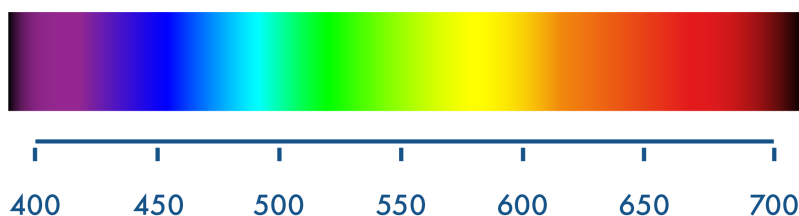


Objectifs

- 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.).
- Utiliser l'expression donnant l'énergie d'un photon.
- Exploiter un diagramme de niveaux d'énergie en utilisant les relations $\lambda = c/\nu$ et $\Delta E = h\nu$.

1. Source de lumière blanche

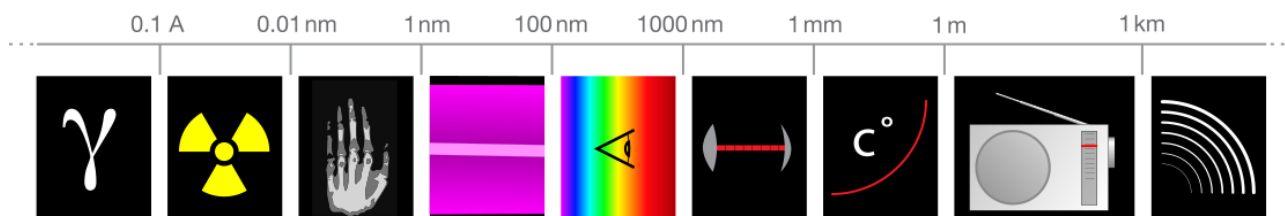
- La lumière blanche est la superposition d'une infinité de lumières colorées uniques. Chacune de ces lumières colorées, ou radiations, qui composent la lumière blanche, est caractérisée par sa fréquence ν , à laquelle correspond une longueur d'onde dans le vide λ qui s'exprime en nanomètre.



- Les longueurs d'onde constituant le spectre visible s'étalent de 400 nm (violet) à 700 nm (rouge)

2. Ondes électromagnétiques

- La lumière ne constitue pourtant qu'une faible portion des ondes électromagnétiques dont le spectre est le suivant :



- Comme pour toutes les ondes, les ondes électromagnétiques sont caractérisées par leur fréquence, que l'on note ν :

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

avec T période en seconde (s) ; ν en hertz (Hz)

- La vitesse de propagation de ces ondes électromagnétiques est c la célérité de la lumière :

$$\text{Dans le vide : } c = 3 \times 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$$

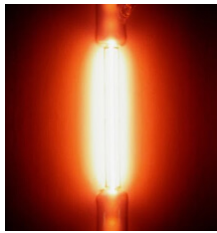
- La relation établie pour les ondes mécaniques progressives périodiques $c = \frac{\lambda}{T}$ devient alors $c = \lambda \times \nu$ si bien que ces ondes sont parfois abusivement caractérisées par leur longueur d'onde λ dans le vide :

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

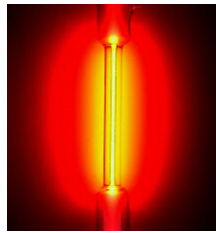
avec λ en mètre (m) ; $c = 3 \times 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$; ν en hertz (Hz)

3. Spectre de raies

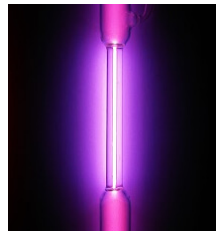
- Certaines sources primaires de lumière sont constituées d'une ampoule contenant un gaz dans laquelle ont lieu des décharges électriques (ou bien d'un gaz à haute température, sous faible pression) Ce sont des « lampes à vapeur de » sodium, d'hydrogène, de mercure, etc. ...



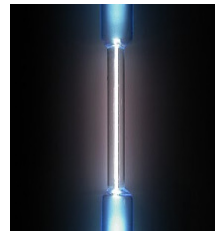
He



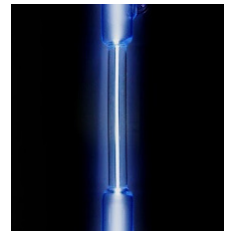
Ne



Ar

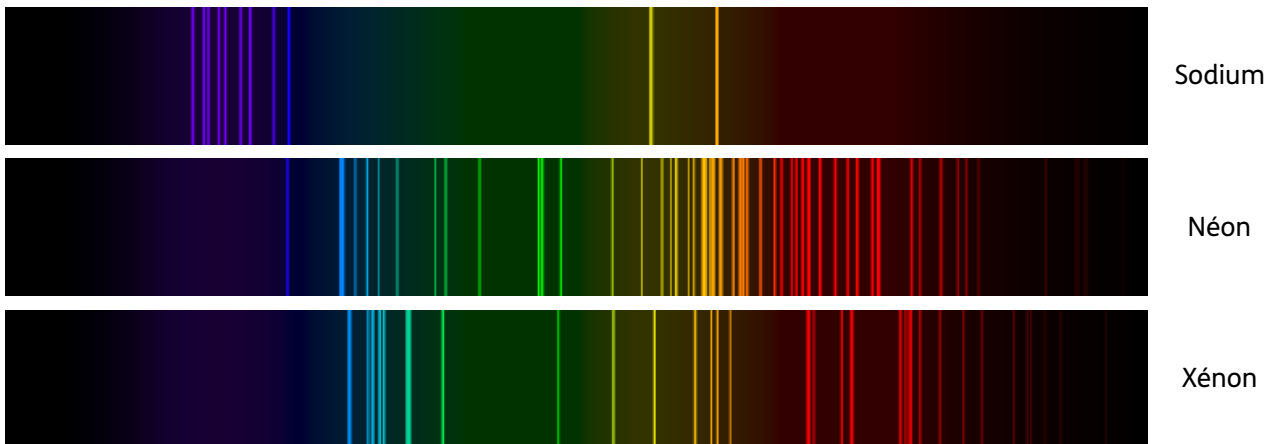


Kr



Xe

- Les spectres de telles lampes sont discontinus. Ils sont constitués d'une série de raies lumineuses de couleurs différentes, appelées raies d'émission.



- Comment expliquer ces spectres de raies, constitués de plusieurs radiations distinctes ?

4. Le modèle quantique

4.1. Le génie de Max Planck : les échanges d'énergie lumière - matière sont quantifiés

- Les échanges d'énergie entre une onde électromagnétique de fréquence ν – de la lumière pour les longueurs d'onde du domaine visible – et la matière, ne se font pas de manière continue : ils ne peuvent se faire que par paquets d'énergie de valeurs fixes, appelés quanta d'énergie. Les échanges sont quantifiés.

- L'énergie d'un quantum d'énergie vaut :

$$E = h \times \nu$$

avec E en joule (J) ; ν en hertz (Hz) ; et où h est la constante de Planck qui vaut : $h = 6,63 \times 10^{-34}$ J·s.

4.2. L'apport d'Albert Einstein : la lumière est quantifiée

- Pour expliquer l'effet photoélectrique, Albert Einstein redéfinit la nature de l'onde électromagnétique : il émet l'hypothèse que la lumière est constituée de particules qui se déplacent à la vitesse de la lumière, et transportent une énergie $h \times \nu$.

- La lumière est quantifiée sous forme de grains d'énergie appelé photons. Un photon constitutif d'une onde électromagnétique est une particule en mouvement, de masse nulle et neutre électriquement, dont l'énergie vaut : $E = h \times \nu$ soit $E = \frac{h \times c}{\lambda}$

4.3. Une nouvelle unité de l'énergie

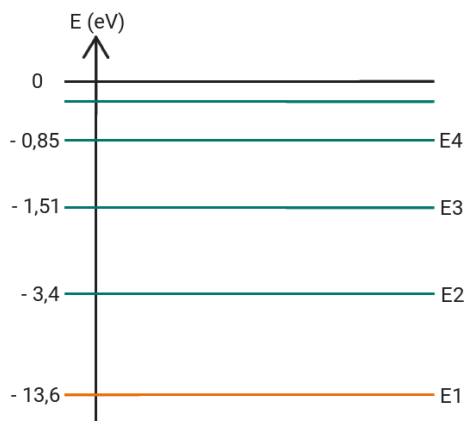
• L'unité de l'énergie dans le système international est le Joule (J) Cependant, les énergies mises en jeu dans le cadre de la physique des particules rendent cette unité inadaptée, car beaucoup trop grande.

↳ C'est pourquoi on effectue un changement d'échelle en exprimant les énergies des particules en « électron-volt » Il s'agit d'un multiple du joule qui vaut : $1 \text{ e}\cdot\text{V} = 1,60 \times 10^{-19} \text{ J}$.

4.4. L'apport de Niels Bohr : l'énergie des électrons de l'atome est quantifiée

• Les électrons du cortège électronique entourant le noyau de l'atome sont répartis sur des couches électroniques numérotées $n = 1, 2, 3, \text{etc.} \dots$ et nommées K, L, M, etc. ... Chacune de ces couches correspond à un niveau d'énergie qu'un électron peut occuper.

• Dans le cas de l'atome d'hydrogène, le diagramme d'énergie est le suivant :



↳ Lorsque l'électron se trouve à l'état fondamental, soit $n = 1$, son énergie est $E_1 = -13,6 \text{ e}\cdot\text{V}$.

↳ Lorsque l'atome d'hydrogène est « excité » son électron se trouve sur un niveau supérieur, par exemple sur $E_4 = -0,85 \text{ e}\cdot\text{V}$.

5. Interaction onde électromagnétique – matière

• Lorsque un atome excité retombe dans un état stable, il émet un photon d'énergie $E_{\text{photon}} = h \times \nu$ soit $E_{\text{photon}} = \frac{h \times c}{\lambda}$ qui correspond à la différence entre le niveau d'énergie initial et le niveau d'énergie final de l'électron.

Si la différence entre niveaux est notée $\Delta E = E_{\text{final}} - E_{\text{initial}}$, on peut écrire : $|\Delta E| = \frac{h \times c}{\lambda}$

• Cette transition est représentée par les diagrammes suivants :

