

# Ch20 : Transferts quantique d'énergie.

## 1. Absorption et émission quantique.

### 1.1. La lumière.

La lumière peut être considérée comme un flux de photons, particule non chargée de masse nulle se déplaçant à la vitesse de la lumière et qui possède une énergie  $E = h \cdot \nu = \frac{hc}{\lambda}$  avec  $E$  en J ;  $h$  constante de Planck= $6,63 \times 10^{-34}$  J.s;  $\nu$  fréquence en Hz ;  $c$  en  $m \cdot s^{-1}$  ;  $\lambda$  longueur d'onde en m

Visualiser la vidéo de Gérard Moreau

<https://www.youtube.com/watch?v=hRy61RlbYOo>

### 1.2. Absorption quantique. (de t= 0 à 4 :42)

Pour passer d'un état d'énergie  $E_1$  à un état excité d'énergie  $E_2$ , une particule (atome, molécule, ion) doit absorber **exactement** la quantité d'énergie  $E_2 - E_1$ . L'absorption d'énergie par la matière est quantifiée.

Cet apport d'énergie peut provenir :

- De l'absorption d'un photon de fréquence spécifique.
- Du passage d'un courant électrique (à travers un gaz par exemple : collision entre les électrons et les molécules de gaz)
- De la collision avec d'autre particules (ex ; gaz néon percuté par des atomes He, dans un laser HeNe)

### 1.3. Emission spontanée : (de 4 :42 à 6 :06)

Une particule dans un état excité, retrouve sa stabilité en émettant un photon d'énergie  $E_2 - E_1$ . Ce transfert d'énergie est l'émission spontanée. Elle est quantifiée.

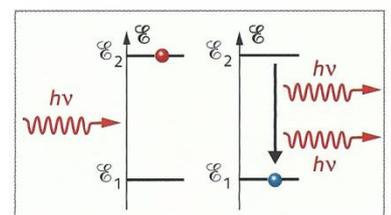
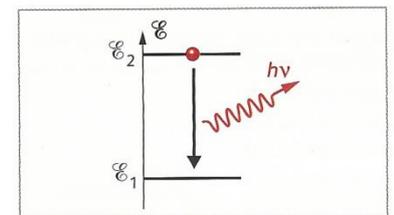
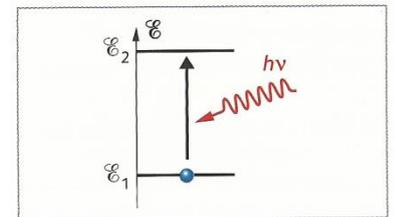
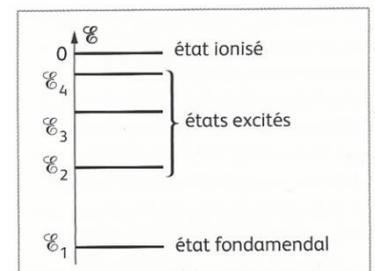
Dans ce processus, le photon est émis dans une direction aléatoire.

### 1.4. Emission stimulée. (de 6 :06 à 7 :25)

Lorsqu'un photon d'énergie  $E_2 - E_1$  rencontre une particule excitée il se produit une désexcitation et émission d'un photon identique au photon incident (même énergie, même direction, pas de déphasage) : c'est l'émission stimulée.

*Idee d'Einstein en 1917 et observée en 1928.*

Ce phénomène est naturellement rare car la probabilité qu'un photon rencontre une particule déjà excitée est très faible.



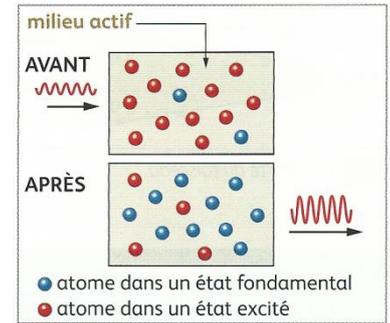
Ex 18 p 392

Visualiser la vidéo de Gérard Moreau de 7 :25 jusqu'à la fin  
<https://www.youtube.com/watch?v=hRy61RlbYOo>

**2. Application au laser. (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation).**

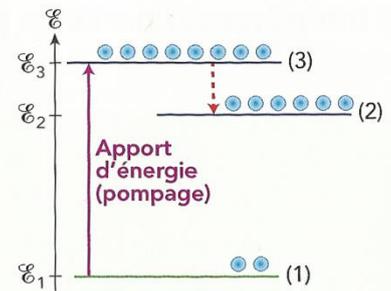
**2.1. Principe.**

L'idée est d'utiliser le phénomène d'émission stimulée pour amplifier une onde lumineuse incidente.



**2.2. Pompage optique.**

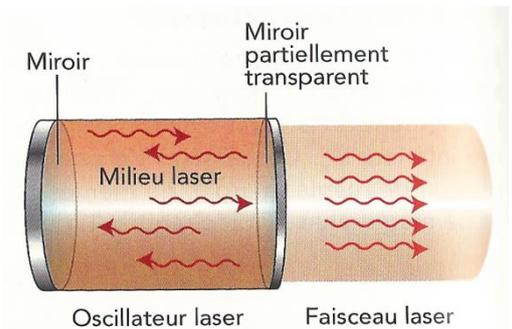
L'objectif est de placer un grand nombre de particules dans un état excité d'énergie  $E_2$  alors que naturellement les particules sont dans leur état fondamental : on réalise **une inversion de population**.



**Doc. 8** Répartition des atomes (représentés symboliquement par des sphères) dans les niveaux d'énergie avec inversion de population.

**2.3. Cavité résonnante.**

Le milieu actif est placé entre deux miroirs dont un semi-transparent, les photons qui se déplacent perpendiculaire aux miroirs sont amplifiés et peuvent sortir par le miroir semi-transparent. Les autres sont absorbés par les parois.



**Doc. 10** Oscillateur laser.

L'énergie rayonnée par le laser doit être exactement compensée par l'énergie fournie par le pompage optique :

Le laser constitue **un oscillateur optique entretenu**.

**2.5. Propriétés du laser.**

Le faisceau émis par un laser est très **directif**.

La lumière émise par un laser est **monochromatique** et **cohérente**.

L'ensemble de l'énergie est dirigé » selon une seule direction : c'est la **concentration spatiale de l'énergie**.

L'énergie produite peut être délivrée de façon continue ou de façon pulsée. Plus l'impulsion est brève plus la puissance instantanée est importante : c'est la **concentration temporelle de l'énergie**.

Ex 20 p 392 + 22 p 393

### 3. Transitions d'énergie.

#### 3.1. Transitions d'énergie électronique.

Un atome gagne ou cède de l'énergie en faisant transiter un électron d'un niveau d'énergie vers un autre : c'est une transition d'énergie électronique.

**Lors d'une transition électronique, les atomes émettent ou absorbent des photons dans le domaine visible ou UV.**

#### 3.2. Transitions d'énergie vibratoire. (Voir doc 12 p385)

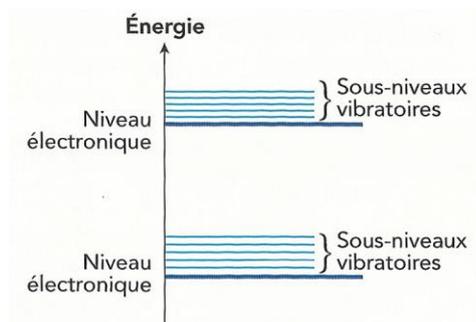
Les molécules stockent de l'énergie sous forme vibratoire.

A chaque mode de vibration correspond une certaine quantité d'énergie stockée.

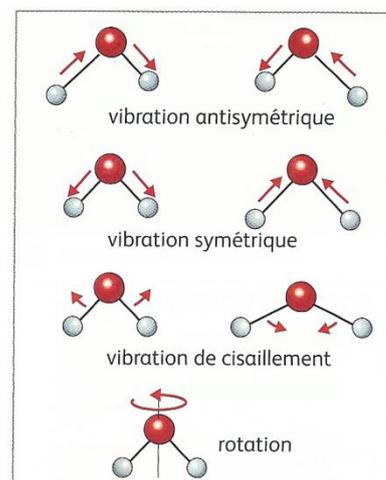
Une molécule passe d'une configuration vibratoire à une autre en absorbant ou en émettant un photon.

**Ces transitions vibratoires sont moins énergétiques que les transitions électroniques, elles mettent en jeu des photons dans le domaine de l'IR**

En plus des niveaux électroniques, il existe des sous-niveaux vibratoires.



**Doc. 13** Deux niveaux d'énergie électroniques d'une molécule et leurs sous-niveaux vibratoires.



**16** Vibrations et rotation dans une molécule d'eau : les liaisons O-H se comportent comme des petits ressorts.

Ex 15 p 391 (corrigé)