

L'effet LASER

Freddy Brouillard et Alain Cornet

ou l'amplification de la lumière par l'émission stimulée Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation

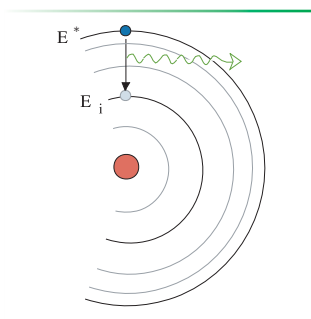
L'émission stimulée

Un atome, qui a été mis dans un état excité, d'énergie (E^*), n'y reste pas indéfiniment. Il finit toujours par retomber dans un état de plus petite énergie (E_i) en restituant l'excès d'énergie ($E^* - E_i$) sous forme d'un quantum de lumière (photon).

La fréquence ν (la couleur) est déterminée par la relation : $h\nu = (E^* - E_i)$ où h est la constante de Planck

Cette émission qui n'a besoin d'aucune intervention pour se produire est dite **émission spontanée**.

Mais l'émission peut être déclenchée plus rapidement si l'atome est éclairé par un faisceau de lumière de même fréquence (couleur) que celle qu'il va émettre.



Ce mécanisme, où l'émission de lumière est causée par de la lumière, est l'émission stimulée.

Une caractéristique importante de l'émission stimulée est que la lumière ainsi produite est émise dans la même direction que la lumière qui a provoqué l'émission et s'ajoute dès lors à celle-ci.

L'émission stimulée amplifie donc le faisceau incident.

Mais l'émission stimulée entre en compétition avec l'absorption

Lorsqu'un faisceau de lumière traverse un milieu matériel en y provoquant l'émission stimulée d'atomes passant d'un état d'énergie E^* à un état d'énergie E_i plus petite, son intensité s'en trouve donc augmentée.

Mais le même faisceau peut tout aussi bien produire des passages inverses, de E_i à E^* , augmentant alors l'énergie des atomes au détriment de sa propre intensité.

C'est le phénomène bien connu d'absorption qui atténue le faisceau incident.

Au total, le faisceau ne sera amplifié que si l'émission stimulée domine l'absorption.

Pour évaluer l'effet global, considérons le passage, dans un milieu d'atomes, d'une lumière dont la fréquence (ν) est accordée sur la différence entre les énergies E_i et E^* .

Seuls les atomes dans l'état d'énergie E_i (énergie basse) peuvent absorber et seuls ceux dans l'état d'énergie E^* peuvent émettre cette lumière.

Le résultat sera donc une atténuation ou une amplification de l'intensité du faisceau suivant que le nombre (N_i) des atomes

dans l'état d'énergie E_i est supérieur ou inférieur à celui (N^*) des atomes dans l'état d'énergie E^* .

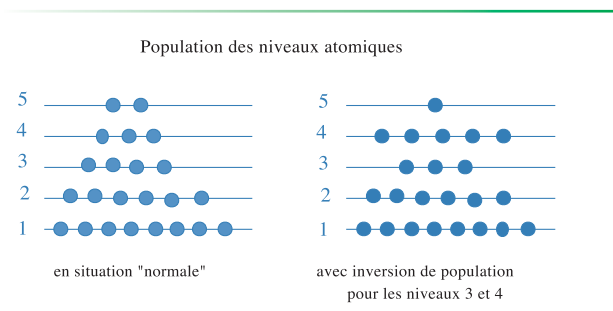
Il n'y aura amplification de la lumière que si $N^* > N_i$

Cette condition est en contradiction avec l'équilibre thermodynamique régissant les situations habituelles où l'on a toujours $N^* < N_i$.

C'est pourquoi on dit, quand la condition est réalisée, qu'il y a «**inversion de population**».

Cette inversion de population n'est pas facile à obtenir et elle implique le recours à une «astuce». Les différents lasers ont chacun la leur.

On verra celle utilisée dans le laser He - Ne.

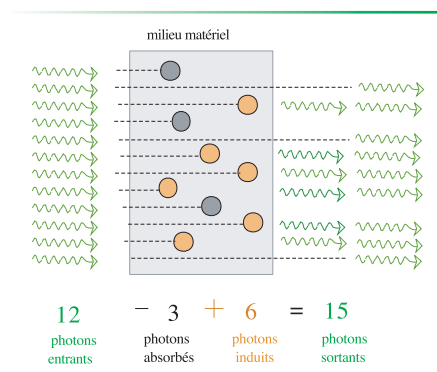


L'effet laser

Lorsqu'un milieu matériel présente une inversion de population pour deux des niveaux (E_i et E^*) de ses atomes, un faisceau de lumière de fréquence $\nu = (E^* - E_i) / h$ sera amplifié en le traversant.

Par exemple, pour douze photons entrant dans le milieu - trois en ressortiront sans avoir interagi avec un atome - trois seront absorbés par des atomes d'énergie E_i - six seront dédoublés par l'émission stimulée produite sur des atomes d'énergie E^*

Sortiront donc $12 - 3 + 6 = 15$ photons.



Pour consulter ces pages,
nous vous invitons à vous référer
au livre de l'exposition

"La lumière dans tous ses Eclats"

Bonne lecture