

LP 12 : Sources de lumière

Element imposé : soleil, étoiles de Wolf-Rayet, LASER, lampe spectrale

Niveau : 1ère enseignement de spécialité (possible aussi en STL)

Pré-requis : - Spectre d'émission et d'absorption (2nd)

- Image et couleur (1^{ère} enseignement de spécialité)
- Les ondes électromagnétiques (2nd)
- Rayonnement solaire (1ère enseignement scientifique)

Biblio : - Dictionnaire de physique, Tillet

- Nathan 1ère enseignement scientifique
- Hatier 1ère enseignement de spécialité
- Hachette 1ère, enseignement de spécialité
- Microméga et Hachette 1èreS
- Hachette et Nathan TS, 2012

Intro péda :

Leçon niveau 1^{ère} enseignement de spécialité. Titre faisait référence à une partie entière abordée et traitée sous une dénomination très proche dans l'ancien programme.

Dans le nouveau programme, la lumière est abordée à travers sa dualité onde-particule, avec les notions de photon et de quantification d'énergie.

N'apparaissant pas dans le programme de l'enseignement de spécialité, la loi de Wien sera également abordée car c'est un outil de choix qui est abordée dans l'enseignement scientifique de première mais intéressant de revenir dessus ici.

Cette leçon permet de raccrocher les élèves à quelque chose qu'ils ont déjà vu, réexploiter les savoirs et notions qu'ils auront acquis et étudié en enseignement général.

-> apprentissage spiralaire, qui pourra donner lieu à une évaluation de type diagnostique très simple en début de chapitre.

En TD, analyse documentaire sur une source, et discuter de son comportement source chaude, source froide type étoile de Wolf Rayet

En Tp, obtenir expérimentalement un spectre à raie et l'interpréter.

Difficultés : - distinction entre une source chaude et une source froide (on essaiera de donner des définitions et différentes caractéristiques claires)

- dualité onde-corpuscule et la quantification des niveaux d'énergie (schéma pour l'expliquer)
- Conversion : °C → K ; eV → J (bien détailler calculs)

En TD, analyse documentaire sur une source, et discuter de son comportement source chaude, source froide.

En TP, obtenir expérimentalement un spectre à raie et l'interpréter

Introduction

Chapitre précédent : étude des couleurs du point de vue de l'observateur, mais la couleur d'un objet peut aussi être fonction de la lumière.

Quelles sources permettent de produire cette lumière?

La **lumière** (cf diapo) est une onde électromagnétique détectable par les yeux (donnant une sensation visuelle). Son domaine de longueurs d'onde dans le vide correspond à celui du visible, de 400 à 800 nm.

Dans ce cours on va se consacrer aux sources de lumière du visible, entre 400 et 800 nm.

différentes sortes de sources : naturelles (comme le soleil que vous connaissait bien déjà), développé par l'homme (ex. Thomas Edison, inventeur de l'ampoule en 1879).

Objectifs : - Différencier les sources de lumière et comprendre les phénomènes physiques qui permettent d'avoir de la lumière.

I) Sources chaudes

A) Spectre d'une source chaude

Dans le cours d'enseignement scientifique et comme vous avez pu le voir en 2nd, spectre d'une source chaude avec l'exemple du soleil (cf diapo) → corps chaud émet un rayonnement. Aujourd'hui on va s'intéresser à une autre source chaude : l'ampoule à incandescence = filament de tungsten chauffé à haute T → lumière.

Exp : Spectre d'une lampe à incandescence

Matériel : ampoule à incandescence, logiciel (Speed HR), spectrophotomètre

<http://coyote-physique.e-monsite.com/pages/1s/observer/sources-de-lumiere-1.html> spectre de la lampe

Caractéristiques du spectre : continue et polychromatique

Transition : Une source est caractérisée par un spectre, comme on a pu le voir, mais qu'est-ce qui fait qu'on la qualifie de chaude ? La température influence-t-elle sur l'émission ?

B) Influence de la température

Prenons un autre exemple, celui des étoiles.

Leur spectre est également continu, mais il diffère selon la température des étoiles (cf diapo)!

Et en 1896, Wien a remarqué que le maximum de longueur d'onde sur les spectres d'émission de corps chauds dépendaient de la température du corps chaud. Ainsi il a donné la loi (empirique à l'époque puis démontrée après) :

La loi de Wien:

$\lambda_m = \alpha / T$ avec λ_m en nm, α une constante de valeur 2.89×10^6 nm.K, et T en Kelvin, avec $T = \theta(^{\circ}\text{C}) + 273$

Rq : la longueur d'onde varie de manière inversement proportionnelle à la température, ainsi plus un corps est chaud, plus il émettra vers le bleu voir les UV

Exp . On reprend, le spectre obtenu pour la lumière incandescence, on peut obtenir le λ_m (obtenu un λ_m de environ 1000nm), soit une température de $T = \alpha / \lambda_m = 2890$ K, soit 2616°C .

=> Ainsi, selon la longueur d'onde maximale d'émission, la température du corps varie et pour les étoiles, on peut remonter à leur température en étudiant leur spectre d'émission.

Une source chaude est caractérisée par un spectre continu, et une longueur d'onde d'émission qui dépend de la température à laquelle est portée le corps.

Transition : on a vu que pour une source chaude on obtenait un spectre continu, cependant vous avez pu voir en seconde qu'il existait des spectres de raies. Comment expliquer ces sources ?

II) **Sources froides**

Pour comprendre les raies dans un spectre d'émission, il va falloir avoir une autre vision de la lumière qui sera un modèle plutôt corpusculaire (qui mènera à des quantas d'énergie) qu'ondulatoire (que vous avez vu jusqu'ici).

A) Modèle corpusculaire de la lumière

En 1901, le physicien allemand Max Planck postule que l'énergie est quantifiée,

En 1905, Albert Einstein développe l'idée de quantification de l'énergie lumineuse, introduite par Max Planck. Le quantum d'énergie est appelé photon.

Chaque photon transporte un quantum d'énergie proportionnel à la fréquence de la radiation considérée : $E = h\nu = hc/\lambda$
E en joules (J) $c = 3.00 \times 10^8$ m.s⁻¹, $h = 6,63 \times 10^{-34}$ J.s appelée la constante de Planck

Transition : Afin d'expliquer pleinement le principe d'émission un autre modèle est essentiel : la quantification des niveaux d'énergie

B) Quantification des niveaux d'énergie

Niels Bohr en 1913 postule que l'atome peut exister que dans des états d'énergies bien définis, caractérisés par des niveaux d'énergie.

On dit alors que les niveaux d'énergie d'un atome sont quantifiés

Afin de représenter ces niveaux d'énergie, on trace un diagramme d'énergie (au tableau)

Le niveau le plus bas est appelé l'**état fondamental** de l'atome.

Les niveaux d'énergie supérieurs sont appelés **états excités**

- Un atome peut absorber un photon si l'énergie du photon correspond à l'écart entre deux niveaux E_i et E_f . Cela se traduit par : $\Delta E = |E_f - E_i| = h\nu = hc/\lambda$
- Un atome dans un état excité peut restituer de l'énergie en émettant un photon d'énergie : $\Delta E = |E_f - E_i| = h\nu = hc/\lambda$

Ainsi on peut avoir une source lumineuse à partir d'atome, c'est ce que l'on appelle une lampe spectrale (application à la lampe à vapeur de mercure) .

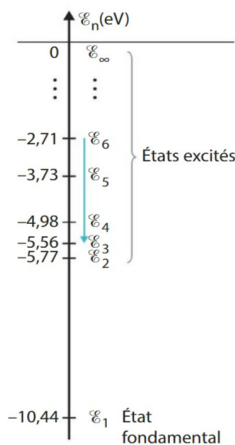
En effet, une lampe à vapeur atomique (ou lampe spectrale) est formée d'une ampoule contenant du gaz qui émet de la lumière lorsque les atomes qui le composent sont excités par une tension électrique

Exp : spectre de la lampe à mercure

http://www.ostralo.net/3_animations/animations_phys_optique.htm 'Spectre d'émission'

Sirius 1^{ère} enseignement scientifique

A Longueurs d'onde de quelques radiations émises par la lampe à vapeur de mercure					
Couleur	Violet	Bleu	Vert	Jaune/orange	Jaune/orange
λ (nm)	404,7	435,8	546,1	577,0	579,1



On va essayer de retrouver les transitions (cf diapo)

$$E_6 - E_2 = 6,63 \times 10^{-34} \cdot 3,00 \times 10^8 / (-2,71 \times 1,6 \times 10^{-19} - (-5,77 \times 1,6 \times 10^{-19})) = 406,2 \text{ nm}$$

$$E_6 - E_3 = 6,63 \times 10^{-34} \cdot 3,00 \times 10^8 / (-2,71 \times 1,6 \times 10^{-19} - (-5,56 \times 1,6 \times 10^{-19})) = 436,2 \text{ nm}$$

$$E_6 - E_4 = 6,63 \times 10^{-34} \cdot 3,00 \times 10^8 / (-2,71 \times 1,6 \times 10^{-19} - (-4,98 \times 1,6 \times 10^{-19})) = 547,6 \text{ nm}$$

$$E_5 - E_2 = 609,3 \text{ nm}$$

Source froide = source dont l'émission est due à la désexcitation des électrons. Le spectre observé est constitué de raies ou de bandes.

On peut citer quelques autres exemples de source froide : fluorescence et phosphorescence, LASER

(C) Autre exemple de source froide : le LASER) en fonction de l'élément imposé

LASER = Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation = amplification de lumière par émission stimulée de rayonnement → mécanisme d'émission stimulée (cf diapo + video : <https://toutestquantique.fr/laser/>) (postulée par Einstein en 1917) :

un photon incident d'énergie $E = h\nu$ peut forcer un atome, initialement dans l'état excité à passer à un état de plus basse énergie, ce passage s'accompagne de l'émission d'un second photon de même énergie, de mêmes direction et sens de propagation et de même phase que le photon incident.

Il faut que de nombreux atomes soient dans un état excités pour qu'il y ait émission de nombreux photons de même longueur d'onde → On veut avoir plus d'atomes à l'état excité qu'à l'état fondamental = on veut une inversion de population. Pour faire cela on réalise une opération appelée pompage optique (Schéma)

Il faut aussi une amplification : Les photons émis peuvent à leur tour stimuler d'autres émissions. Schéma Hachette.

Milieu placé entre deux miroirs. aller retour : Augmente nombre d'interaction. Ensemble = oscillateur laser → Amplification par effet laser.

Exp : spectre d'un laser

→ Cette fois ci on a une source monochromatique (cohérente et directionnelle → exp avec poussières de craie)

<http://coyote-physique.e-monsite.com/pages/1s/observer/sources-de-lumiere-1.html> spectre

Transition : l'étude de spectre nous permet donc de nous renseigner sur la nature de la source de lumière. On va donc à

présent s'intéresser au soleil/étoiles de Wolf Rayet.

III) Etude d'une source de lumière : le soleil

En enseignement scientifique, vous avez vu (ou vous allez voir) que soleil = source chaude. Pourtant quand on regarde le spectre, il n'est pas continue, il y a des raies noires (cf diapo)

Ces raies sont en fait du à l'absorption de l'atmosphère du soleil et comme pour les lampes spectrales, chaque élément a des raies caractéristiques donc on peut remonter à la composition du soleil grâce à ces raies (mais ce sera pour un prochain cours).

Mais comme on a une source chaude, on peut aussi remonter à sa température. En effet, on voit que le maximum d'émission est à 480 nm. En appliquant la loi de Wien, on trouve une température de 5750 °C.

III) Etude d'une source de lumière : les étoiles de Wolf-Rayet (cf diapo)

Les étoiles de Wolf-Rayet sont une catégorie d'étoile chaude, massive.

Les étoiles Wolf-Rayet sont des étoiles très chaudes ce qui entraîne la combustion en leur cœur l'hélium (puis celle du carbone, puis de l'oxygène etc.), et non plus celle de l'hydrogène (comme c'est le cas des étoiles en général comme le soleil).

Les étoiles de Wolf-Rayet montrent certaines caractéristiques spectrales précises dont la présence de raies d'émission principalement d'hélium, mais aussi d'azote, et parfois de carbone et d'oxygène.

Ainsi en fonction de la présence ou de l'absence de certaines raies on peut définir s'il s'agit d'une étoile de type Wolf-Rayet.

Par conséquent, on dira contrairement aux étoiles en générale, que les étoiles de Wolf-Rayet sont des sources froides.

Conclusion (cf diapo) :

Bilan.

Ouverture (selon ce qui est traité dans la leçon + étude des raies noires dans le spectre du soleil)

Rq : - max d'émission du soleil = 480 nm (c'est bleu et pas jaune mais on voit le soleil jaune à cause de la sensibilité de nos yeux et de l'absorption de notre atmosphère)

- Savoir comment fonctionne synth additive/soustractive ; sources primaires/secondaires
- cohérence
- autre biblio : Houard ?

Questions :

Type de combustion dans une étoile ? Etoile : fusion thermo nucléaire