

(cours tiré de websciences voir original)

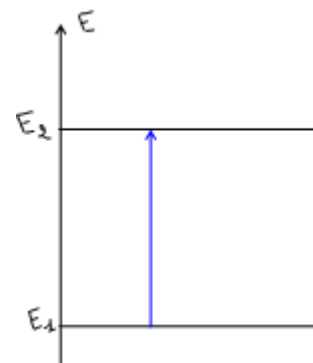
I. Transferts quantiques d'énergie

1. Absorption quantique

Pour être dans l'état excité d'énergie E_2 une particule (atome, molécule ou ion) dans un état d'énergie E_1 doit absorber une quantité d'énergie exactement égale à $E_2 - E_1$.

Pour faire passer la matière de son état fondamental à un état excité, plusieurs possibilités existent :

- ✗ l'absorption d'un photon d'énergie donnée.
- ✗ le passage d'un courant électrique.
- ✗ la collision avec d'autres particules.

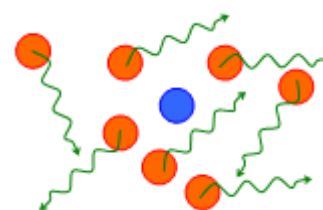
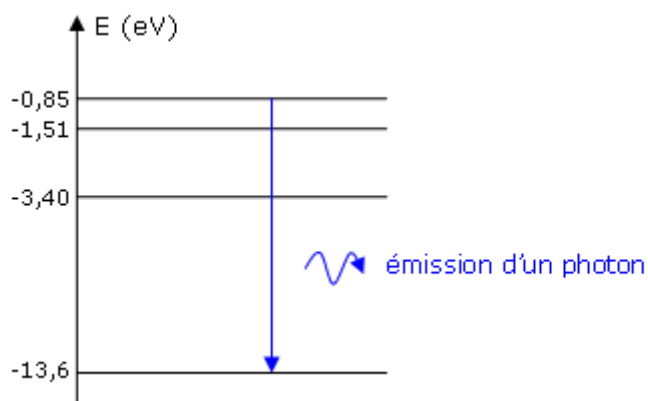


2. Emission spontanée

Une particule se trouvant dans un état excité peut retrouver sa stabilité en émettant de façon spontanée un photon. Ce transfert d'énergie est appelé l'émission spontanée.

L'émission spontanée est quantifiée.

L'énergie du photon est $E = E_2 - E_1 = h \times \nu$ où h est la constante de Planck.



Emission spontanée de photons dans des directions aléatoires

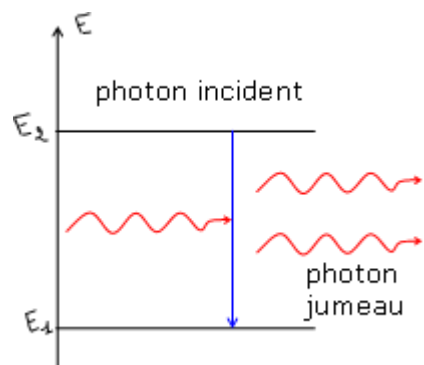
Remarque : Dans le processus d'émission spontanée, le photon produit est émis dans une direction aléatoire (les lampes usuelles éclairent dans toutes les directions).

3. Emission stimulée

En 1917, Albert Einstein évoque l'idée qu'un photon d'énergie choisie peut amener une particule vers un état d'énergie plus stable. Dans ce cas, la particule va produire un photon « jumeau » du photon incident.

Lorsqu'un photon d'énergie $E_2 - E_1$ rencontre une particule dans un état excité E_2 , cette particule peut retrouver un état d'énergie plus stable E_1 en émettant un photon de même énergie. Ce mode d'émission est appelé l'émission stimulée.

Remarque : l'émission stimulée produit des photons qui ont la même direction que les photons incidents.



Emission stimulée d'un photon

II. Le laser

1. Principe de fonctionnement

a. Pompage optique

Soit un milieu (appelé milieu actif) dont les atomes sont dans un état excité E_2 .

Si une radiation monochromatique de fréquence ν telle que $h \times \nu = E_2 - E_1$ traverse ce milieu, elle provoque la désexcitation des atomes par émission stimulée.

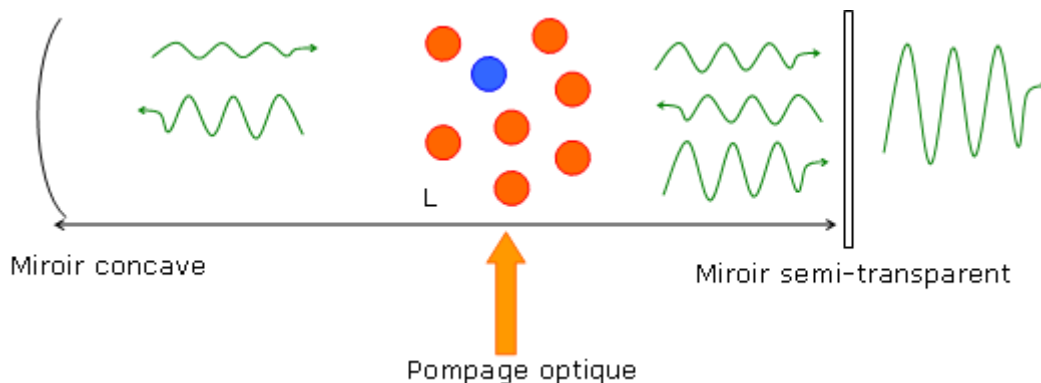


L'énergie des atomes est ainsi transférée à l'onde incidente. Le milieu actif est appelé amplificateur de lumière.

Remarque : Pour que les atomes du milieu actif soient dans un état excité, un excitateur, une décharge électrique ou un faisceau lumineux excite les atomes qui passent du niveau d'énergie fondamental E_1 au niveau d'énergie E_2 . Si l'excitation est effectuée par un faisceau lumineux, on parle de pompage optique.

b. cavité résonante

Pour amplifier davantage l'onde, on peut lui faire parcourir un grand nombre d'allers retours dans le milieu actif.



Remarques:

- ✗ Pour que les interférences soient constructives dans la cavité résonante, il faut que $2L = k\lambda$
- ✗ L'énergie perdue par l'émission est compensée par le pompage optique : le laser est un oscillateur optique entretenu.

2. Propriétés

a. Directivité du faisceau

Le faisceau émis par un laser est très directif.

b. Monochromaticité

Seules les radiations de longueur d'onde $\lambda = 2L/k$ sont amplifiées. La lumière émise est donc monochromatique.

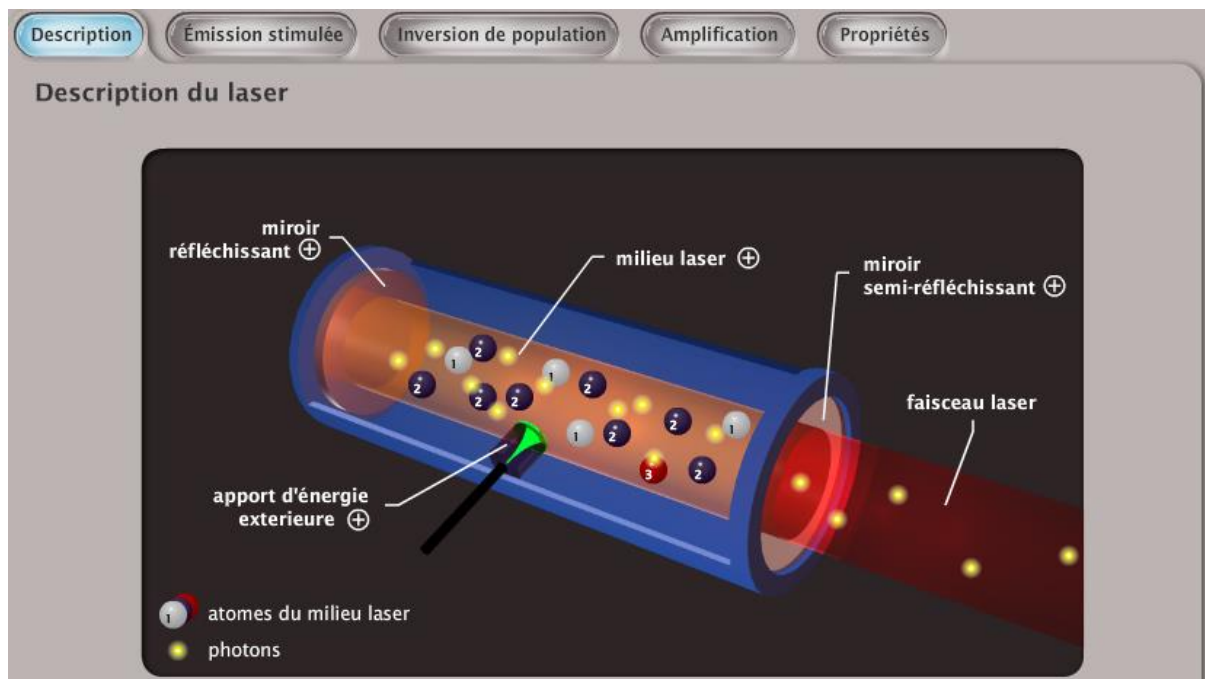
c. Cohérence

La lumière laser est produite par émission stimulée et est donc très cohérente (deux atomes voisins se comportent comme des sources cohérentes). Elle permet par exemple de réaliser facilement des interférences.

d. Concentration spatiale et temporelle de l'énergie

L'énergie du laser est concentrée dans un pinceau de lumière très étroit.

L'énergie peut aussi être concentrée dans le temps (laser à impulsions ou lasers pulsés). Ces lasers émettent des rayonnements d'une grande puissance pendant une brève durée.



[Animation principe du laser en Flash](#)

III. Transitions d'énergie et domaine spectral

Les molécules possèdent différentes énergies toutes quantifiées :

- ✗ L'énergie des noyaux : l'énergie émise par un noyau passant d'un niveau d'énergie E_2 à un niveau d'énergie inférieur E_1 est de l'ordre de 1MeV.
- ✗ L'énergie électronique : l'énergie émise par un atome passant d'un niveau d'énergie E_2 à un niveau d'énergie inférieur E_1 est de l'ordre de 1eV.
- ✗ L'énergie vibrationnelle des atomes est de l'ordre de 10^{-1} eV.
- ✗ L'énergie rotationnelle d'une molécule autour de ses différents axes est de l'ordre de 10^{-3} eV.

A chaque photon d'énergie ΔE , est associée une radiation de fréquence ν et de longueur d'onde λ telle que $\Delta E = h\nu = h(c/\lambda)$. Plus l'énergie ΔE transportée par le photon est grande, plus la longueur d'onde λ est petite.