

OS4 : Modèles ondulatoire et particulaire de la lumière

1/ Le modèle ondulatoire de la lumière

a/ La lumière, une onde électromagnétique

.....

.....

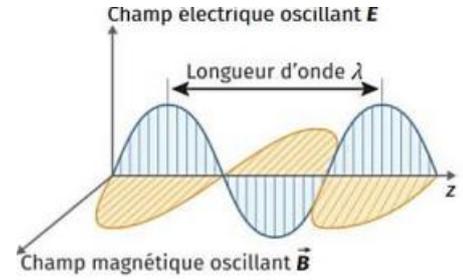
.....

.....

.....

.....

.....



La célérité (la vitesse de propagation) dans le vide des ondes électromagnétiques est

Une onde électromagnétique est caractérisée par

.....

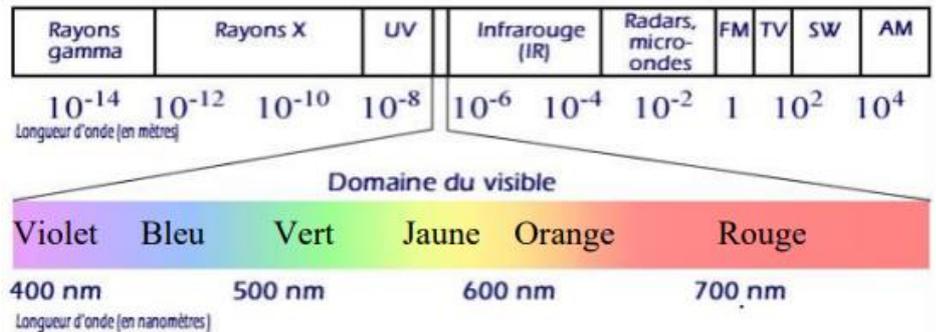
b/ Longueur d'onde d'une onde électromagnétique

.....

.....

.....

Selon leur longueur d'onde, les ondes électromagnétiques se répartissent en divers domaines, rassemblés sur le spectre électromagnétique.



L'œil humain n'est sensible qu'à des ondes électromagnétiques comprise entre 400 nm et 800 nm. Il s'agit du domaine visible des ondes électromagnétiques.

c/ Fréquence d'une onde électromagnétique

.....

.....

Il existe une relation entre la longueur d'onde et la fréquence pour les ondes électromagnétiques :

- | ν : fréquence de l'onde électromagnétique en hertz (Hz)
- | λ : longueur d'onde de l'onde électromagnétique en mètre (m)
- | c : célérité de la lumière : $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$

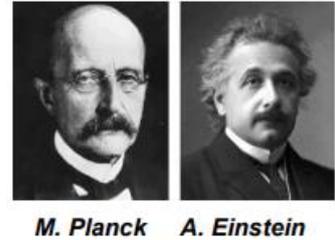
Remarques :

- plus la fréquence est élevée, plus la longueur d'onde est petite et réciproquement.
- La notation de la fréquence n'est pas « f ». Pour les ondes électromagnétiques, elle se note ν (« nu » dans l'alphabet grec)

2/ Le modèle particulaire de la lumière : le photon

Bien que le modèle ondulatoire de la lumière et les lois de l'électromagnétisme formulées par Maxwell expliquent de nombreuses observations expérimentales, elles ne permettent pas d'interpréter certains phénomènes comme l'effet photoélectrique.

- En 1900, Max Planck émet l'hypothèse que l'énergie ne peut s'échanger entre la matière et la lumière que par « paquet ». Ces échanges sont dits quantifiés. La notion de quantum était née (au pluriel : des quanta).
- En 1905, pour expliquer l'effet photoélectrique, Albert Einstein reprend les idées de Planck et associe cette idée de quantum à une structure particulaire de la lumière, le photon. Cette explication lui valut le prix Nobel de Physique en 1921.



.....

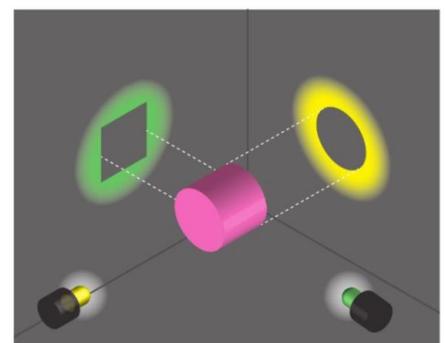
L'énergie E d'un photon est liée à la fréquence ν de l'onde électromagnétique ou à la longueur d'onde selon la relation :

- E : énergie du photon associé en Joule (J)
- h : constante de Planck : $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J.s}$
- ν : fréquence de l'onde électromagnétique en hertz (Hz)
- λ : longueur d'onde dans le vide de l'onde électromagnétique en mètre (m)
- c : vitesse de la lumière dans le vide : $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m / s}$

Le joule est une unité beaucoup trop grande pour les énergies concernant les photons. On utilise l'électron-volt de symbole eV. $1 \text{ eV} = 1,60 \times 10^{-19} \text{ J}$

Remarques:

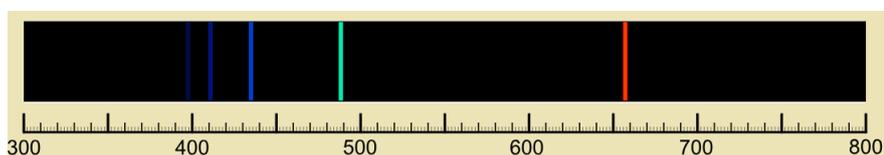
- La lumière présente simultanément un caractère ondulatoire (onde électromagnétique) et un caractère particulaire (composée de photons, particules d'énergie). On parle de la dualité onde-particule.
- Plus la longueur d'onde d'un photon est petite, plus sa fréquence est grande, plus son énergie est grande.



3/ Interaction entre la lumière et la matière

a/ Les niveaux d'énergie dans l'atome

En 1913, pour expliquer la présence des raies d'émission de l'atome d'hydrogène, Niels Bohr émet l'hypothèse qu'un même atome possède plusieurs niveaux d'énergie, liés aux différentes configurations électroniques qu'il peut adopter.



Par convention, les valeurs d'énergie sont négatives. Le diagramme de niveaux d'énergie est composé d'un axe vertical orienté vers le haut avec un trait pour chaque valeur d'énergie. Il est souvent gradué en électron-volt (eV).

- Le niveau de plus basse énergie est appelé
C'est un état stable. Il est souvent noté E_0 .
- Les niveaux d'énergie supérieurs sont qualifiés
- L'énergie la plus élevée possible est égale à 0 eV, elle correspond à un électron libéré. L'atome est alors transformé en ion : on parle d'.....

Ces diagrammes ont permis aux physiciens de comprendre les échanges d'énergie qui peuvent avoir lieu entre la lumière et la matière, à l'échelle de l'atome.

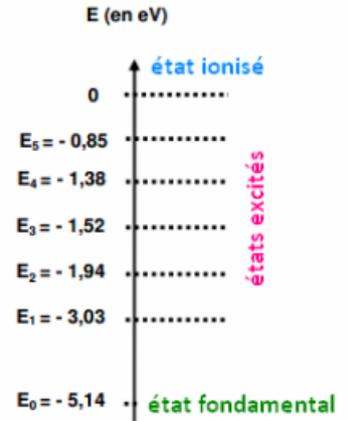
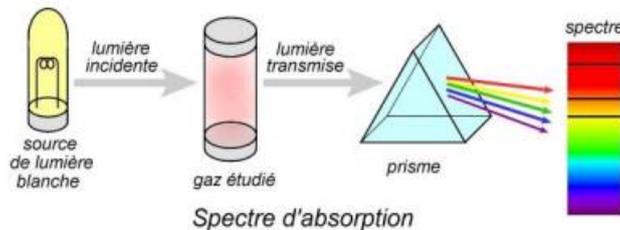


Diagramme des niveaux d'énergie de l'atome de sodium

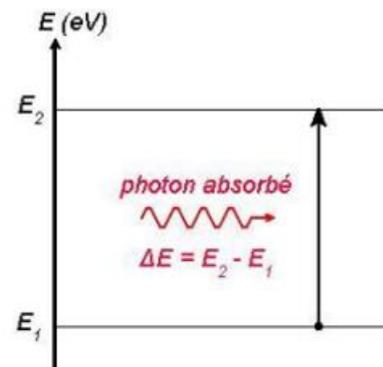
b/ Absorption de la lumière par un atome

Quand on éclaire un gaz atomique (constitué d'atomes identiques) avec de la lumière blanche, les atomes constituant le gaz absorbent certaines radiations.

Le spectre obtenu s'appelle Il contient le fond coloré de la lumière blanche et quelques raies noires correspondant aux longueurs d'onde absorbées.



Un atome, sur un niveau d'énergie fixé noté E_1 , peut gagner de l'énergie et passer sur un niveau d'énergie supérieur noté E_2 . On dit qu'il effectue une transition énergétique.



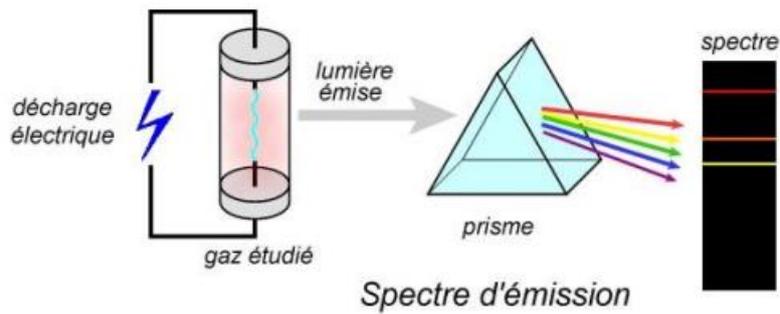
La longueur d'onde du photon absorbé vaut alors :

On représente cette transition énergétique par une flèche verticale vers le haut, qui va du niveau initial au niveau final. Comme l'atome possède des niveaux d'énergie bien définis, il ne peut absorber que certains photons de longueur d'onde bien précise. Ceci explique l'observation des raies noires dans le spectre de raies d'absorption.

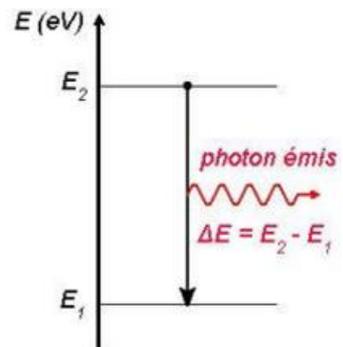
c/ Emission de la lumière par un atome

Une décharge électrique permet d'exciter un gaz atomique. Le spectre obtenu ne contient qu'un nombre limité de raies colorées sur un fond noir. Il s'agit du

Un atome peut se retrouver dans un état excité, noté E_2 , et peut perdre cette énergie excédentaire et redescendre sur un niveau de plus basse énergie, noté E_1 en émettant un photon.



.....



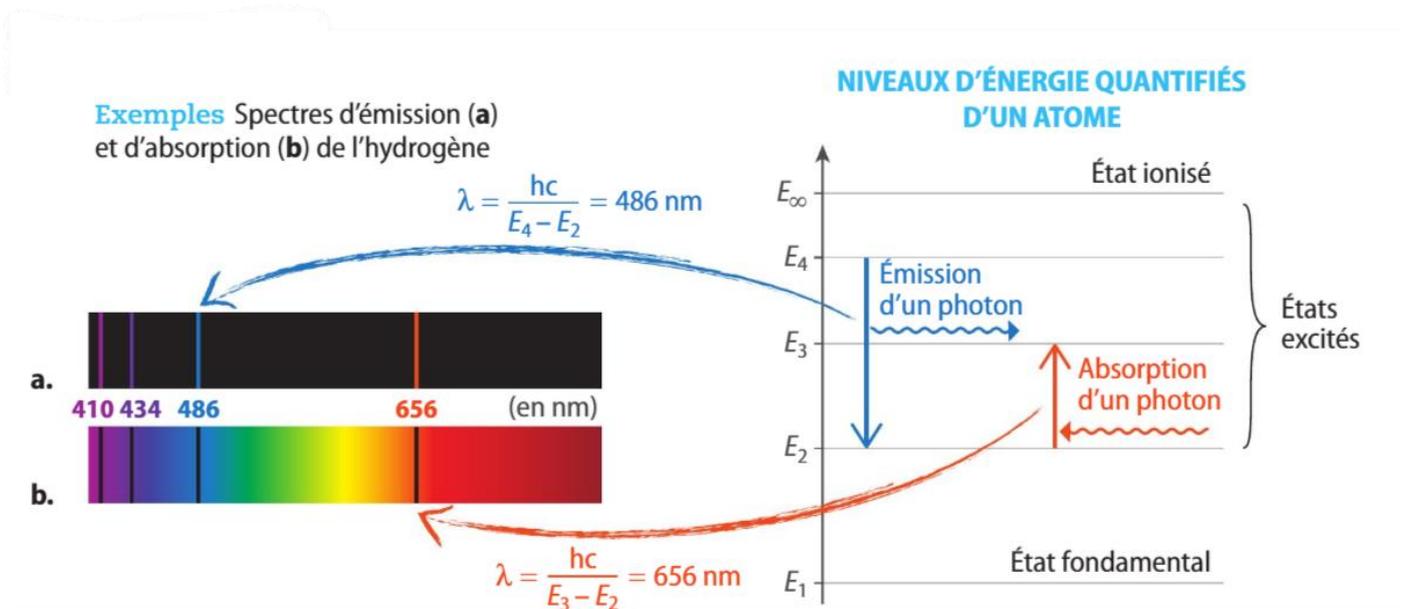
La longueur d'onde du photon absorbé vaut alors :

On représente cette transition énergétique par une flèche verticale vers le bas, qui va du niveau initial au niveau final. Comme l'atome possède des niveaux d'énergie bien définis, il ne peut émettre que certains photons de longueur d'onde bien précise correspondant à une transition énergétique possible. Ceci explique l'observation des raies de couleurs dans le spectre de raies d'émission.

.....

C'est pourquoi il est possible d'identifier un atome à partir de son spectre d'émission ou d'absorption.

Remarque : La longueur d'onde ainsi que les constantes c et h sont toujours positives. La différence d'énergie doit donc toujours être positive, que l'on étudie l'émission ou l'absorption d'un photon par un atome.



JE DOIS SAVOIR :



- 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 $\Delta E = h\nu$.
- Obtenir le spectre d'une source spectrale et l'interpréter à partir du diagramme de niveaux d'énergie des entités qui la constituent.