

LES SOURCES DE LUMIERE ET LES SPECTRES

1. Les spectres d'émission

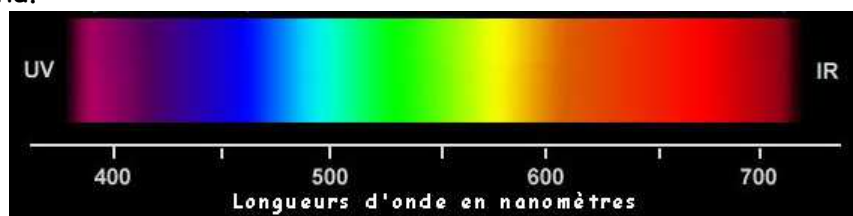
Un spectre d'émission est un spectre produit par la lumière directement émise par une source (lampe à incandescence, corps chauffé, lampe à vapeur de sodium...). Ce spectre est obtenu en faisant passer la lumière émise à travers un système dispersif (prisme ou réseau).

On distingue deux types de spectres d'émission : les spectres d'émission continus et les spectres d'émission discontinus.

1.1 Les spectres continus d'émission

On dit qu'un spectre est continu quand on passe progressivement d'une couleur à une autre (violet, bleu, vert, jaune, orange et rouge) sans qu'il n'y ait aucune interruption entre les couleurs.

Un corps chaud (le filament de la lampe par exemple) émet une lumière dont le spectre est continu.



1.2 Les spectres discontinus d'émission

Un spectre discontinu d'émission est constitué de raies colorées sur fond noir.



Spectre d'une lampe à vapeur de sodium



Spectre d'une lampe à vapeur de mercure

Dans un spectre d'émission, à chaque raie correspond une radiation monochromatique caractérisée par sa longueur d'onde dans le vide.

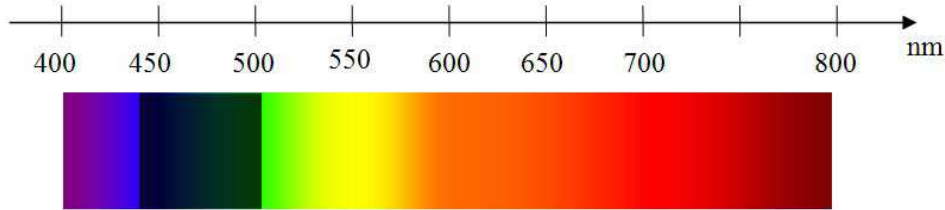
L'analyse d'un spectre discontinu d'émission (ou spectre de raies) permet par exemple d'identifier les substances présentes dans l'atmosphère d'une étoile.

2. Les spectres d'absorption

Un spectre d'absorption est obtenu en analysant la lumière blanche qui a traversé une substance ou un gaz. Cette substance ne laisse pas passer toutes les radiations.

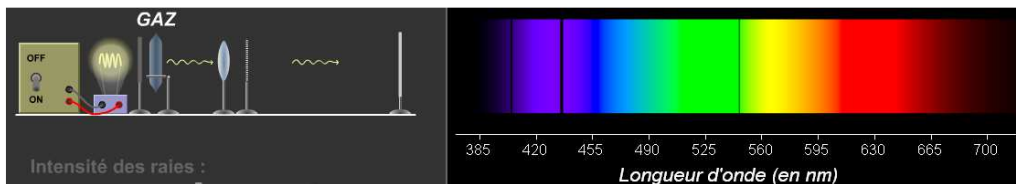
2.1 Les spectres de bandes d'absorption

Lorsqu'une solution colorée est traversée par de la lumière blanche, le spectre de la lumière obtenue présente des bandes noires sur le fond coloré du spectre de la lumière blanche : c'est un spectre de bandes d'absorption. Ce spectre est caractéristique de la substance dissoute.



2.2 Les spectres discontinus d'absorption

Un spectre discontinu d'absorption est constitué de raies noires sur fond de spectre de la lumière blanche.



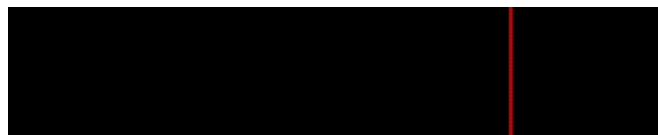
3. La lumière du laser

Le LASER (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation) est constitué d'une petite cavité dans laquelle une onde lumineuse effectue des allers-retours. Elle est amplifiée à chaque traversée du milieu amplificateur.

La lumière du LASER est :

- monochromatique (tous les photons émis par le laser ont la même fréquence)
- cohérent (tous les photons émis sont en phase)
- directionnel (tous les photons émis ont la même direction)

Exemple : Laser hélium-néon $\lambda = 632,8 \text{ nm}$ (une seule radiation, la lumière est monochromatique)



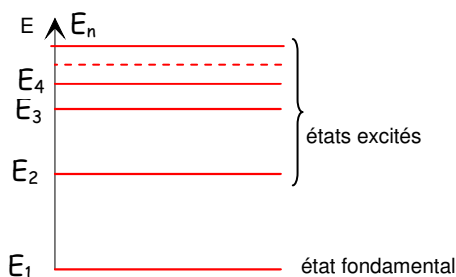
4. Interprétation énergétique des spectres discontinus

4.1 Énergie d'un atome

Les électrons de la couche externe d'un atome, moins bien retenus par le noyau peuvent passer d'une couche à une autre non ou partiellement occupée. A chaque « position » de l'électron, sur une couche, correspond un niveau d'énergie, pour l'atome, bien déterminé.

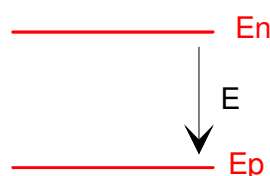
L'énergie d'un atome ne peut prendre que certaines valeurs bien déterminées. On dit que l'énergie est quantifiée. Les états correspondants à ces valeurs particulières sont appelées niveaux d'énergie de l'atome et sont notés $E_1, E_2, E_3, \dots, E_n$

Il existe une valeur minimale de l'énergie de l'atome, l'état correspondant est appelé état fondamental : c'est l'état stable de l'atome. Elle est notée E_1 .

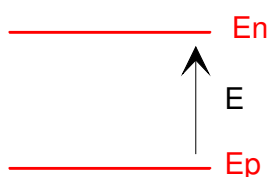


Les autres états possibles ou états excités correspondent à des niveaux d'énergie supérieurs à celui de l'état fondamental.

Le passage d'un niveau d'énergie à un autre est appelé transition.



Il y a ici désexcitation de l'atome : l'énergie de l'atome diminue, cette énergie perdue par l'atome est définie par $E = E_n - E_p$.



L'énergie de l'atome augmente, cette transition ne peut donc s'effectuer que lorsque l'atome gagne de l'énergie $E = E_n - E_p$

4.2 Transitions électroniques par émission ou absorption d'un photon

a) Emission d'un photon

Quand l'atome passe au niveau d'énergie E_n à E_p , il y a alors émission d'un photon d'énergie $h\nu_{np}$ donc d'une radiation monochromatique de fréquence ν_{np} telle que :

$$E = E_n - E_p = h\nu_{np}$$

Les spectres d'émission atomique sont constitués de raies fines et brillantes. Chacune de ces raies est associée à une transition électronique.

b) Absorption d'un photon

Pour qu'un photon soit absorbé, il faut qu'il apporte l'énergie juste nécessaire pour la transition $p \rightarrow n$.

L'énergie du photon absorbé est égale à l'énergie de la transition qu'il permet de réaliser.

$$E = E_n - E_p = h\nu_{np}$$

Les spectres d'absorption atomique sont constitués de raies fines et noires. Chacune de ces raies est associée à une transition électronique.

5. Application à l'atome d'hydrogène

5.1 Niveaux d'énergie

L'atome d'hydrogène ne possède qu'un seul électron. Si l'électron se trouve dans la couche K, l'atome d'hydrogène se trouve dans son état fondamental, s'il se trouve dans une autre couche, l'atome est dans un état excité.

A chacun de ces états correspond un niveau d'énergie E_n .

L'énergie de l'atome d'hydrogène, quand l'électron est dans la couche de rang n est définie par :

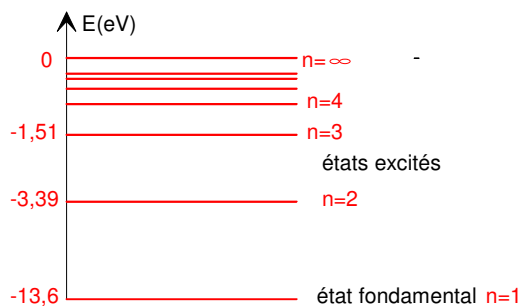
$$E_n = -\frac{E_0}{n^2}$$

n étant un entier, $E_0 = 2,18 \cdot 10^{-18} \text{ J} = 13,6 \text{ eV}$.

- Si $n = 1$, l'atome se trouve dans son état fondamental, $E_1 = -13,6 \text{ eV}$.

- Si $n > 1$, l'atome est dans un état excité.

- Si $n = \infty$, l'atome est ionisé : l'électron a quitté l'atome (et possède une vitesse nulle), $E(\infty) = 0$.



Pour ioniser l'atome d'hydrogène, pris dans son état fondamental, il faut donc fournir une énergie au moins égale à 13,6 eV, appelée énergie d'ionisation.

5.2 Interprétation des raies d'émission

Chaque transition produit un photon d'énergie $h\nu_{np} = -(E_n - E_p)$ (car les énergies sont négatives) soit $h\nu_{np} = E_0 \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{p^2} \right) = \frac{hc}{\lambda}$

6. Notion de photométrie

6.1 Flux énergétique

Un faisceau de lumière transporte de l'énergie. Lorsqu'on éclaire le réservoir d'un thermomètre par un faisceau lumineux du Soleil, on constate que la température augmente. L'énergie transportée par le faisceau lumineux s'est transformée en chaleur au niveau du réservoir du thermomètre.

On appelle flux énergétique, la quantité d'énergie émise, sous forme de rayonnement, par une source lumineuse, pendant l'unité de temps. On le note Φ_e .

Le flux énergétique s'exprime en joule par seconde c'est-à-dire en watt. Il est analogue à une puissance.

Pour une lampe à incandescence, le flux énergétique est la puissance indiquée sur la lampe. (Exemple : une lampe de 60 W)

Le Soleil envoie sur la Terre un flux énergétique d'environ $2 \times 10^{17} \text{ W}$.

6.2 Eclairage énergétique

La densité du flux énergétique incident sur une unité d'aire d'une surface plane s'appelle l'éclairage énergétique.

Il est noté E et s'exprime en watt par mètre carré. ($W\ m^{-2}$)

$$E = \frac{\Phi_e}{S}$$

6.3 Intensité énergétique des sources ponctuelles

Soit une source ponctuelle O . On appelle intensité énergétique I de cette source dans une direction donnée le quotient :

$$I = \frac{\Phi_e}{\Omega}$$

Ω angle solide, de sommet O , autour de la direction considérée exprimé en stéradian (sr)

Φ_e flux énergétique exprimé en watt (W)

L'intensité énergétique s'exprime en watt par stéradian : $W.sr^{-1}$

