

Émission et absorption de la lumière

Matériel

- goniomètre
- lampe Hg
- lampe Na
- miroir plan
- support élévateur
- réseau 600 fentes/mm
- laser en kit
- laser
- diaphragme
- Thorlabs
- photodétecteur
- oscilloscope 4 voies
- pince 4 doigts
- analyseur de spectre
- solution de permanganate de potassium à $0,01 \text{ mol.L}^{-1}$ + pipettes + béchers
- diode laser verte (532 nm) + diode laser rouge
- cuve
- puissancemètre
- fluorescéine
- spectromètre (OceanView)

Introduction

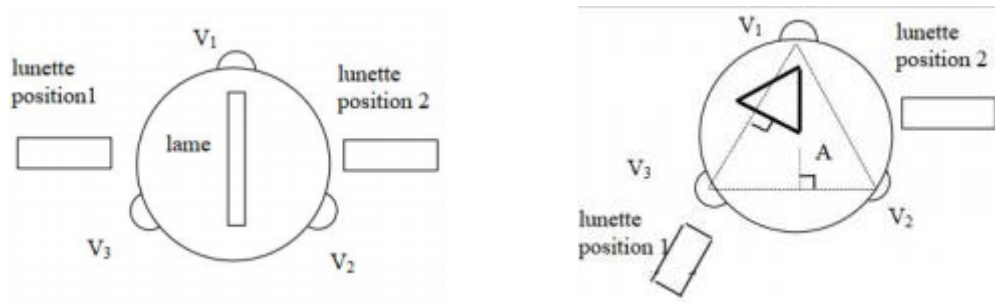
Le phénomène d'émission et d'absorption sont importants en physique fondamentale pour caractériser la matière et dans la vie quotidienne avec l'éclairage public (par exemple). Einstein a introduit 3 types de processus : l'émission spontanée, l'émission stimulée et l'absorption, que nous allons mettre en évidence dans ce montage.

I Émission spontanée

Les atomes possèdent des niveaux d'énergie discrets, comme en témoigne le spectre de raie que l'on peut observer sur un écran grâce à un réseau. Chaque longueur d'onde correspond à un écart énergétique entre deux niveaux $E = h\nu$. L'émission spontanée, c'est lorsqu'un atome qui est dans un état excité (par des décharges électriques par exemple) va se désexciter "spontanément" (couplage avec les fluctuations du vide quantique) en émettant un photon. Nous allons ici mesurer une longueur d'onde d'émission spontanée grâce à un réseau placé dans un goniomètre.

Réglage du goniomètre :

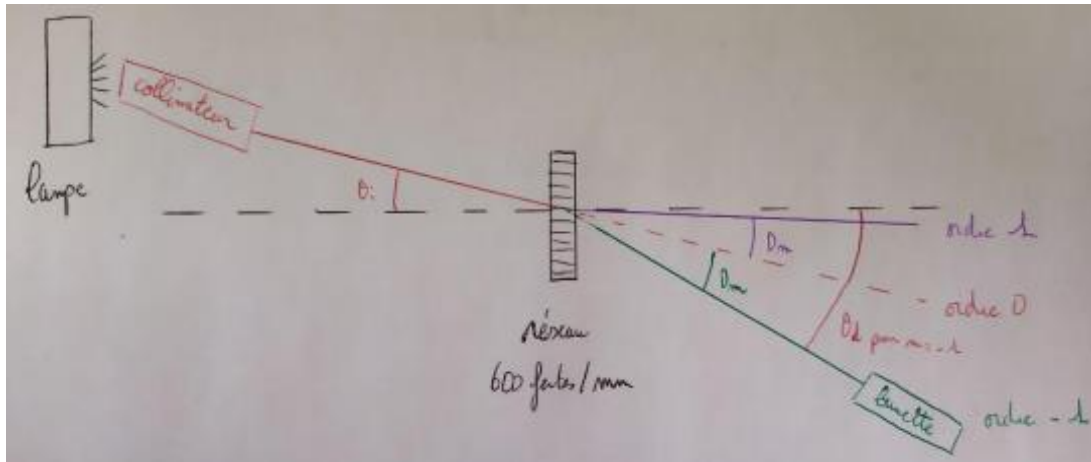
- mise au point du réticule pour l'œil n'accomode pas (réticule net)
- réglage de l'objectif en faisant l'auto-collimation du réticule (allumer la lampe, tirer la lame) -> on observe deux réticules
- réglage de l'orthogonalité de la lunette et du collimateur
- réglage de la taille de la fente (assez fine)
- réglage du collimateur afin d'avoir l'image nette de la fente à travers la lunette (enlever la lame, éteindre la lampe).



Étalonnage avec la lampe à vapeur de mercure : le but est d'associer la mesure d'un angle de déviation minimale à une longueur d'onde

Lampe Hg : on mesure un angle de déviation minimale, une déviation correspond à une inversion du sens de « parcours » des raies, on utilise un réseau ayant beaucoup de fentes/mm (pour cela on fait tourner le réseau tout en suivant la raie avec la lunette).

On observe 5 raies : violette (404,7 nm) bleue (435,8 nm), verte (546,1 nm), jaune (577,0 nm), jaune (579,1 nm)



D'après la formule des réseaux : $2 \sin\left(\frac{D_m}{2}\right) = m \frac{\lambda}{a}$, $m=1$ (ordre) ($D_m = \theta_d - \theta_i$)

On trace λ en fonction de $\sin\left(\frac{D_m}{2}\right)$, la pente est $2a$

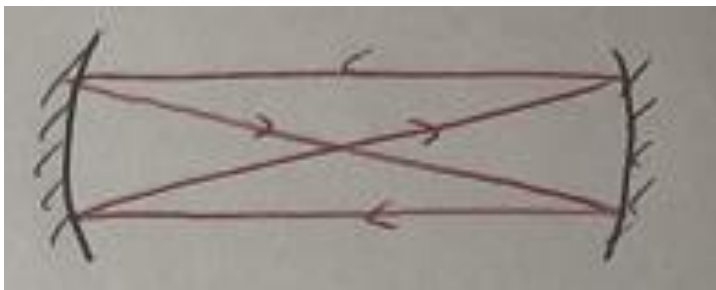
Lampe Na : on mesure la moyenne de longueur d'onde du doublet en mesurant l'angle de déviation minimale et en utilisant la formule des réseaux.

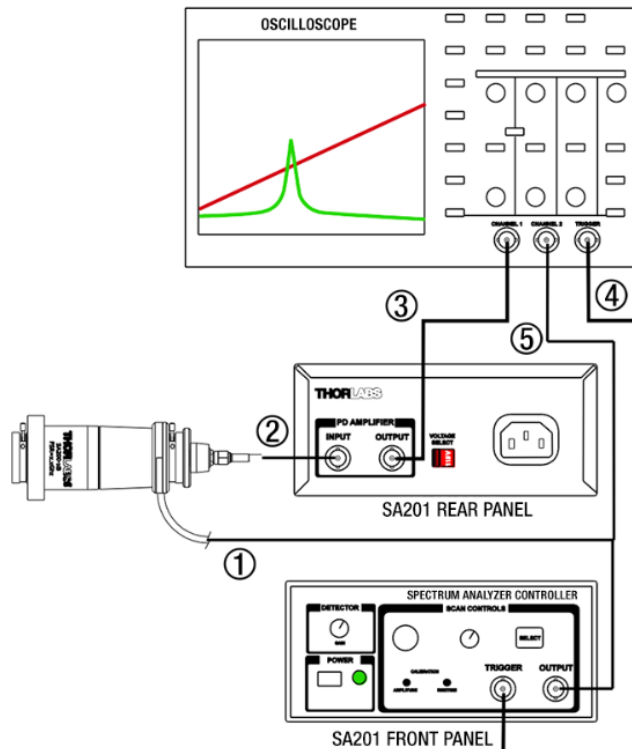
II Émission stimulée

Un photon à la bonne fréquence peut forcer la désexcitation d'un atome et on obtient alors deux photons dont toutes les caractéristiques sont semblables. C'est l'émission stimulée. Un laser, c'est une cavité optique où certaines fréquences de résonance vont être amplifiées par émission stimulée dans le milieu amplificateur. Une onde peut entrer en résonance dans la cavité à condition qu'elle interfère constructivement avec elle-même après un tour dans la cavité. C'est ce qu'on appelle la condition de phase. Si l'on appelle L la longueur de la cavité, cette condition se traduit par :

$$\Phi(x + 2L) = \Phi(x) + 2n\pi, \text{ donc } \frac{2L}{\lambda} = n, \text{ soit } \nu = n \frac{c}{2L}$$

Chacune de ces fréquences peut résonner dans la cavité, elles sont séparées par l'intervalle spectral libre : $ISL = \frac{c}{2L}$, $L_{cav} = 4L$





Mettre le 2^e miroir assez loin pour rendre l'observation plus facile. Utiliser un diaphragme et régler pour voir le faisceau comme il faut sur le miroir M2, de façon à voir une réflexion sur le diaphragme (déplacer la vis du miroir pour que la réflexion soit sur le trou du diaphragme).

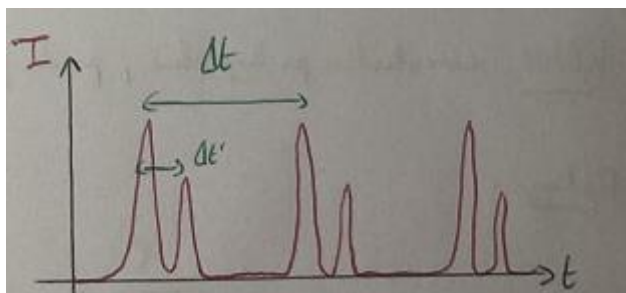
On mesure L et on en déduit ISL.

On utilise un laser bimode. On envoie une rampe de tension sur le piézoélectrique et on obtient :



Au premier ordre : $\frac{\Delta f}{ISL_{cav}} = \frac{ISL_{laser}}{ISL_{cav}} = \frac{\Delta t'}{\Delta t}$, $ISL_{cav} = 1,5 \text{ GHz}$

En mesurant Δt et $\Delta t'$ on peut remonter à Δf



On peut aussi mesurer ISL_{laser} avec un analyseur de spectre et le comparer au résultat précédent

III Absorption

1) Loi de Beer-Lambert

L'absorption est obtenue lorsqu'un atome est excité à un niveau d'énergie supérieure grâce à un rayonnement de fréquence $\nu \sim \nu_0 \rightarrow \Delta E = h\nu_0$

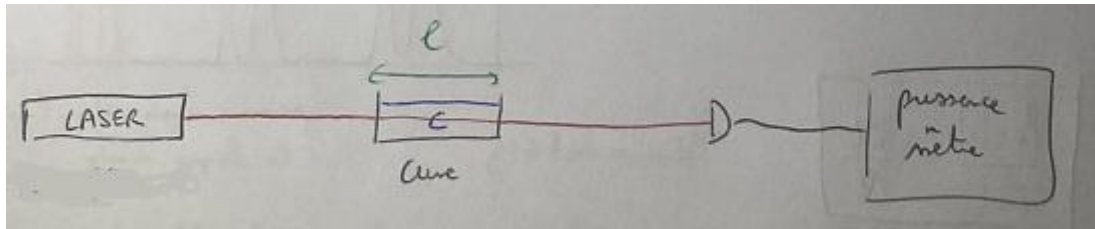
Le but de cette expérience est de retrouver la loi de Beer-Lambert, qui caractérise l'absorption. Cette loi est valide pour de faibles concentrations, une lumière monochromatique et en l'absence de fluorescence.

$$A = \epsilon(\lambda, T)lC$$

On éclaire une cuve contenant du permanganate de potassium avec une diode laser 532 nm et on utilise un puissance-mètre. On mesure la puissance pour différentes concentrations et on en déduit A :

$$A = -\log\left(\frac{P}{P_0}\right), P_0 \text{ est la puissance pour une cuve remplie d'eau.}$$

De la courbe on déduit ϵ . Pour MnO_4^- , $\epsilon(525 \text{ nm}, 298\text{K}) = 2250 \text{ L.mol}^{-1}.\text{cm}^{-1}$



2) Fluorescence

On remplit la cuve avec une solution de fluorescéine et on éclaire avec une diode laser. On utilise un spectromètre et on observe un décalage de la longueur d'onde (qui aurait dû être la longueur d'onde de la diode laser). Ce décalage est ce qu'on appelle la fluorescence.

Conclusion

Dans ce montage, nous avons mis en évidence les phénomènes d'émission spontanée, émission stimulée et absorption en mesurant une longueur d'onde, en mesurant un ISL et en vérifiant la loi de Beer-Lambert.

Bibliographie

-Physique expérimentale, De Boeck