



Chapitre 18 : La lumière : onde et particules.

Il existe deux manières de décrire la lumière :

- soit comme une **onde électromagnétique (aspect ondulatoire)**,
- soit comme un ensemble de **photons (aspect corpusculaire)**.

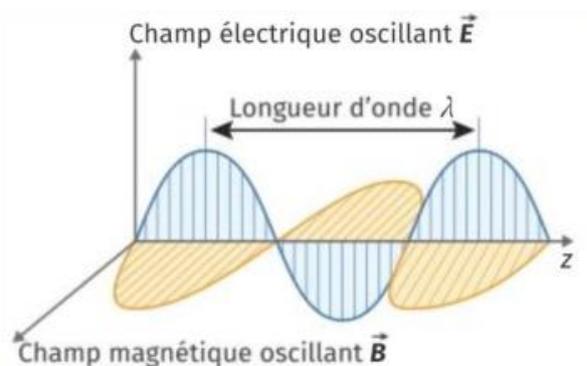
Ceci est une découverte qu'Einstein a faite en 1905.

I. Le modèle ondulatoire de la lumière.

1) Caractériser une onde électromagnétique.

Relation entre longueur d'onde, célérité de la lumière et fréquence

Représentation d'une onde électromagnétique :



Une onde électromagnétique (OEM) :

- est un phénomène vibratoire qui se propage dans le vide et de nombreux milieux (transparents ou non) ;
- est constituée d'un champ électrique et d'un champ magnétique oscillants, orthogonaux entre eux, et orthogonaux à la direction de propagation ;
- se propage dans le vide à la célérité $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

La lumière est une onde électromagnétique.

Sous son **aspect ondulatoire**, l'onde est caractérisée par une fréquence ν et on peut définir :

- une période temporelle T telle que :

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

T période temporelle (s)

ν fréquence (Hz)

- une période spatiale (longueur d'onde) λ .

$$\lambda = \frac{c}{\nu}$$

λ longueur d'onde (m)

ν fréquence (Hz)

c célérité (vitesse) de la lumière dans le vide ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)

$c = 3.0 \cdot 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$

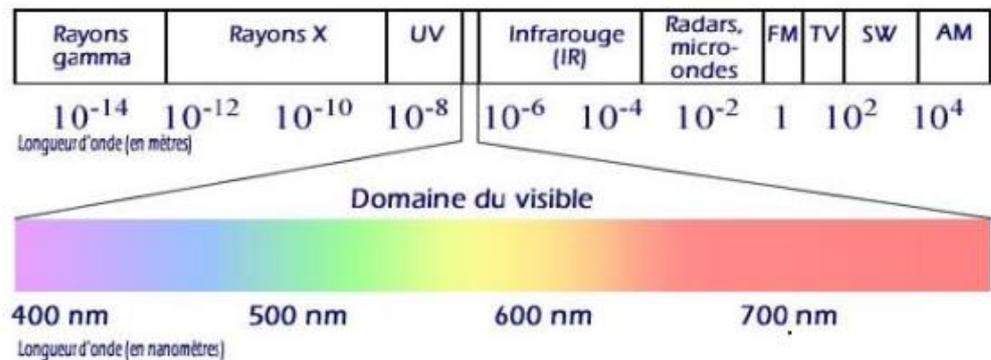
2) Domaines des ondes électromagnétiques.

- Utiliser une échelle de fréquences ou de longueurs d'onde pour identifier un domaine spectral.
- Citer l'ordre de grandeur des fréquences ou des longueurs d'onde des ondes électromagnétiques utilisées dans divers domaines d'application (imagerie médicale, optique visible, signaux wifi, micro-ondes, etc.).

Thème 4 : Ondes et signaux.

Les radiations visibles ont des longueurs d'onde comprises entre 400 et 800 nm.

Elles sont limitées par les UV ($\lambda < 400 \text{ nm}$) et par les IR ($\lambda > 800 \text{ nm}$).



II. Le modèle particulaire de la lumière.

1) Le photon.

- Utiliser l'expression donnant l'énergie d'un photon.

L'énergie de la lumière est transportée par des photons.

Un PHOTON est une particule de lumière.

Le photon est une particule de masse et de charge électrique nulles, qui se déplace, dans le vide, à la vitesse de la lumière. Sa célérité vaut $c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$.

Un photon transporte une énergie qui dépend de la fréquence de l'onde électromagnétique à laquelle il est associé.

Pour une radiation de longueur d'onde λ (en m) dans le vide et de fréquence ν (en Hz), chaque photon transporte un quantum d'énergie E :

$$E = h \cdot \nu = \frac{h \cdot c}{\lambda}$$

E énergie en Joule (J)
 h constante de Planck (J.s) $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J.s}$
 λ longueur d'onde (m)
 c célérité de la lumière dans le vide (m.s^{-1}) $c = 3,0 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$
 ν fréquence (Hz)

Vocabulaire

- Fréquence** : nombre de périodes ou de vibrations par seconde.
- Longueur d'onde** : distance λ parcourue par l'onde pendant la durée d'une période T .

2) Quantification des niveaux d'énergie d'un atome.

- Exploiter un diagramme de niveaux d'énergie en utilisant les relations $\lambda = c / f$ et $\Delta E = h \cdot f$.

Un atome ne peut exister que dans des états bien définis, chaque état étant caractérisé par un niveau d'énergie. **L'énergie d'un atome est quantifiée.**

Les électrons présents dans un atome, ou un ion, sont en mouvement autour du noyau. Ils décrivent des « trajectoires » appelées orbites. Un certain nombre d'orbites sont permises aux électrons d'un atome donné.

Un électron se trouvant sur une orbite donnée possède une certaine énergie. Plus cette orbite se trouve proche du noyau, plus cette énergie est faible.

L'énergie d'un atome ou d'un ion est la somme des énergies de chacun de ses électrons.

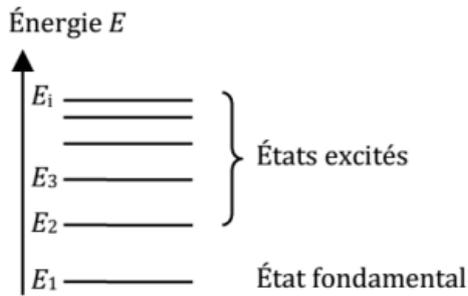
Thème 4 : Ondes et signaux.

Lorsque l'atome est à son niveau d'énergie le plus bas, on dit qu'il est dans son **état fondamental**.
Sinon, on dit qu'il est dans un **état excité**.

Un changement de niveau s'appelle une **transition**.

Sans apport d'énergie extérieure, les électrons vont occuper les orbites les plus proches possibles du noyau. On dit que l'atome se trouve dans son **état fondamental**. C'est un **état stable**.

Dans certaines conditions, un atome peut gagner de l'énergie et se retrouver dans un état **excité**. Les états excités sont des **états instables**. Ainsi, un atome ne peut exister que dans des états bien définis, chaque état étant caractérisé par un niveau d'énergie.



L'énergie d'un atome est quantifiée.

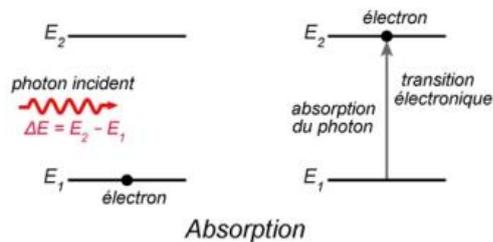
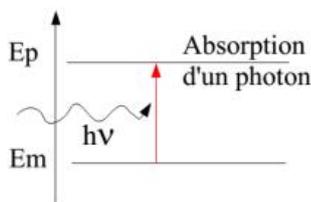
Lorsque l'atome est à son niveau d'énergie le plus bas, on dit qu'il est dans son **état fondamental**.

Sinon, on dit qu'il est dans un **état excité**. Un changement de niveau s'appelle une **transition**.

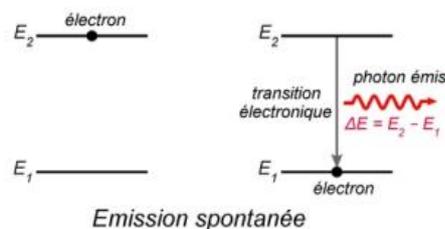
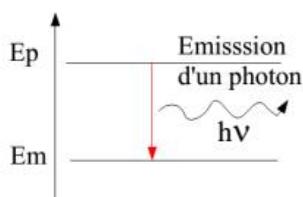
Vocabulaire

- **Transition** : passage d'un électron d'un niveau d'énergie à un autre. Elle est représentée par une flèche.
- **État fondamental** : état stable de plus faible énergie de l'atome.

3) Interaction lumière-matière.



Un atome peut absorber un photon (grain de lumière) si l'énergie du photon lui permet d'atteindre **exactement** l'énergie d'un autre état.



Au cours d'une transition d'un niveau à un niveau inférieur, l'énergie de l'atome **diminue de ΔE** .

L'atome émet alors un photon de même énergie.

Cela se traduit par l'émission d'une radiation de longueur d'onde dans le vide λ telle que :

$$\Delta E = h \cdot \nu = \frac{h \cdot c}{\lambda}$$

Éviter les erreurs ⚠

- ➔ Lors d'une transition, un photon ne peut être absorbé ou émis par l'atome que si : $E_{\text{photon}} = |\Delta E_{\text{atome}}|$.
- ➔ Une variation $\Delta E < 0$ correspond à l'émission d'un photon, $\Delta E > 0$ une absorption d'un photon.

Éviter les erreurs ⚠

- L'énergie d'un photon est toujours positive : $E_{\text{photon}} > 0$.
- L'unité légale de l'énergie est le joule. Cependant, les énergies échangées lors des interactions entre la lumière et la matière sont si faibles qu'on utilise le plus souvent l'électron-volt (eV) : $1 \text{ eV} = 1,60 \times 10^{-19} \text{ J}$.

L'ÉNERGIE en électron-volt (eV)

Les énergies impliquées dans les échanges atomes - photons sont tellement faibles qu'elles ne sont jamais données en joule, mais en eV.

$$1 \text{ eV} = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

Cependant, tous les calculs doivent être faits en exprimant les énergies en joules. Il faudra donc toujours penser à convertir les eV en joule.

4) Spectre d'une source et diagramme d'énergie.

- Obtenir le spectre d'une source spectrale et l'interpréter à partir du diagramme de niveaux d'énergie des entités qui la constituent.

Par définition, une lumière colorée monochromatique est appelée **radiation**.

Elle est caractérisée par sa **longueur d'onde dans le vide notée λ** (« lambda ») exprimée en mètre (m).

Une **lumière polychromatique** est constituée de **plusieurs lumières colorées monochromatiques**. Elle possède un spectre constitué de plusieurs raies. Chaque raie correspond à l'émission de photon de longueurs d'onde différentes (donc à des transitions de niveaux d'énergies différentes).

On dirige le faisceau de lumière vers un prisme. On obtient sa décomposition sur un écran.



La lumière produite par un laser est constituée d'une seule radiation (lumière monochromatique).



La lumière émise par la lampe de mercure est polychromatique : elle contient plusieurs radiations lumineuses.