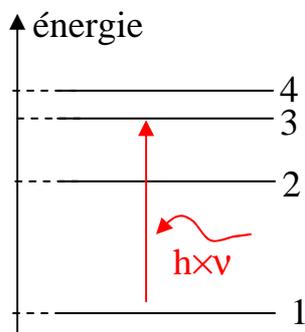


Term S - Chap 15 - Transferts quantiques d'énergie et dualité onde-particule

I) Transferts quantiques d'énergie :

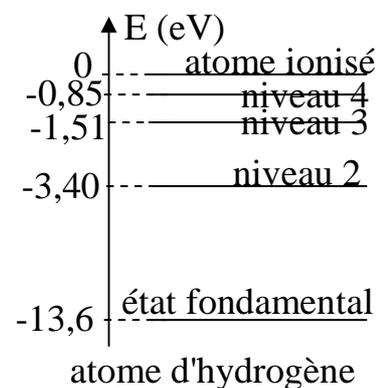
1) Des niveaux d'énergie quantifiés

Les niveaux d'énergie d'un atome sont quantifiés, ils ne peuvent prendre que certaines valeurs particulières (discrètes), caractéristiques de l'atome. Ils sont nommés quanta d'énergie.



Dans son état stable, l'atome est à son niveau d'énergie le plus bas, dans son état fondamental. Les autres états sont excités.

Un atome ne peut absorber de l'énergie que si celle-ci permet à un électron de passer d'un niveau d'énergie à un autre d'énergie supérieure.



2) Emission spontanée

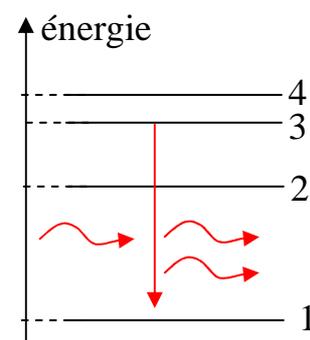
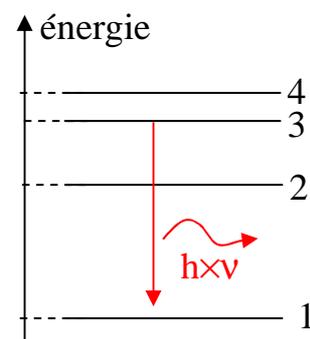
Il y a émission de photon (lumière) lorsque, après avoir été excité, l'atome subit une transition d'un niveau d'énergie E_i à un niveau d'énergie inférieur E_f . Ce transfert d'énergie est appelé émission spontanée.

$$\Delta E = E_3 - E_1 = h \times \nu = h \times c / \lambda \quad (h : \text{constante de Planck}, h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J.s})$$

3) Emission stimulée

En 1917, Albert Einstein, évoque l'idée qu'un photon d'énergie bien choisie $E = h \times \nu = E_3 - E_1$, peut amener une entité se trouvant dans un état excité E_3 vers un état d'énergie plus stable E_1 . Dans ce cas, l'entité va produire un photon « jumeau » du photon incident ; on parle alors d'émission stimulée.

Contrairement au processus d'émission spontanée, qui émet des photons dans des directions aléatoires, l'émission stimulée produit des photons qui ont même direction, même sens et même fréquence que le photon incident.



II) Le laser

Le terme LASER est l'acronyme de Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation (amplification de la lumière par émission stimulée de rayonnement)

1) Propriétés du laser

La lumière laser possède une longueur d'onde bien définie : elle est donc **monochromatique** ; elle se propage dans une direction privilégiée, on dit qu'elle est **directive**. De plus, l'énergie générée par la source est dirigée dans une direction privilégiée (celle de la propagation) : il y a donc **concentration spatiale de l'énergie** libérée. Pour les lasers dits pulsés, il y même **concentration temporelle** de l'énergie car au lieu d'être libérée en continu, l'énergie est émise pendant une durée très brève, délivrant ainsi une puissance considérable (jusqu'à 10^{12} W, autant que dans certaines étoiles)

2) Emission stimulée et amplification d'une onde lumineuse

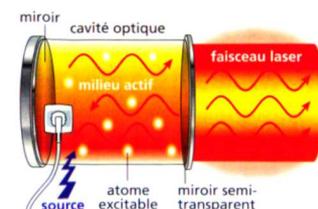
Le laser émet des photons produits par émission stimulée, ce qui a pour effet d'amplifier l'onde lumineuse incidente.

Pour que cette émission stimulée ait lieu, il faut avoir un maximum d'entités dans l'état excité (alors qu'elles sont plutôt naturellement dans l'état fondamental), on réalise ainsi une inversion de population par apport d'énergie grâce à des flashes de lumière, appelé pompage optique.

3) Un oscillateur optique : le laser

Un laser est un amplificateur de lumière fonctionnant grâce à l'émission stimulée.

Un ensemble d'atomes, placé dans une cavité entre deux miroirs (dont un semi-transparent) subit une inversion de population puis l'émission stimulée grâce à une source d'énergie extérieure. Chaque photon effectue plusieurs allers-retours donnant lieu à un nombre important d'émissions stimulées de photons de même direction, de même sens et de même fréquence, c'est l'amplification par laser. Par le miroir semi-transparent, une partie du rayonnement peut sortir, constituant ainsi le faisceau laser.



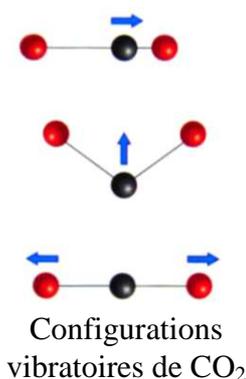
III) Transitions d'énergie

1) Transitions d'énergie électroniques :

Lorsque qu'un atome gagne ou cède de l'énergie, un de ses électrons passe d'un niveau d'énergie à un autre : c'est une transition électronique d'énergie. Les photons alors mis en jeu se situent dans le domaine du visible ou de l'UV.

2) Transitions d'énergie vibratoires :

La matière est aussi capable de produire ou d'absorber des rayonnements dans d'autres domaines spectraux. Les lasers à CO₂ par exemple, émettent dans l'IR. Les molécules, que l'on peut considérer comme des atomes reliés par de petits ressorts, vibrent sous l'excitation de l'onde, passant ainsi d'une configuration vibratoire à une autre ; c'est une transition d'énergie vibratoire, elle est moins énergétique que les transitions d'énergie électroniques et l'émission ou l'absorption se fait dans l'infrarouge.



IV) Ondes ou particules

1) La lumière

D'après les études documentaires effectuées, on a pu voir que la lumière se comporte tantôt comme une onde, tantôt comme une particule. Ce sont les conditions de l'expérience qui nous orientent vers une interprétation ondulatoire ou une interprétation particulaire.

Pour rendre compte de cette dualité, la lumière (et les ondes électromagnétiques en général) est souvent décrite comme un flux de photons (particule sans charge ni masse) se déplaçant à la vitesse de la lumière.

L'énergie transportée par un photon est : $E = h \times \nu = h \times c / \lambda$ avec h : constante de Planck , $h = 6,62.10^{-34} \text{ J.s}$; ν fréquence de l'onde (Hz) , λ : longueur d'onde en m et E : énergie en J
L'énergie E représente l'aspect particulaire du photon et sa fréquence ν , son caractère ondulatoire.

2) Relation de De Broglie

Pour tout objet de masse m , de vitesse v , la quantité de mouvement s'exprime par $p = m \times v$
En 1924, Louis de Broglie montre que la dualité onde-particule concerne aussi les électrons, protons, neutrons. Il établit alors une relation qui porte son nom : $p = h / \lambda$
avec p : quantité de mouvement, h : constante de Planck et λ : longueur d'onde.

3) Interprétation de l'interférence particule par particule

D'après l'étude documentaire n°2, on a vu que les particules (photons, électrons...) n'obéissent pas aux lois de la physique classique ; il n'est pas possible de prévoir l'endroit de leur impact sur un écran, mais uniquement la probabilité de les trouver à tel ou tel endroit. C'est un phénomène quantique. Seule l'étude d'un grand nombre de particules permet d'établir leur comportement.