

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; ν fréquence en Hz ; c en $m \cdot s^{-1}$; λ longueur d'onde en m

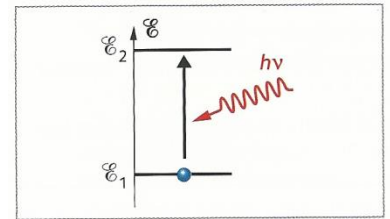
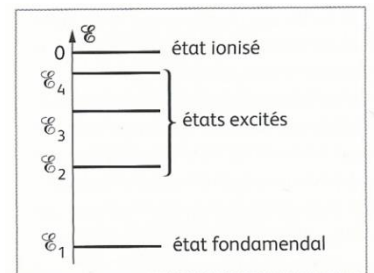
Visualiser la vidéo de Gérard Moreau
<https://www.youtube.com/watch?v=hRy61RlbYOo>

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 :

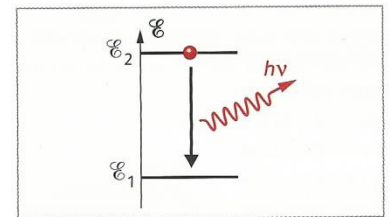
- De l'absorption d'un photon de fréquence spécifique.
- Du passage d'un courant électrique (à travers un gaz par exemple : collision entre les électrons et les molécules de gaz)
- De la collision avec d'autre particules (ex ; gaz néon percuté par des atomes He, dans un laser HeNe)



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

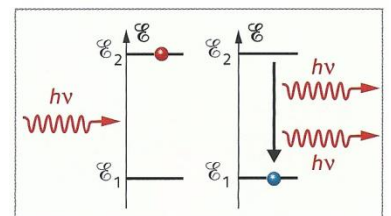
Une particule dans un état excité, retrouve sa stabilité en émettant un photon d'énergie $E_2 - E_1$. Ce transfert d'énergie est l'émission spontanée. Elle est quantifiée.

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.

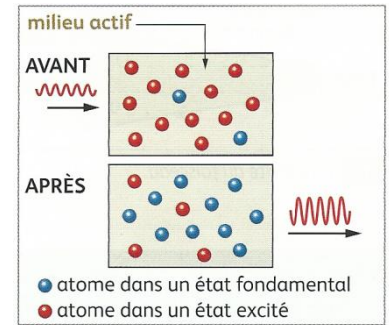
Ex 18 p 392

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).

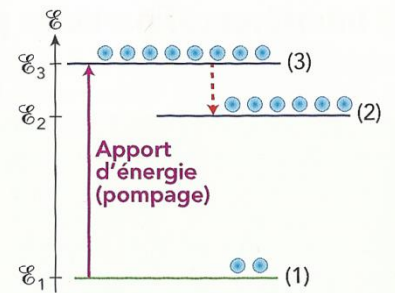
2.1. Principe.

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



2.2. Pompage optique.

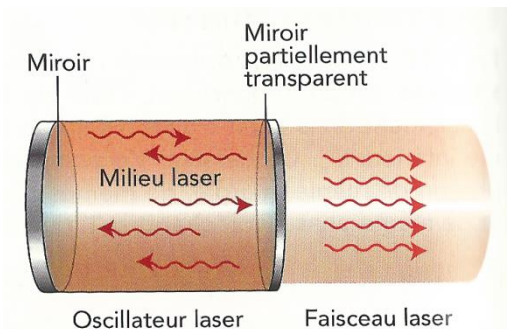
L'objectif est de placer un grand nombre de particules dans un état excité d'énergie E_2 alors que naturellement les particules sont dans leur état fondamental : on réalise **une inversion de population**.



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)

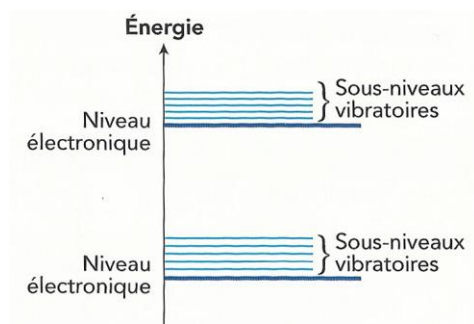
Les molécules stockent de l'énergie sous forme vibratoire.

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

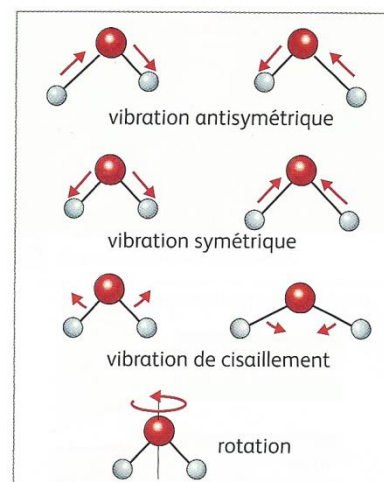
Une molécule passe d'une configuration vibratoire à une autre en absorbant ou en émettant un photon.

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)