

Sources de lumière colorée

Table des matières

1	Différentes sources de lumière	2
2	Sources monochromatiques ou polychromatiques	4
3	Lumière et ondes électromagnétiques	5
4	Couleur des corps chauffés, loi de Wien	5
4.1	Exemple d'utilisation de cette loi	6
5	Interaction lumière-matière et quantum d'énergie	6
6	Modèle corpusculaire de la lumière	7
7	Quantification des niveaux d'énergie de la matière	7
7.1	Exemple	7
8	Emission-absorption de rayonnement	7
8.1	Exemple	8
9	Aspect du spectre solaire	9

1 Différentes sources de lumière

Dans notre environnement existent plusieurs sources de lumière dont les caractéristiques sont différentes :

1. La première dont on peut parler est la lumière solaire, appelée "lumière blanche" du fait de sa composition : en effet, le spectre de la lumière blanche contient toutes les couleurs visibles, le mélange de ces couleurs donnant du blanc.



FIGURE 1 – Photographie du soleil et spectre de la lumière blanche

Remarques :

- Le soleil ne nous paraît pourtant pas blanc lorsqu'on le regarde mais plutôt jaune ... en effet, le bleu de la lumière blanche est diffusé dans le ciel, on voit donc le disque solaire de la couleur complémentaire du bleu : le jaune.
 - Nous verrons par la suite que le spectre du soleil n'est pas vraiment identique au spectre de la lumière blanche, mais comporte des raies noires.
2. Une deuxième source que l'on peut citer est la lampe à incandescence : un filament de tungstène très fin est parcouru par un courant qui l'échauffe jusqu'à l'incandescence ce qui provoque l'émission de lumière.
On peut remarquer que cette lumière est légèrement rougeâtre, ceci vient du profil spectral de cette source, qui montre qu'il y a davantage émission de radiations rouges que de radiations bleues.

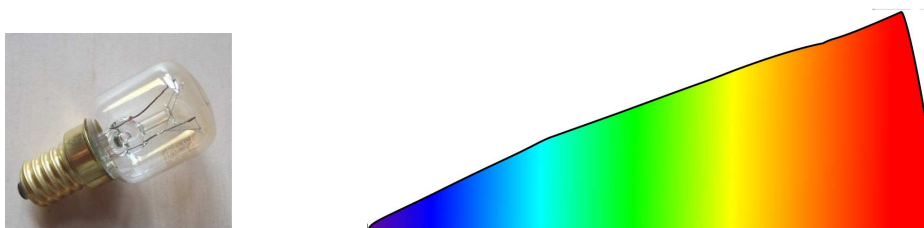


FIGURE 2 – Une lampe à incandescence et son profil spectral

3. Les lampes à économie d'énergie appelées lampes fluocompactes existent depuis quelques années et remplacent peu à peu les lampes à incandescence. Ces lampes fonctionnent sur le même principe que les tubes fluorescents :
 - Une forte décharge électrique ionise un gaz inerte qui se transforme en plasma (mélange haute température d'ions et d'électrons séparés).
 - Celui-ci, par transfert de chaleur, vaporise des atomes de mercure qui s'excitent grâce à la décharge électrique.

- En se désexcitant, les atomes de mercure émettent un rayonnement ultra-violet (UV) (Voir processus d'émission-absorption).
- Ce rayonnement vient exciter la substance fluorescente présente sur les parois du tube, c'est elle qui émet la lumière blanche.

La lumière émise par ces lampes fluocompactes paraît blanche pourtant son profil spectral montre qu'il y a des pics d'émission pour certaines radiations.

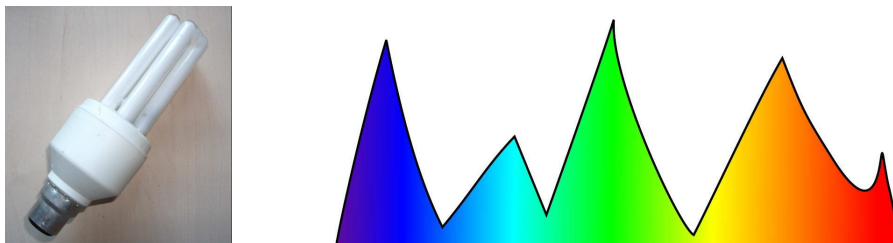


FIGURE 3 – Une lampe à incandescence et son profil spectral

Le mélange de ces radiations donne la sensation de blanc.

4. Les lampes à décharge sont les sources lumineuses que l'on trouve dans les éclairages publics qui fournissent une lumière orangée. Ces lampes sont des lampes à vapeur de sodium :

Le sodium gazeux, enfermé dans une ampoule, reçoit une forte décharge électrique créée par deux électrodes. Cette décharge excite les atomes de sodium qui en se désexcitant émettent la lumière orangée (Voir processus d'émission-absorption section 8 page 8) .

Les lampes à décharges émettent généralement plusieurs longueurs d'ondes, mais l'émission de la lampe au sodium est quasi monochromatique (son spectre présente un doublet de raies jaune-orangée très rapprochées).



FIGURE 4 – Une lampe à décharge à vapeur de sodium et son spectre d'émission

5. Les LED (Light Emitting Diode) ou DEL (Diode ElectroLuminescente) sont des petits composants électroniques qui émettent de la lumière en consommant peu d'énergie. Elles sont également intéressantes du fait de leur faible encombrement et de leurs couleurs variées. On les rencontre de plus en plus dans les dispositifs lumineux d'appoint (lampes torches ou baladeuses).

Les DEL émettent de la lumière grâce à l'utilisation d'un matériau semi-conducteur.

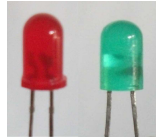


FIGURE 5 – Diodes électroluminescentes (DEL)

6. Les LASER (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation) sont des sources de lumières utilisées dans de nombreux domaines (lecture optique de CD-DVD, médecine, usinage), leur rayonnement monochromatique (une seule couleur, voir section 2 page 4) et leur cohérence (un faisceau laser "porte" très loin) sont les qualités recherchées.

Un LASER est un amplificateur de lumière qui fonctionne grâce aux phénomènes d'émission et d'absorption que nous verrons par la suite (section 8 page 8).



FIGURE 6 – LASER utilisé dans les lycées

2 Sources monochromatiques ou polychromatiques

Les sources de lumières évoquées précédemment peuvent être rangées en deux catégories :

- Une source monochromatique (d'une seule couleur) est caractérisée par une longueur d'onde dans le vide exprimée en mètre (ex : laser hélium-néon de couleur rouge : $\lambda = 633nm$).
La couleur est aussi appelée radiation monochromatique.
- Une source polychromatique est composée de plusieurs couleurs.

Voici le classement de quelques sources de lumières :

Sources monochromatiques	Sources polychromatiques
Lampe à décharge au sodium	Soleil
LASER	DEL
	Lampe à incandescence
	Lampe fluocompacte

TABLE 1 – Sources monochromatiques et polychromatiques

3 Lumière et ondes électromagnétiques

La lumière fait partie des ondes électromagnétiques, ces ondes rassemblent aussi bien la lumière que les ondes radios, les ondes wifi ou les rayons X.

Le domaine des ondes électromagnétiques s'étend sur un domaine très large de fréquence (ou de longueur d'onde), on retiendra ici trois domaines concernant la lumière :

- Domaine de la lumière visible (sous-entendu par l'oeil humain) :
400 nm (violet/bleu) < λ < 700 nm (rouge)
- Domaine des radiations ultraviolettes (UV) : $\lambda < 400$ nm
- Domaine des radiations infrarouges (IR) : $\lambda > 700$ nm

4 Couleur des corps chauffés, loi de Wien

- La loi de Wien s'applique à un corps théorique appelé corps noir : celui-ci à la propriété d'absorber tous les rayonnements qu'il reçoit, y compris la lumière, il apparaît donc "noir".
- Pourtant, lorsque ce corps est chauffé, il émet de la lumière dont le maximum d'intensité s'effectue à une longueur d'onde donnée.
- La loi de Wien (publiée à la fin du 19^e siècle par Wilhelm Wien) dit que la longueur d'onde de ce maximum d'émission est inversement proportionnelle à la température du corps noir.
Ainsi, mathématiquement cette loi s'écrit :

$$\lambda_{\max} \times T = \text{cte} = 2.898 \times 10^{-3} \quad (1)$$

où :

- λ_{\max} est la longueur d'onde correspondant au maximum d'émission exprimée en mètre (m).
- T la température à laquelle le corps noir est chauffé exprimée en kelvin (K).

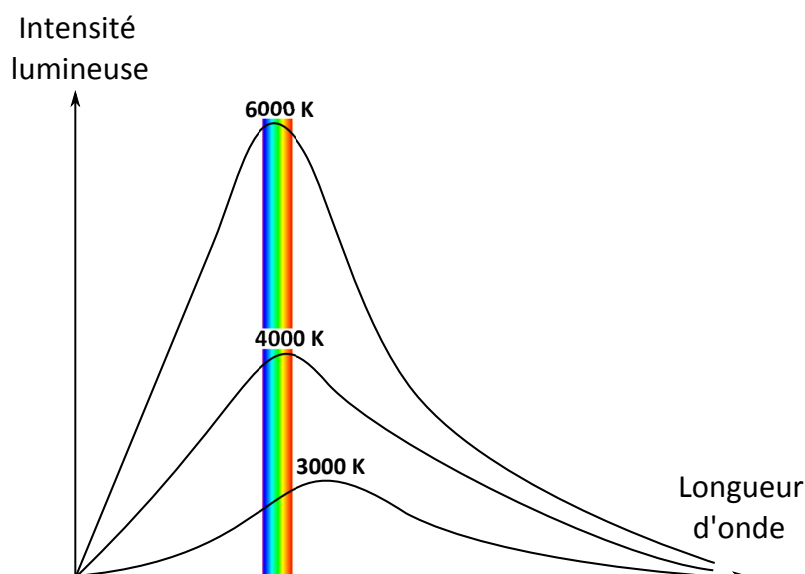


FIGURE 7 – Loi de Wien

Voici une forme graphique de la loi de Wien :

4.1 Exemple d'utilisation de cette loi

Soit un corps noir chauffé à 4578 K, quelle est la longueur d'onde à laquelle il émet le plus de rayonnement ? Quelle est la nature de ce rayonnement ?

Pour répondre à ces questions, on utilise la forme mathématique de la loi de Wien (1) afin de calculer la longueur d'onde du maximum d'émission :

$$\lambda_{\max} \times T = \text{cte} = 2.898 \times 10^{-3}$$

d'où :

$$\lambda_{\max} = \frac{2.898 \times 10^{-3}}{T} = \frac{2.898 \times 10^{-3}}{4578} = 6.33 \times 10^{-7} \text{ m} = 633 \text{ nm} \quad (2)$$

Ainsi, le maximum d'émission de ce corps correspond à de la lumière visible de couleur rouge (couleur du laser He-Ne).

5 Interaction lumière-matière et quantum d'énergie

Max Planck postule en 1900 qu'un rayonnement ne peut échanger avec la matière qu'une quantité d'énergie proportionnelle à une quantité appelée quantum d'énergie. Cette quantité s'écrit :

$$\Delta E = h \times \nu = \frac{h \times c}{\lambda} \quad (3)$$

où :

- ΔE est la quantité d'énergie exprimée en joule (J)
- ν est la fréquence du rayonnement exprimée en hertz (Hz)
- h est la constante de Planck exprimée en joule fois seconde ($J \times s$) :
 $h = 6.62 \times 10^{-34} \text{ J} \times \text{s}$.

- c est la célérité de la lumière dans le vide exprimée en mètre par seconde ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$) : $c = 3.00 \times 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.
- λ est la longueur d'onde du rayonnement exprimé en mètre (m)

6 Modèle corpusculaire de la lumière

- En 1905, Albert Einstein poursuit la pensée de Max Planck, et émet l'hypothèse que la lumière est à la fois une onde (électromagnétique) et un ensemble de particules qu'il nomme photons.
- Dans sa théorie, chaque photon porte alors le quantum d'énergie $\Delta E = h \times \nu$ introduit par Max Planck.
- Cette double nature de la lumière est appelée dualité onde-corpuscule.

7 Quantification des niveaux d'énergie de la matière

- De la même manière qu'un rayonnement contient des photons dont l'énergie est quantifiée, Niels Bohr postule en 1913 qu'un atome ne peut exister que dans des états d'énergie bien définis.
On dit que l'énergie des atomes est quantifiée.
- Lorsque l'atome est dans son niveau d'énergie le plus bas, on dit qu'il est à l'état fondamental, sinon, il est en un de ses états excités.

7.1 Exemple

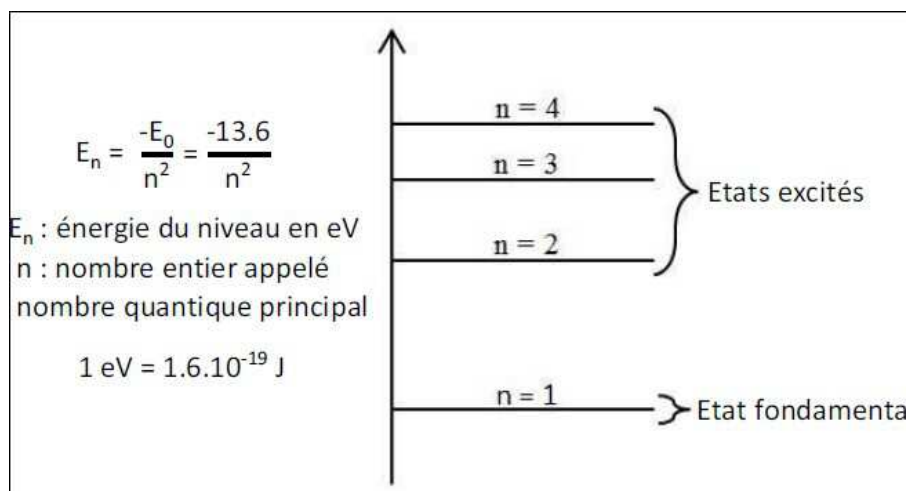


FIGURE 8 – Diagramme des niveaux d'énergie de l'atome d'hydrogène

8 Emission-absorption de rayonnement

Un atome n'est pas fixé dans un état d'énergie, il peut :

- Passer d'un état d'énergie E_2 à un état d'énergie E_1 ($E_2 > E_1$) : il y a alors émission de rayonnement. L'atome se désexcite.

- Passer d'un état d'énergie E_1 à un état d'énergie E_2 ($E_2 > E_1$) : il y a alors absorption de rayonnement. L'atome est excité.

Ces deux phénomènes permettent d'expliquer l'aspect des spectres de raies d'émission et d'absorption des atomes :

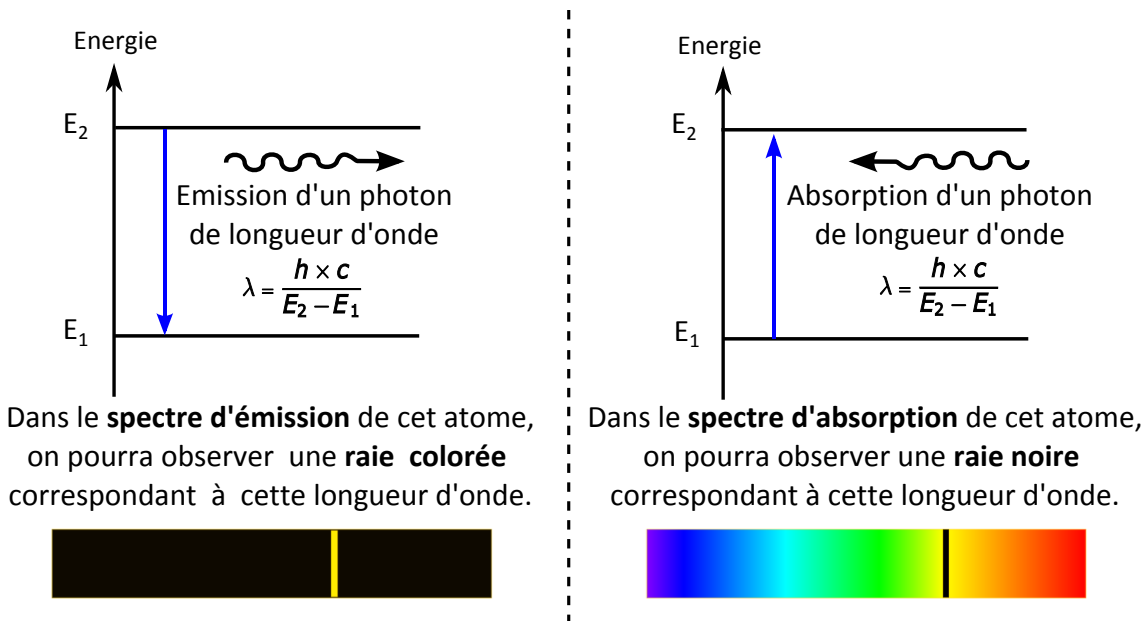


FIGURE 9 – Emission et absorption de rayonnement par un atome

La formule qui apparaît dans cette figure est identique à la formule donnant la valeur du quantum d'énergie (Equation (3)). Le ΔE représente la différence entre E_2 et E_1 qui s'exprime en joule (unité légale d'énergie).

8.1 Exemple

Soit un atome qui passe d'un niveau d'énergie $E = -2.6\text{eV}$ à un niveau $E' = -5.3\text{eV}$.

Absorbe-t-il ou émet-il un photon ?

Quelle est la longueur d'onde de ce photon ?

On a $E > E'$ donc l'atome se désexcite, il y a donc émission de photon.

Pour calculer la longueur d'onde du photon, on utilise toujours la relation (3), sans oublier de convertir les énergies en joule avant d'effectuer le calcul :

$$\lambda = \frac{h \times c}{E - E'} = \frac{6.62 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{(-2.6 - (-5.3)) \times 1.6 \times 10^{-19}} \quad (4)$$

$$= 4.60 \times 10^{-7} \text{ m} = 460 \text{ nm} \quad (5)$$

9 Aspect du spectre solaire

Lorsque nous avons évoqué la lumière solaire comme source de lumière colorée (section ?? page ??), nous avons précisé que le spectre solaire n'était pas identique au spectre de la lumière blanche :

En effet, la dispersion de la lumière solaire donne un spectre de raies d'absorption (raies noires sur fond coloré) :

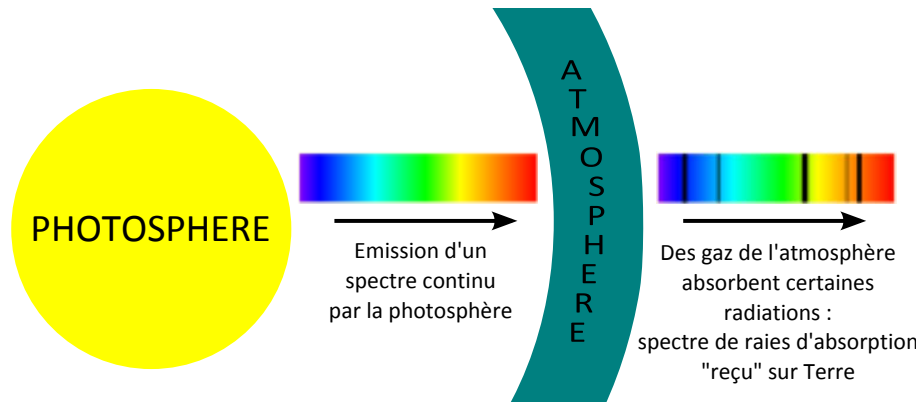


FIGURE 10 – Le spectre obtenu par décomposition de la lumière solaire est un spectre de raies d'absorption