

Sources de lumière colorée

" Que la lumière soif... Et la lumière but. "

André Beucler, poète, romancier et scénariste français du XX^e siècle

Prérequis :

- ✓ Le Soleil, les étoiles et les lampes sont des **sources primaires** de lumière.
- ✓ Les **ondes électromagnétiques** s'étendent sur une très large gamme de fréquences.
- ✓ Un **corps chaud** émet un rayonnement de spectre continu, dont les propriétés dépendent de la température.
- ✓ Chaque entité chimique possède un **spectre de raies d'émissions et d'absorption** spécifique.
- ✓ Le spectre du Soleil est constitué d'un fond continu d'émission présentant des raies d'absorption.

Objectifs :

- ✓ Distinguer une source polychromatique d'une source monochromatique caractérisée par une longueur d'onde dans le vide.
- ✓ Connaître les limites en longueur d'onde dans le vide du domaine visible et situer les rayonnements infrarouges et ultraviolets.
- ✓ Exploiter la loi de Wien (son expression étant donnée).
- ✓ Interpréter les échanges d'énergie entre lumière et matière à l'aide du modèle corpusculaire de la lumière.
- ✓ Connaître les relations de longueur d'onde et de variation d'énergie.
- ✓ Savoir exploiter un diagramme à niveaux d'énergie.
- ✓ Connaître l'origine du spectre solaire.

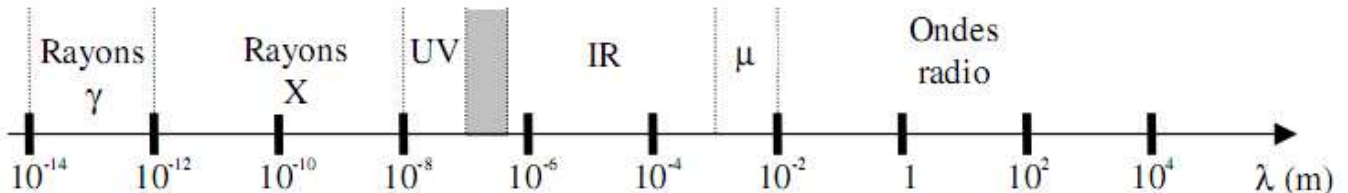
Les applications dans la vie de tous les jours :

- ✓ Les tubes à gaz permettent de réaliser des lampes originales pour les façades des magasins.

I – Sources lumineuses :1) Domaine des ondes électromagnétiques (rappel 2°) :

La lumière est une **onde électromagnétique (OEM)**, c'est-à-dire la combinaison d'une vibration électrique et d'une vibration magnétique.

On classe les OEM en différents domaines de longueur d'onde suivant la technologie nécessaire à leur production :



La lumière visible est le domaine auquel l'œil est sensible. Ce domaine (grisé ci-dessus) est compris entre 400 nm et 800 nm.

2) Différentes sources de lumière :

- ✓ **Le Soleil** : la lumière du Soleil est appelée « lumière blanche » car son spectre contient toutes les couleurs visibles, le mélange de ces couleurs donnant du blanc. Néanmoins, à cause de la diffusion du bleu dans le ciel, on voit le disque solaire de la couleur complémentaire du bleu : le jaune.



- ✓ **Les lampes à incandescences** : un filament de tungstène très fin est parcouru par un courant qui l'échauffe jusqu'à incandescence, ce qui provoque l'émission de lumière. La couleur est légèrement rougeâtre car son spectre montre qu'il y a davantage de radiations rouges que de radiations bleues.



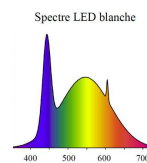
- ✓ **Les lampes fluocompactes** : ces lampes, qui remplacent peu à peu les lampes à incandescences, fonctionnent sur le même principe que les tubes fluorescents (une décharge électrique ionise un gaz inerte ; la désexcitation émet un rayonnement UV, qui va activer la substance fluorescente sur les parois du tube). La couleur paraît blanche malgré un profil spectral avec des pics d'émission pour certains radiations (d'où les économies d'énergie).



- ✓ **Les lampes à vapeur métallique** : on trouve ces lampes dans les éclairages publics qui fournissent une lumière orangée à cause du sodium utilisé. Le sodium est excité par une décharge électrique ; en se désexcitant, le sodium émet la lumière orangée. Les lampes émettent plusieurs radiations, sauf celle de la lampe au sodium dont la radiation est quasi-monochromatique (son spectre présente un doublet de raies jaune-orangée très rapprochées).



- ✓ **Les Diodes ElectroLuminescentes (DEL ou LED en anglais)** : ce sont de petits composants électroniques qui émettent de la lumière en consommant peu d'énergie grâce à des matériaux semi-conducteurs.

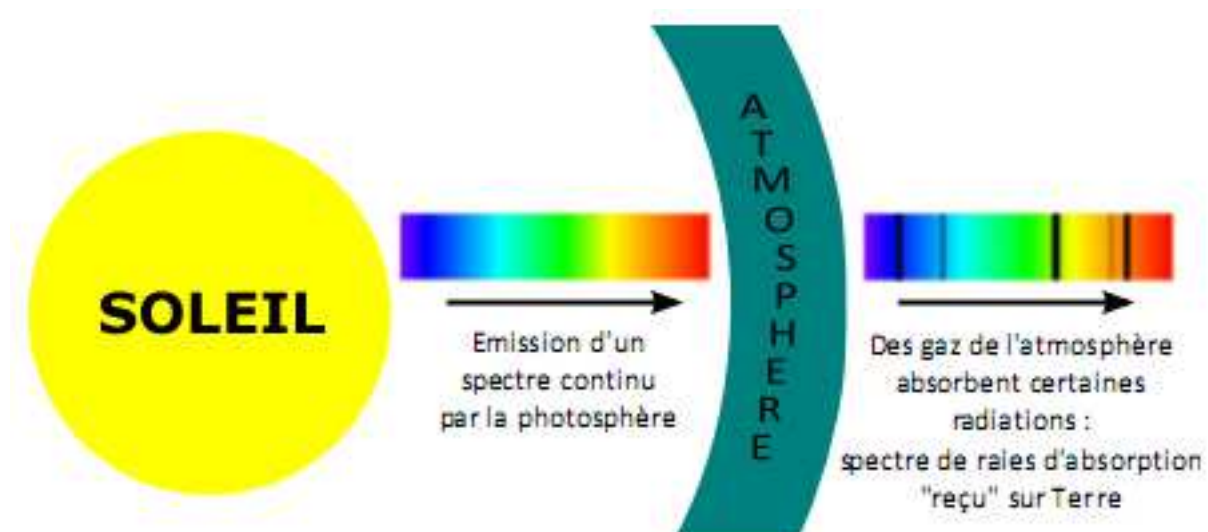


- ✓ **Les LASER** : c'est un amplificateur de lumière fonctionnant grâce aux phénomènes d'émission et d'absorption étudiés dans ce chapitre. La lumière émise est monochromatique et intense (elle porte donc très loin).



3) Le spectre solaire :

Dans la réalité, le spectre solaire n'est pas tout à fait identique au spectre de la lumière blanche. En effet, certaines radiations sont absorbées par les gaz présents dans la photosphère du Soleil et dans l'atmosphère terrestre.



II – Couleur des corps chauffés :

1) Longueur d’onde d’une onde électromagnétique lumineuse :

Une OEM est une vibration périodique caractérisée par sa période T (en secondes) et sa fréquence ν (nu en Hertz), reliée par :

$$T = \frac{1}{\nu}$$

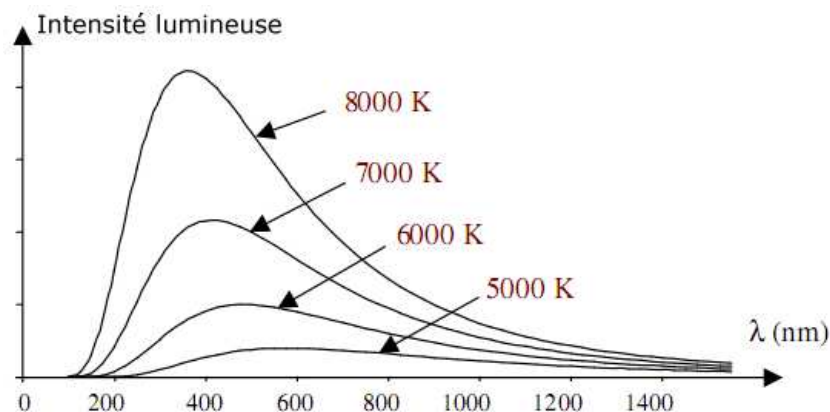
Cependant, une OEM peut également être caractérisée par sa longueur d’onde λ (lambda en m) : **longueur parcourue par l’onde pendant la durée d’une période T.**

$$\lambda = c \times T = \frac{c}{\nu} \text{ avec } c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

2) Influence de la température (rappel de 2°) :

La couleur de la lumière émise par un corps dense passe du rouge sombre au blanc brillant quand sa température augmente.

Le spectre continu observé s’enrichit progressivement vers le violet lorsque la température augmente.



3) Loi de Wien pour les corps noirs :

Un corps noir est un objet théorique qui a la propriété d’absorber tous les rayonnements reçus, y compris la lumière, il apparaît donc « noir ». Certaines étoiles ou fours ont un comportement qui se rapproche d’un tel objet.

Pourtant, lorsqu’un tel corps est chauffé, il émet un spectre de lumière continu, dont le maximum d’intensité s’effectue à une longueur d’onde donnée.

Enoncée en 1896 par le physicien allemand Wien, cette loi indique que la longueur d’onde du maximum d’émission est inversement proportionnelle à la température du corps noirs :

$$\lambda_{\max} = \frac{2,898 \times 10^{-3}}{T} = \frac{\text{constante}}{T} \text{ (non exigible)}$$

La constante $2,898 \times 10^3$ est en m.K.

T est la température en Kelvin (K), unité du système internationale.

La relation entre température T en Kelvin et température θ en degrés Celsius est : **T = θ + 273.**

III – La lumière, onde et corpuscule :

1) Modèle corpusculaire de la lumière, le photon :

Le **modèle ondulatoire** de la lumière (XIX^e siècle) est indispensable pour étudier la propagation de la lumière et certaines propriétés comme la couleur et la température.

En 1900, le physicien allemand Max Planck introduit dans ses calculs sur le rayonnement du corps noir l'idée d'une quantité d'énergie échange indivisible appelé quantum d'énergie :

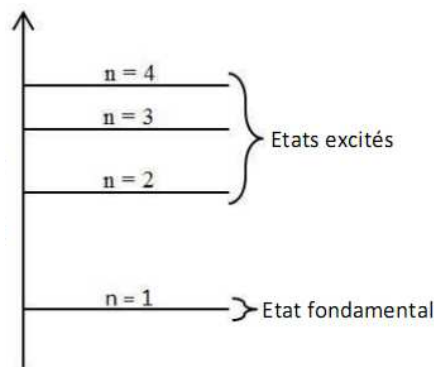
$$\Delta E = h\nu$$

avec la constante de Planck $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ J.s

En 1905, Albert Einstein franchit une nouvelle étape en affirmant que c'est la lumière elle-même qui est quantifiée. Il réintroduit le **modèle corpusculaire** (datant du XVII^e siècle) en indiquant que la lumière est un ensemble de « petits objets » appelés **photons**, de masse nulle, transportant chacun un quantum d'énergie $h\nu$ à une vitesse $c = 3,00 \cdot 10^8$ m.s⁻¹.

2) Niveau d'énergie d'un atome d'hydrogène :

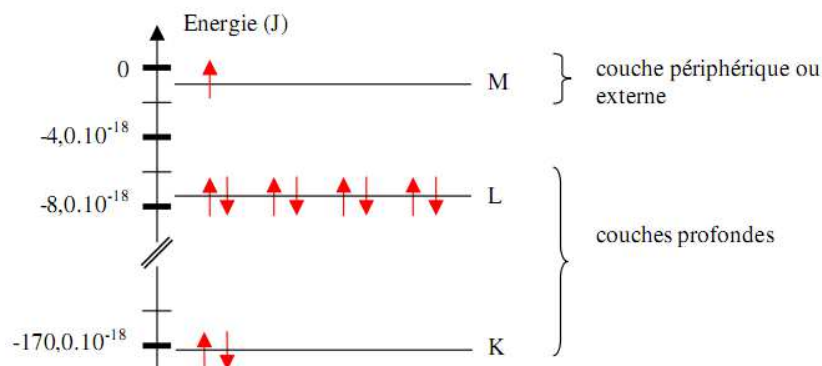
En 1913, le physicien danois Niels Bohr a l'idée qu'un atome ne peut exister que dans certains états d'énergie bien définis, caractérisés par un niveau d'énergie.



3) Quantification des niveaux d'énergie d'un atome quelconque :

Les électrons d'un atome sont répartis en couche. Le nombre d'électrons dans une couche est limité.

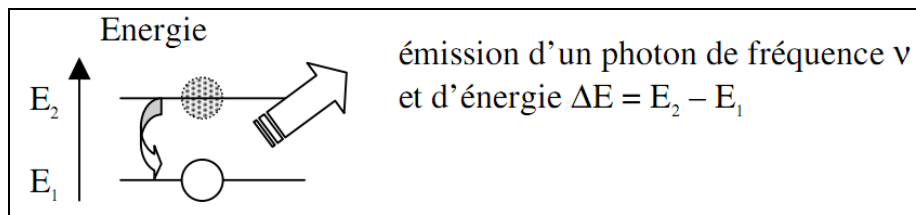
Exemple : l'atome de sodium (Na) possède 11 électrons répartis en (K)² (L)⁸ (M)⁸



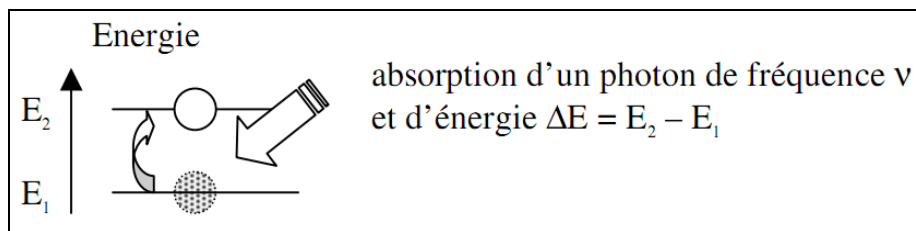
Par convention, un électron a une énergie de 0 J lorsqu'il n'est plus lié à l'atome (l'atome est donc « ionisé ») ; lorsque cet électron se rapproche du noyau, il « perd » de l'énergie, d'où une énergie négative.

4) Emission et absorption de rayonnement :

Un atome passera d'un état d'énergie E_2 à un état d'énergie E_1 ($E_2 > E_1$) : il y aura **émission** d'un photon d'énergie $\Delta E = E_2 - E_1$; l'atome se désexcite.



Un atome passera d'un état d'énergie E_1 à un état d'énergie E_2 ($E_2 > E_1$) : il y aura **absorption** d'un photon d'énergie $\Delta E = E_2 - E_1$; l'atome est excité.

Application :

Un atome passe d'un niveau d'énergie $E = -2,6 \text{ eV}$ à un niveau $E' = -5,3 \text{ eV}$.
(Rappel : 1 électron-Volt = $1,60 \cdot 10^{-19} \text{ J}$).

- 1) L'atome absorbe-t-il ou émet-il un photon ?
- 2) Quelle est la longueur d'onde de ce photon ?