

I) MODELES DE LA LUMIERE

A) LA LUMIERE EST UNE ONDE ELECTROMAGNETIQUE PROGRESSIVE

Une onde électromagnétique (OEM) est une perturbation des propriétés électriques et magnétiques d'un milieu qui se propage.

On classe les ondes électromagnétiques en domaine selon ou leur **longueur d'onde** dans le vide notée λ (lambda).

Une onde électromagnétique périodique ou **radiation** est caractérisée par leur **fréquence** (liée à la **période temporelle T**) et par sa **période spatiale** ou **longueur d'onde λ** , et par sa célérité c :

Pour des raisons historiques la fréquence des OEM n'est pas noté **f** mais **ν** (nu)

La célérité dépend du milieu dans lequel elle se déplace :

$$c_{vide} = 3,00.108 \text{ m. s}^{-1}$$

$$c = \frac{c_{vide}}{n} \text{ où } n \text{ est l'indice de réfraction du milieu.}$$

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

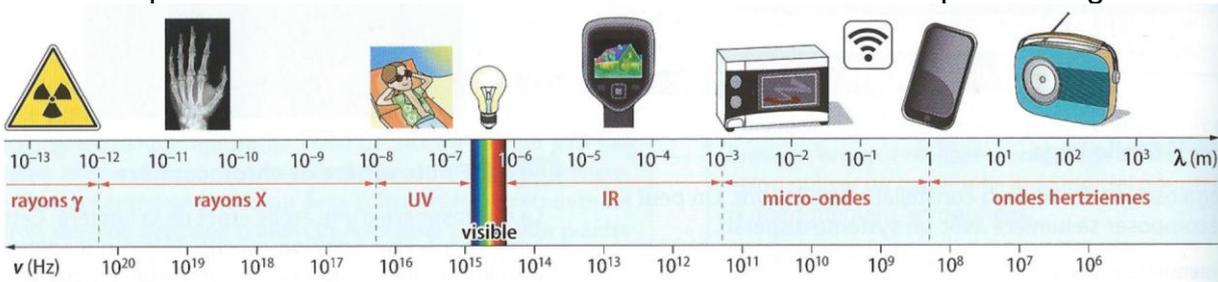
$$c = \frac{\lambda}{T} = \lambda * \nu$$

➤ Application : Le laser hélium – néon (He-Ne) émet une radiation de longueur d'onde dans le vide $\lambda=633 \text{ nm}$. Calculer la fréquence ν de cette radiation.

$\nu =$

Domaines des OEM

La lumière porte différent noms en fonction de son domaine de fréquence/longueur d'onde.



https://physique.ostralo.net/oem_frise/

Le domaine du visible caractérisé par des intervalles de **longueurs d'ondes comprises entre 400 nm et 800 nm**.

Il n'est pas inutile de connaître les sous domaines du visible associé à une couleur centrale :

Domaine de couleur	violet	bleu	vert	jaune	orange	rouge
λ en nm	400 – 424	424 – 491	491 – 575	575 – 585	585 – 647	647 – 800

Chap. 8

B) LA LUMIERE EST UNE PARTICULE

a. QUANTUM D'ENERGIE

Lorsqu'une vague frappe le rivage, elle emporte le sable quelle que soit sa longueur d'onde. La lumière a aussi la capacité d'arracher des électrons à la matière mais seulement si elle possède certaines valeurs énergies.

Ces valeurs de quantités d'énergie, appelés parfois « paquets d'énergie » ou **quantum d'énergie** dépendent de la nature de la matière. Si l'énergie portée par la lumière est différente de ces valeurs, la lumière n'interagit pas et traverse la matière.

b. LE PHOTON

Le modèle ondulatoire de la lumière ne permet pas d'expliquer toutes ses propriétés. Il est plus facile pour ce type de phénomène de modéliser la lumière par un flux de particules appelées **photons** et porteuses chacune d'un quantum d'énergie E .

C) DUALITE ONDE-PARTICULE

La lumière peut être décrite par deux modèles :

- un modèle **ondulatoire** où la lumière est une onde électromagnétique.
- un modèle **particulaire** où la lumière est constituée de particules appelées photons.

Les deux modèles coexistent : on parle de **dualité onde-particule**.

Lien entre les deux modèles :

Une OEM de fréquence ν ou de longueur d'onde dans le vide λ est un ensemble de photons transportant chacun l'énergie E telle que :

$$E = h * \nu$$

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

Cette constante est le premier pilier de la théorie quantique.

Le comportement de la lumière est expliqué selon les cas soit par le modèle ondulatoire, soit par le modèle particulaire. Les couleurs observées sur une bulle de savon s'expliquent avec le modèle ondulatoire de la lumière tandis que le fonctionnement des panneaux solaires s'explique mieux avec le modèle particulaire.

Remarque : Le joule est une unité trop grande pour les énergies du photon. On utilise souvent l'électronvolt de symbole eV et de valeur $1 eV = 1,60 \times 10^{-19} J$.

Application : Le laser He – Ne émet une radiation de longueur d'onde dans le vide $\lambda = 633 \text{ nm}$. Calculer l'énergie du photon de cette radiation en Joule puis en eV .

Chap. 8

II) INTERACTION LUMIERE-MATIERE

A) RAPPEL : STRUCTURE DE L'ATOME.

Les atomes possèdent un nombre différents d'électrons : en fait comme l'atome est neutre, ils en possèdent autant que de protons positifs dans le noyau, soit le nombre atomique Z . Ces électrons vont se répartir sur des couches numérotées de 1 à 7.

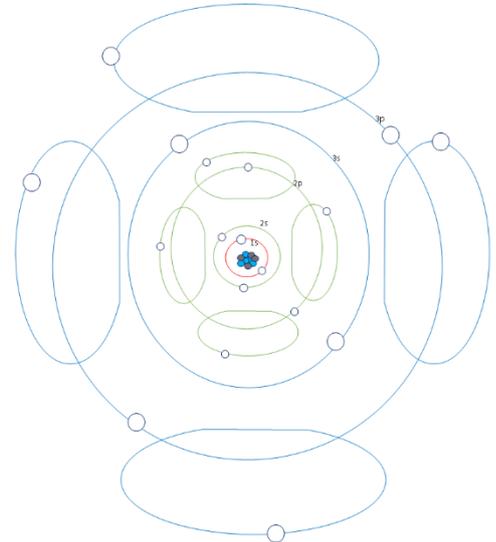
Chaque couche est constituée de sous-couches nommées s, p, d, f... accueillant un nombre maximal bien spécifique d'électrons.

B) QUANTIFICATION DES ENERGIES DE L'ATOME

Sur chaque couche, et pour chaque sous couche, **les électrons ont des valeurs d'énergies précises.** L'énergie de l'atome est la somme de toutes ces énergies.

a. Excitation de l'atome.

Sous l'effet d'un rayonnement ou d'une stimulation électrique précise, les électrons peuvent changer de couche donc faire changer la valeur de l'énergie de l'atome. Mais les valeurs doivent correspondre à une valeur d'énergie d'une couche électronique.



On dit que l'énergie de l'atome est quantifiée : elle ne peut prendre que certaines valeurs.

b. Diagramme d'énergie :

On peut représenter ces valeurs sur un **diagramme d'énergie**. Le niveau le plus bas est appelé **l'état fondamental** de l'atome.

C'est l'état dans lequel l'atome finit toujours par redescendre, comme une bille placée dans un bol creux.

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

Chaque atome a un diagramme d'énergie qui lui est propre.

Les atomes sont ainsi capables d'absorber ou d'émettre de la lumière sous forme d'un photon en modifiant leur niveau d'énergie.

<https://phyanim.sciences.univ-nantes.fr//Divers/divers/bohr1.php>

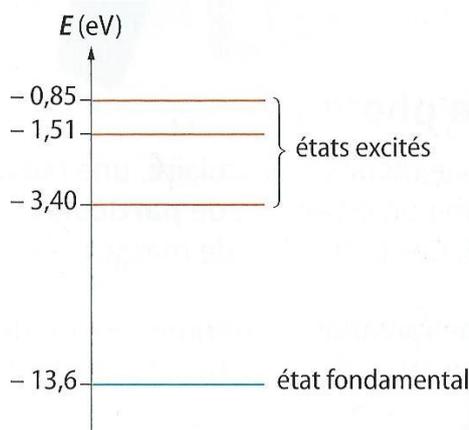


diagramme de l'atome d'hydrogène

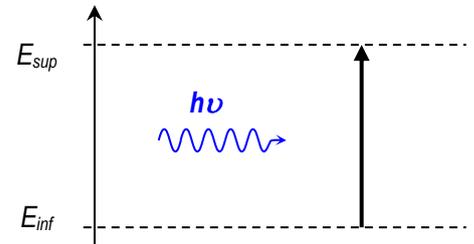
Chap. 8

C) ABSORPTION D'UN PHOTON

- ☑ Un atome qui se retrouve dans un état caractérisé par un niveau d'énergie inférieur E_{inf} peut absorber certains photons d'énergie E bien précise et passer dans un état d'énergie E_{sup} supérieure.
- ☑ Le passage d'un niveau à un autre s'appelle une **transition** et est représentée par une flèche verticale.
- ☑ L'énergie E de ce photon correspond à l'énergie gagnée par l'atome.

$$E = E_{sup} - E_{inf}$$

Ainsi, la longueur d'onde du photon absorbé est :



Comme tous les atomes possèdent des niveaux d'énergie bien définis, ils ne peuvent absorber que certains photons de longueur d'onde bien précise. Ceci conduit, dans le domaine du visible, à l'observation des raies noires dans le spectre de raies d'absorption.



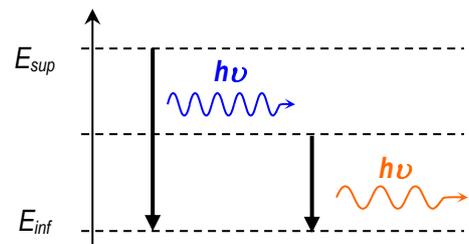
Spectre de raies d'absorption

D) EMISSION D'UN PHOTON

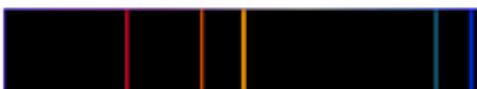
- ☑ Un atome qui se retrouve dans un état excité (par décharge électrique, absorption de lumière, chauffage,...) caractérisé par un niveau d'énergie E_{sup} retourne spontanément dans son état fondamental ou dans un état excité de moindre énergie E_{inf} en émettant un photon.
- ☑ L'énergie E de ce photon correspond à l'énergie perdue par l'atome.

$$E = E_{sup} - E_{inf}$$

Ainsi, la longueur d'onde du photon émis sera :



Comme tous les atomes possèdent des niveaux d'énergie bien définis, ils ne peuvent émettre que certains photons de longueur d'onde bien précise correspondant à une transition énergétique possible de l'atome. Ceci conduit, dans le domaine du visible, à l'observation des raies de couleurs dans le spectre de raies d'émission.



Spectre de raies d'émission

Chap. 8

Application :

1/ Un atome passe d'un niveau d'énergie de $-7,40 \text{ eV}$ à un niveau de $-4,20 \text{ eV}$. Représenter cette transition sur un diagramme énergétique.

2/ Ce photon est-il émis ou absorbé ? Justifier.

3/ Calculer la variation d'énergie E de cette transition.

4/ Calculer la longueur d'onde de ce photon. En déduire le domaine de ces OEM.