

Transfert quantique et dualité onde corpuscule.

I. Dualité onde-corpuscule

Activité dualité onde corpuscule

A. La lumière

La lumière est à la fois une onde (propriété observée grâce à la diffraction) et son énergie est transportée par grain : les photons (propriété observée grâce à l'effet photoélectrique)

L'énergie de la lumière est transportée par des **photons** qui présentent un **aspect particulaire** et **ondulatoire**.

Le photon est un quantum d'énergie ayant :

- une masse nulle
- une charge nulle
- une vitesse égale à c dans le vide

L'énergie E d'un photon est donnée par la relation :

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

$$h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$$

B. La matière

Les électrons, et autres « particules » quantiques, ne sont en réalité ni des ondes, ni des particules, mais quelque chose qui **se comporte soit comme l'un, soit comme l'autre**. Leurs attributs classiques (trajectoire, vitesse, localisation) n'apparaissent qu'en fonction du dispositif expérimental.

Relation de De Broglie : A toute particule de masse m , de vitesse v et de quantité de mouvement $p = m \cdot v$ est associée une onde de longueur d'onde λ telle que :

$$p = \frac{h}{\lambda}$$

En physique quantique on peut définir des **probabilités de présence** des particules en un endroit donné, plus grande à certains endroits qu'à d'autres, d'où les franges observées sur les patrons.

II. Transferts quantiques d'énergie

A. Transition d'énergie

En 1913, **Niels Bohr** introduit l'idée qu'un atome ne peut exister que dans certains états d'énergie bien définis, caractérisés par un **niveau d'énergie**. Dans son **état fondamental** l'atome est dans son état d'énergie le plus bas. Les autres états sont dits **états excités**.

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

Absorption de la lumière :

Un atome qui se retrouve dans un état caractérisé par un niveau d'énergie E_{inf} peut absorber certains photons d'énergie E bien précise et passer dans un état d'énergie E_{sup} supérieure.

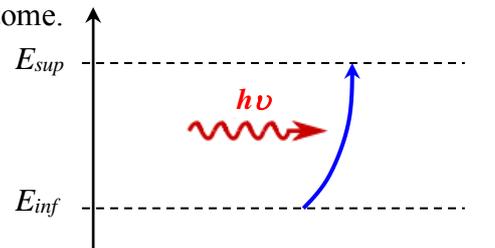
L'énergie E de ce photon correspond à l'énergie gagnée par l'atome.

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

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

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

$$\lambda = \frac{h \cdot c}{E} = \frac{h \cdot c}{E_{sup} - E_{inf}}$$



Spectre de raies d'absorption

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.

Emission de la lumière :

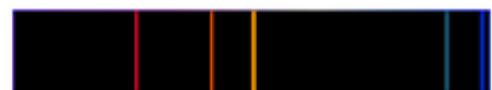
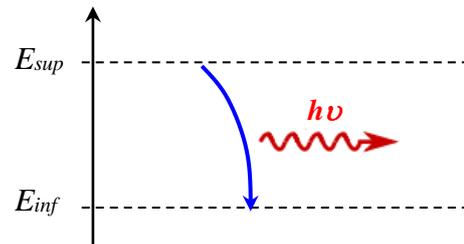
Un atome qui se retrouve dans un état excité (par décharge électrique, absorption de lumière, chauffage,...) caractérisé par un niveau d'énergie E_{sup} retourne spontanément dans son état fondamentale ou dans un état excité de moindre énergie E_{inf} en émettant un photon.

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 :

$$\lambda = \frac{h \cdot c}{E} = \frac{h \cdot c}{E_{sup} - E_{inf}}$$



Spectre de raies d'émission

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.

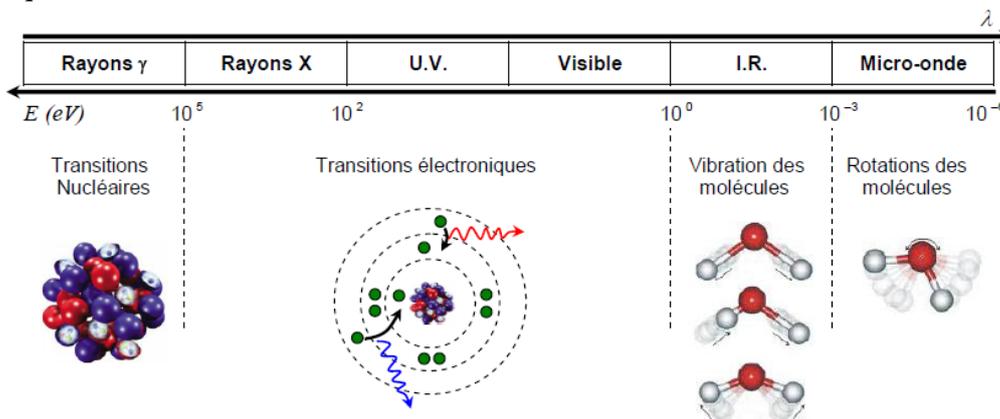
B. Domaines spectraux

Il existe différents types de transitions énergétiques dans la matière conduisant à des gammes d'énergies émises ou absorbées très différentes.

Exemples :

- Les rayonnements les plus énergétiques sont générés par des transitions nucléaires au sein du noyau de l'atome, là où l'interaction nucléaire forte prédomine.
- Les rayonnements du domaine du visible sont produits par des transitions énergétiques mettant en jeu les électrons autour du noyau de l'atome.

- L'interaction lumière-matière se produit donc dans des domaines énergétiques variés, et donc à des fréquences variées.



Exercice 15p391

III. La lumière laser

<http://clemspreims.free.fr/Simulation/laser.swf>

Activité : Le laser

Le LASER est l'abréviation de Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation : Amplification de la lumière par émission stimulée de rayonnement.

Les Propriétés du laser

La couleur d'un laser est celle qui correspond à la fréquence des photons émis lors de la désexcitation stimulée des atomes de la cavité optique. Cette fréquence étant unique :

- **un faisceau laser est donc monochromatique.**

Du fait de l'émission stimulée, ces photons sont aussi en phase, donc :

- **un laser produit un faisceau lumineux cohérent.**

Dans la cavité optique, toute la lumière va dans une seule direction, bien perpendiculaire aux miroirs. A l'inverse d'une ampoule, qui éclaire un peu partout (faisceau divergeant),

- **le laser produit un faisceau très directif.**

La lumière étant très amplifiée,

- **la puissance lumineuse d'un laser est concentrée sur une petite surface, même à grande distance de la source.**

Exercices 18p392 ; 29p396