



1. Deux natures pour la lumière

1.1. La lumière est une onde

L'aspect ondulatoire de la lumière est mis en évidence par les phénomènes de diffraction et d'interférences (voir chapitres I-10 et I-11).

- ✓ Traité de la lumière par Christian Huygens (1629-1695)
- ✓ Théorie de la propagation des ondes électromagnétiques (OEM) par Clerk Maxwell (1831-1879) : la lumière est un cas particulier d'OEM de longueurs d'onde comprises entre 380 et 780 nm.

1.2. Aspect corpusculaire ou particulaire de la lumière

- ✓ Pour Newton (1643-1727) la lumière est composée de petites particules massiques et rapides.
- ✓ En 1887, Heinrich Hertz découvre l'**effet photoélectrique** : émission d'électrons par un métal sous l'action de radiation lumineuse. Seules les faibles longueurs d'ondes provoquent cet effet : l'effet de seuil ne peut pas être interprété par l'aspect ondulatoire de la lumière :

Vidéo : http://bertrand.kieffer.pagesperso-orange.fr/Videos/Effet_photoelectrique.htm

- ✓ En 1900, **théorie des quanta** de Max Planck (1858-1947) : $E = h\nu$ est l'énergie d'un photon qui fait le lien entre l'aspect particulaire et ondulatoire de la lumière ; E est quantifiée : aspect particulaire – ν : aspect ondulatoire. Un photon d'énergie E est associé à une longueur d'onde λ par $E = h.c/\lambda$

Remarque : de plus, la théorie du corps noir (modèle utilisé pour le rayonnement des corps chauds) pose un problème pour les courtes longueurs d'ondes (bleu, violet et UV)

- ✓ En 1905, Einstein postule que l'énergie de la lumière est transportée par des grains d'énergie et rejoint la théorie de Planck : le photon est une particule de masse nulle dont l'énergie est $E = h\nu$.
- ✓ En 1923, découverte de l'**effet Compton** : le phénomène s'interprète comme un choc de particule avec transfert d'une partie de l'énergie du photon incident à l'électron et conservation de l'énergie et de la quantité de mouvement :

http://www.laradioactivite.com/site/pages/Effet_Compton.htm

animation : <http://ressources.univ-lemans.fr/AccesLibre/UM/Pedago/physique/02/divers/compton.html>

- **Voir le document de l'activité 1 p400**

application : exercices n°17 et 25 p412...

2. Onde de matière

2.1. Longueur d'onde et particule matérielle

- ✓ En 1923, De Broglie généralise la dualité onde-particule à toutes les particules matérielles : il associe une "**onde de matière**" de longueur d'onde λ à une particule matérielle de quantité de mouvement \vec{p} telle que :

$$\lambda = \frac{h}{p} \quad \text{ou encore} \quad p = \frac{h}{\lambda} = \frac{h \cdot \nu}{c}$$

2.2. Vérifications expérimentales

- **Voir le document de l'activité 2 p401**

Les phénomènes de diffraction observés avec des particules matérielles en prouvent le comportement ondulatoire.

Ce comportement ondulatoire s'observe pour des obstacles dont la dimension est de l'ordre de la longueur d'onde de matière : $\lambda \approx a$.

Remarque : La valeur de h étant très petite, le comportement ondulatoire (diffraction) est indétectable pour un objet du quotidien.

2.3. Le microscope électronique

Le pouvoir de résolution d'un appareil optique est limité par le phénomène de diffraction de la lumière. Le microscope électronique est une application des ondes de matières : il utilise un faisceau d'électron dont la longueur d'onde λ est très inférieure à celles du visible. On peut ainsi obtenir une résolution pour des ordres de grandeurs atomiques.

application : exercices n°4*, 8*, 28 p408...

3. Dualité Onde – Particule

Expérience des fentes d'Young avec des objets quantiques : <http://www.toutestquantique.fr/#dualite>

Les phénomènes quantiques, observés avec des objets microscopiques, présentent un aspect probabiliste : lors d'une expérience d'interférence, l'impact d'un photon sur l'écran ne peut être prévu par un observateur mais la figure d'interférence apparaît avec un grand nombre de photons, respectant ainsi une loi de probabilité.

L'objet quantique se comporte tantôt comme une particule tantôt comme une onde : ce sont les conditions de l'expérience qui orientent son comportement.

application : exercice n°10 p409*

4. Principe de fonctionnement et propriétés du LASER (Voir TPII-14 Albert Game)

On peut retenir qu'un laser émet un faisceau de **lumière cohérente, monochromatique et unidirectionnel** d'où une **concentration spatiale de l'énergie**.

On obtient une **concentration temporelle de l'énergie avec le laser à impulsions** grâce à des émissions de courte durée.

application : exercices n°4, 7*et 9* p392...*

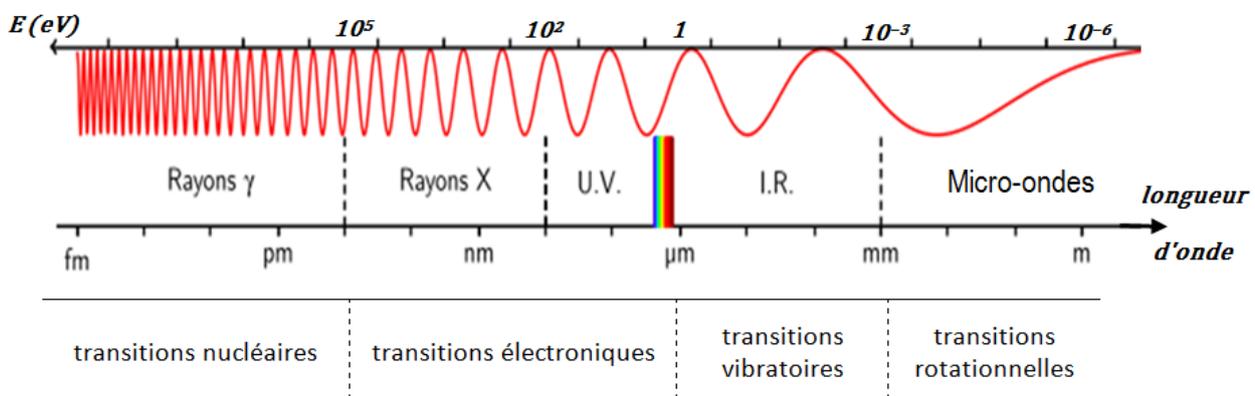
5. Transitions quantiques (voir §3 p390)

Tout système microscopique (atomes, molécules ou ions, noyaux...) a une énergie quantifiée. L'ordre de grandeur de la variation d'énergie correspondant à une transition diffère et les photons échangés ont alors une longueur d'onde correspondant à différentes parties du spectre électromagnétique

Il existe trois grands types de niveau d'énergie microscopique :

- ✓ **les niveaux d'énergie électroniques** : pour les atomes non liés avec d'autres atomes, on observe des photons émis ou absorbés dans le domaine **UV** ($0,1 \text{ nm} < \lambda < 40 \text{ nm}$) ou **visible** ($400 \text{ nm} < \lambda < 800 \text{ nm}$).
- ✓ **les niveaux d'énergie nucléaire** correspondant aux différents niveaux d'énergie du noyau : 10^2 à 10^3 kiloelectronvolt d'où des rayonnements γ
- ✓ **les niveaux d'énergie au sein d'une molécule** peuvent être d'origines différentes :
 - **l'énergie électronique** : comme pour les transitions électroniques des atomes, les rayonnements émis se trouvent dans le domaine du visible et des UV (application : spectro UV-visible).
 - **l'énergie rotationnelle de la molécule** de l'ordre de 0,1 eV : rayonnement dans l'IR lointain
 - **l'énergie de vibration** de l'ordre de 10^{-3} eV : rayonnement IR (application : spectro IR).

Par exemple, les LASER à CO_2 émettent dans l'infrarouge.



application : exercices n°8, 14 et 17 p393...*