



Dans les TP précédents, vous avez utilisé une source laser afin, par exemple, d'étudier le principe d'un photodétecteur, d'étudier le phénomène de diffraction et celui d'interférences d'ondes lumineuses...

Un faisceau laser possède des propriétés singulières et fait appel à une technique bien particulière d'amplification de la lumière. [50ans Laser.fly](http://50ans.Laser.fly)

Le mot Laser vient de l'acronyme créée à partir des initiales des

mots anglais : « **L**ight **A**mplification by **S**timulated **E**mission of **R**adiation » ou, en français, « amplification de lumière par émission stimulée de rayonnement ».

Mais qu'est-ce que cela signifie exactement ? Cette activité propose de question en expliquant le principe du Laser et en précisant ses propriétés particulières.

*Et les Shadocks pompaient, pompaient ...*



répondre à cette caractéristiques et ses

## I. Rappels de la classe de première :

### A) Le photon :

#### 1) Lumière et énergie :

La notion de « dualité onde-particule » a fait l'objet d'une âpre bataille qui s'est étendue sur plus de quatre siècles. Celle-ci a débutée au XVII<sup>ème</sup> siècle, du temps d'Isaac Newton qui voyait la lumière comme une succession de petites particules, tandis que l'astronome néerlandais Christian Huygens la considérait comme une onde, semblable aux vagues qui se propagent à la surface de l'eau. Le débat a rebondi au début du XIX<sup>ème</sup> siècle lorsque le savant iconoclaste britannique Thomas Young a réalisé, en 1801, une expérience qui deviendra célèbre sous le nom de « fentes d'Young » : en envoyant un rayon lumineux à travers deux fentes, il a obtenu des figures d'interférences similaires à l'entrecroisement de deux vagues qui se propagent sur l'eau ... et en a déduit que la lumière était une onde.

Mais en 1905, Einstein remet sur le tapis la nature corpusculaire (commune particule) de la lumière lors d'une expérience qui lui vaudra son prix Nobel: l'effet photoélectrique. En éclairant la matière avec une lumière d'une certaine énergie (et donc une certaine couleur), il découvre en effet qu'on peut lui arracher un électron. S'ensuit un réarrangement électronique de la matière : un autre électron vient remplacer celui qui a été éjecté, et ce transfert a pour conséquence l'émission d'un photon. Mais un détail étonne Einstein : selon sa couleur, la lumière arrache ou non des électrons d'un matériau donné. Il en déduit que chaque grain de lumière – que l'on appelle plus tard photon – a une énergie précise. Celle-ci doit être exactement la même énergie que celle qui lie l'électron au noyau dans la matière pour parvenir à l'arracher. Une onde peut donc parfaitement décrire la lumière, une particule aussi.

*D'après science et avenir n° 793 Mars 2013*

#### ➤ La lumière, une onde :

Les ondes lumineuses appartiennent au domaine des ondes électromagnétiques : chaque radiation lumineuse est caractérisée par **sa fréquence  $\nu$  (en Hz) et sa longueur d'onde  $\lambda$  (en m)** dans le vide.

Fréquence et longueur d'onde dans le vide (ou dans l'air) d'une radiation lumineuse sont liées par la relation suivante  $\lambda = \frac{c}{\nu}$

#### ➤ La lumière, une particule : la lumière transporte de l'énergie ; celle-ci est transportée par des particules, .....

#### 2) Transfert d'énergie :

Lorsque la matière est en interaction avec la lumière, il se produit des échanges d'énergie : ces transferts (échanges) d'énergie entre la lumière et la matière sont ....., c'est-à-dire qu'ils ne peuvent se faire que par « ..... » d'énergie, contenant chacun une énergie bien déterminée.

On parle en physique de « quantum » d'énergie (au singulier) ou « quanta » d'énergie (au pluriel) : c'est une quantité d'énergie bien définie, qui correspond à .....

L'énergie du photon ne dépend que de la fréquence  $\nu$  de la radiation qui le transporte (ou de sa longueur d'onde  $\lambda$  dans le vide) ;

L'énergie d'un photon est donnée par la relation de Planck : .....

Avec  $h$ , la constante universelle de Planck :  $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$  J.s

#### Remarques :

- plus la longueur d'onde  $\lambda$  dans le vide est **petite**, plus la fréquence  $\nu$  est ..... et plus l'énergie  $\Delta E$  du photon est ..... et inversement.
- A une énergie donnée  $\Delta E$  correspond une fréquence (ou une longueur d'onde dans un milieu donné) et donc une ..... dans le cas du domaine du visible.

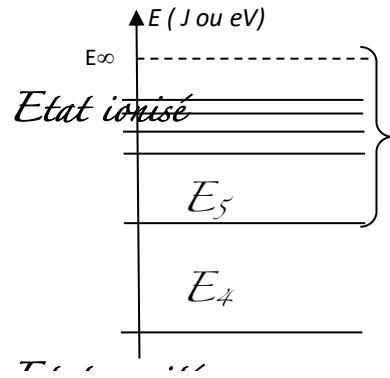
B) Quanta d'énergie :

1) Quantification des énergies d'un atome :

Lorsqu'un atome est dans son **état fondamental**, les électrons occupent des couches bien déterminées, celles de plus basse énergie : l'atome est alors dans un état de ....., il est .....

Un atome peut aussi exister dans différents autres états, des états dits ..... : dans ce cas, les électrons ne sont plus répartis de la même façon que dans l'état fondamental de l'atome, ils occupent des couches électroniques différentes, de ..... Cependant, ces états excités ne sont pas quelconques, l'atome ne peut exister que dans certains états bien définis.

Chaque état est caractérisé par un niveau d'énergie bien défini : on dit que l'énergie d'un atome est .....



2) Absorption et émission spontanée et de lumière :

Ouvrir la simulation « Laser » et l'onglet « un atome (absorption et émission) » :

- Une source de lumière émet une certaine quantité d'énergie lumineuse (réglable avec le curseur du haut de « lamp control »), correspondant à un certain débit de photons.
- Le quantum d'énergie  $\Delta E$  de chaque photon peut-être choisi en réglant la fréquence des photons (et la longueur d'onde dans le vide), ce qui correspond à une couleur (réglable avec le curseur du bas)
- En haut à droite, il apparaît le diagramme énergétique de transitions quantiques de l'atome présent dans l'enceinte. La durée de vie de la transition peut être modifiée.
- La fenêtre « laser power » en bas au centre de l'écran indique quand l'effet laser est obtenu et la puissance de faisceau émergent.

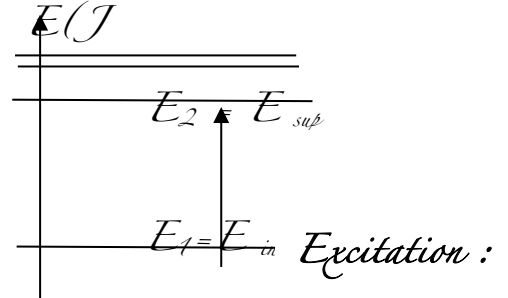
- Sans modifier le réglage par défaut de la longueur d'onde, éclairer l'atome de l'enceinte à l'aide de la source monochromatique en positionnant le curseur « du débit de photons » au 1/10 environ et le curseur « durée de vie » du diagramme énergétique au 1/2 environ.

1) Que se passe-t-il quand un photon heurte l'atome ? .....  
 Compléter  $\Delta E_{\text{photon rouge}} = \dots\dots\dots$

- Eclairer l'atome avec une lumière monochromatique verte puis ensuite avec la lumière monochromatique rouge de longueur d'onde maximale.

2) Compléter avec les signes  $>$  ou  $<$  :

$\Delta E_{\text{photon vert}} \dots E_2 - E_1$  Cette lumière interagit-elle avec l'atome ? .....  
 $\Delta E_{\text{photon rouge foncé}} \dots E_2 - E_1$  Cette lumière interagit-elle avec l'atome ? .....

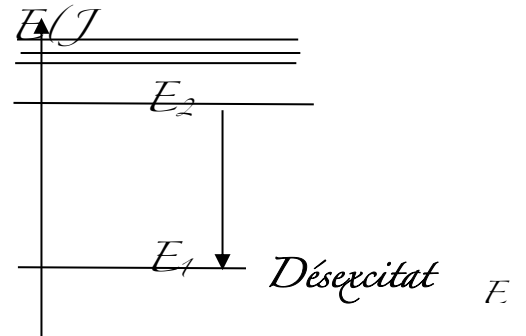


Un atome peut ..... un photon si l'énergie  $\Delta E$  de ce photon est ..... à ..... d'énergie entre 2 niveaux d'énergie de l'atome. Dans ce cas, l'énergie de l'atome .....

- Lorsque l'atome est dans l'état d'énergie  $E_2$  :

3) Que se passe-t-il ? Nommer le phénomène.

4) Le photon émis va-t-il dans une direction privilégiée (toujours dans la même direction) ? .....



Un atome dans un état excité peut ..... un photon d'énergie  $\Delta E$  (l'atome se désexcite). L'énergie de ce photon émis est ..... à ..... d'énergie entre 2 niveaux d'énergie de l'atome. Dans ce cas, l'énergie de l'atome ..... On parle ....., car l'émission se fait ..... intervention extérieure.

