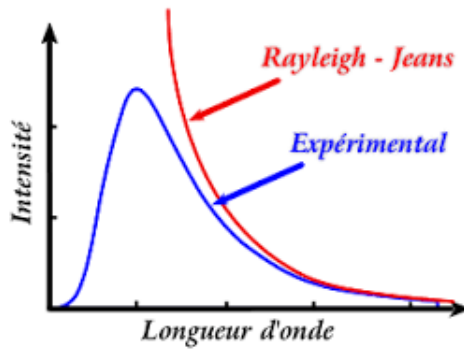


FIGURE 2 – Rayonnement d’un corps noir et modélisation selon la loi de Rayleigh-Jeans : on voit que le modèle ne marche plus à faible longueur d’onde : c’est la catastrophe ultraviolette

Ce problème n’a pu être résolu qu’avec l’introduction de la physique quantique par Plank en 1900 en considérant que l’énergie ne pouvait s’échanger que par paquet discret et non de façon continue. Le problème du rayonnement du corps noir a ainsi permis de poser les bases de la mécanique quantique.

2.2 Loi de Wien

Relation entre la longueur d’onde correspondant au maximum d’intensité λ_{max} et la température :

$$\lambda_{max}T = 2,9 \times 10^{-3} m.K \tag{1}$$

Application de la loi de Wien :

- température à la surface de plusieurs étoiles ;

Étoile	Aldébaran	Soleil	Deneb
Couleur	Rouge	Jaune	Bleue
Température (K)	3910	5578	8525

2.3 Limites du modèle

Si le modèle du corps noir permet d’expliquer le rayonnement de certaines sources de lumières, d’autres sources ne correspondent pas à ce modèle. On mesure le spectre d’émission d’une lampe à mercure : structure de raie

3 source spectrale

3.1 Description corpusculaire de la lumière

On peut expliquer les spectres de raies en utilisant le modèle corpusculaire de la lumière. La lumière est constituée de photon dont l’énergie s’exprime :

$$E = h\nu = h\frac{c}{\lambda} \tag{2}$$

Avec h la constante de Planck :

$$h = 6,63 \times 10^{-34} J.s$$

Et ν la fréquence de l'onde électromagnétique associée en Hz ; λ la longueur d'onde en m

Exemple : Énergie d'une liaison C-C : 348 kJ/mol.

Ce qui correspond à un photon UV.

3.2 Quantification des niveaux d'énergie de l'atome

La mécanique quantique décrit les niveaux d'énergies de manière discrète : un atome ne peut avoir que certaines valeurs d'énergie. On appelle le niveau d'énergie minimale le niveau fondamental de l'atome. Les autres états sont des états dit excité.

Exemple : Niveau fondamental de l'hydrogène : $E = -13.6$ eV.

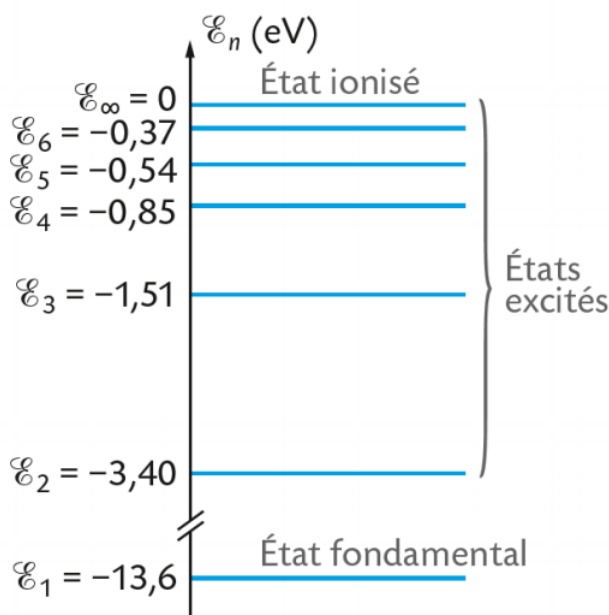


FIGURE 3 – Niveaux énergétiques de l'hydrogène

Attention aux unités : l'énergie des atomes est généralement exprimé en électron volt et non en joule : attention aux conversions : $1 \text{ eV} = 1,6 \times 10^{-19} \text{ J}$

Un atome peut changer de niveau d'énergie en absorbant ou en émettant un photon :

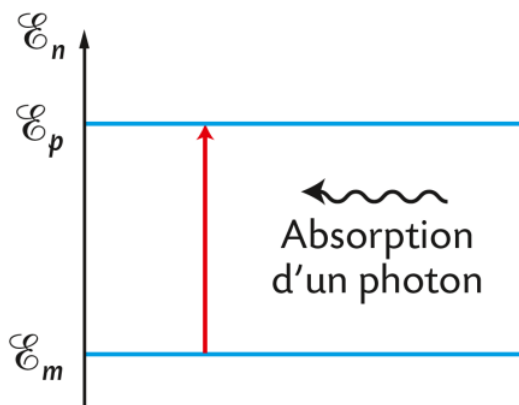


FIGURE 4 – Phénomène d'absorption d'un photon

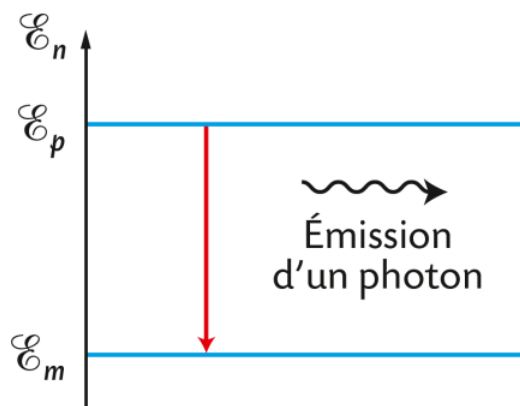


FIGURE 5 – Phénomène d'émission spontanée d'un photon

Le photon absorbé ou émis doit avoir une énergie correspondant à la différence d'énergie entre les niveaux. On a ainsi :

$$\Delta E = E_p - E_m = h\nu = \frac{hc}{\lambda} \quad (3)$$

3.3 Spectre d'émission d'une source spectrale

On reprend la mesure du spectre de la lampe à mercure : détermination des énergies des transitions puis reconstitution du diagramme énergétique du mercure.

4 Questions

- D'autres exemples de sources lumineuses ? Lampadaires au sodium : est-ce que les élèves feraient vraiment la différence, tube de néon, diode (dans les télécommandes), le feu
- C'est quoi les tubes Néon ? Hg et composés fluorescent, le mercure transmet de l'énergie au composé fluorescent qui par la suite transmet de la lumière
- Loi de Wien lie seulement $\lambda_{max} = f(T)$ mais pourtant sur ton spectre toutes les longueurs d'onde changeaient ? On a utilisé la loi de Planck : $u(\nu, t) = \frac{8\pi h\nu^3}{c^2} \frac{1}{e^{\beta h\nu} - 1}$: premier terme nbe d'états d'énergie $h\nu$ et ensuite énergie de l'OH
- Loi de Wien par rapport a celle de Rayleigh-Jeans ? Montre les courbes
- Quelle autre loi sur les rayonnements thermiques ? Loi de Stefan : $\phi = \sigma T^4$
- Tu connais la constante σ , son unité ? Non pour la valeur, unité : Analyse dimensionnelle : $[\sigma] = W.m^{-2}.K^{-4}$
- Tu nous a fait le spectre de la lampe à incandescence : on remarque principalement que le spectre est continu mais qu'est-ce qu'on peut remarquer d'autre ? Le maximum d'intensité se situe dans l'IR : elle éclaire principalement dans l'IR
- Du coup quelles types de précautions avec cette lampe ? Comme son max est dans l'IR, il faut utiliser un filtre anti-calorique
- Pour les sources thermiques on a tjrs un lien entre lumière et température ? Oui
- Tu nous a parlé de Kelvin et de deux nuages d'incompréhension ? Catastrophe UV et ? Notion d'éther : lumière est une onde mais celle-ci n'a pas besoin de milieu : il doit exister un "éther" dans lequel se balade la lumière. Utilisation d'un interféromètre de Michelson pour mesurer la diff de marche entre la vitesse de la lumière dans le vide ou sur terre : tentent de mesurer la vitesse de la Terre/éther. Ce nuage d'incompréhension a été levée par Einstein avec la relativité restreinte et générale
- Comment Planck a eu l'idée de passer a des niveaux d'énergie discrets ? Il ne croyait pas a la présence des atomes donc les échanges discrets ne lui plaisaient pas trop : tentative de créer un modèle mathématique
- Wien c'est qui ? Un scientifique. Quelle nationalité ? Allemand ou Autrichien (plutôt Allemand : boum bonne réponse ! PN 1911)
- Tu répondrais quoi à des élèves qui diraient : le mercure c'est super dangereux ? Ce qui est dangereux c'est les oxydes de Mercure (Hg liquide s'oxyde avec l'air) ici on a du mercure gazeux pas liquide (condition de pression différente)
- Pk les sources spectrales : sources spectrales ? Les sources thermiques aussi ont un spectre ?.... Pas de réponse ni du correcteur ni de Gabriel. Le spectre définit l'atome pour les sources spectrales ?
- Dualité ondes-particules pour les atomes ? A-tu un exemple des deux ? Interférences d'électrons
- Ils font des interférences ? Plus simple sinon ? Diffraction sur un fil ou une fente
- Lumière = corpuscule : effet photoélectrique : apparition d'un champ électrique en fonction de la fréquence : il y a une fréquence seuil ou on commence à voir l'apparition d'un champ électrique : modèle corpusculaire de la lumière
- Pk l'électron volt s'appelle ainsi ? C'est l'énergie d'un électron qui passe dans un

- potentiel de 1V
- Tu nous a montrés dans la dernière slide la spectro du Mercure. Pk on voit que 4 raies ? Soit pas assez intense soit dans l'IR ou dans l'UV : pas de transition vers l'EF : diff d'au moins 5 eV, celle dans le violet a la limite du visible autour de 1 eV donc 5 eV dans l'UV lointain
 - Entre E4 et E1 on a qqchse de similaire a une visible : peut-être que le champ est faible et le courant imposé ne permet pas de faire cette transition
 - Si E6 est excité, elle peut se désexciter vers E4 puis E4 se désexcite ? Sauf si il est réexcité par la lampe
 - Comme incertitude : celle du spectro. Il en existe une autre ? Celle de moi qui tient le capteur, celle du spectro on a pas trouve
 - Tes raies sont larges : on aurait pu faire la moyenne sur la bande d'émission de chaque spectre
 - Tu l'as donné pour ta mesure mais tu ne l'as pas propagé
 - Tu prévois une analyse doc sur les lasers. Qu'est-ce que t'en dirais ? Emission spontanée et pas stimulée : blablabla les LASERS : cavité optique, amplification par émission stimulée... Le laser ca chauffe ? Oui plus faisceau concentré chauffe en un point : peut être dangereux
 - Pourtant les petits lasers avec lesquels on joue ? Pas assez de puissance
 - Loi de Wien valable tous le temps ? T'as parlé de valable a haute fréquence : deux lois différentes
 - Tu parles dans tes objecifs d'identifier des objectifs ? Tu les identifies PR au BO ou ta vision personnelle ? Les objectifs plus personnels : BO juste pour savoir de quoi parler
 - T'aurais voulu rajouter des choses PR au BO ? J'ai plutôt enlever des choses PR au BO
 - C'est pas un problème d'avoir la lumière des néon et les deux lampes cote à cote ? Si cette influence existe elle est très faible et non visible
 - Du coup on peut vérifier la source des néons ?

5 Remarques

- La leçon spectre niveau lycée a disparue : passé au supérieur : bcp de recoupements entre les deux
- Pour la lampe à incandescence : on l'éteint après utilisation quitte à la rallumer apres par précaution
- Mentionner au moins qu'elle chauffe dans l'IR
- Je savais pas de quelle lampe tu parlais et quelle lampe on étudiait : qu'est-ce que c'est la lampe à incandescence
- Bien sur l'intro péda, bien définir ou tu places ta leçon, le programme, les difficultés
- Dans ton intro juste ampoule et soleil : et le feu bougie, essayer de penser a tout ce que les élèves auraient pu sortir
- Bon historique sur le corps noir
- Sur l'intuition des élèves avec bleu = chaud, rouge = froid c'était bien mais peut-être plus en parler, sur les bougies : base bleues puis jaune on peut essayer de le

- rapprocher aux flammes pour bien le faire comprendre
- Pour l'approche corpusculaire t'es passé vite mais c'est difficile de passer trop de temps, éventuellement un exemple de pourquoi la lumière peut être une particule
 - Petite erreur d'unité à un moment
 - Liaison d'énergie CC : dangereux car les UV peuvent détruire les liaisons CC : en pré-requis j'avais mis composition de la matière
 - juste mentionner que nos cellules c'est quand même principalement des chaînes carbonées
 - Mieux travailler ta transition vers la deuxième partie sur le coup j'ai pas compris la transition : interaction lumière/matière : on va avoir besoin d'une petite description : Transition simple : pourquoi on a besoin de la partie 2 ?
 - Pour la mesure le curseur, parler d'incertitudes c'est bien, l'épaisseur de raies à mi-hauteur. Ne pas oublier de propager l'incertitude à l'énergie et penser à faire le calcul devant les jurys : faire vraiment la mesure devant nous
 - Bonne réponse aux questions, tu maîtrisais ton sujet
 - Questions naïves ou historiques : pas grave si on sait pas mais bonne culture générale, bonne maîtrise, très bien
 - éventuellement avoir des connaissances en phosphorescence et fluorescence si le jury veut en parler