

MP11 : Émission et absorption de la lumière

Mai 2021

1 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 (+lentille ?). Chaque longueur d'onde correspond à un écart énergétique entre deux niveaux $E = h\nu$. L'émission spontanée, c'est lorsque 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.

Liste de matériel :

- Goniomètre
- Lampe à vapeur de Hg-Cd
- Miroir plan
- Réseau de pas 300 traits par millimètre

On utilise un goniomètre.

Réglage : Pour cela d'abord on règle l'oculaire en allumant la petite lampe de l'oculaire. Avec la bague noire proche de l'oeil on règle la netteté du réticule. Ensuite on met un miroir collé contre la lunette, et on doit avec la grosse bague grise régler la netteté de l'image du réticule par le miroir. On ouvre ensuite la fente du collimateur et on règle la bague de celui-ci de manière à ce que cette fente soit nette. On règle ensuite le parallélisme du plateau en positionnant un réseau en faisant en sorte que les raies soient parallèles au réticule, pour changer en joue avec les 3 vis du plateau.

Étalonnage : On utilise une lampe à mercure-cadmium (il y a plus de raies que juste celle au mercure). Pour cela on mesure les minima de déviation des différentes raies sachant que leur longueur d'onde sont connues et tabulées. Pour cela on fixe une raie avec la lunette de visée puis on fait tourner le réseau. On suit la raie avec la lunette. Quand la raie fait demi-tour, c'est le

minimum de déviation pour l'ordre ± 1 comme ça on n'a pas besoin de connaître le 0. On relève l'angle, on fait de même pour toutes les autres raies. On a :

$$2 \sin\left(\frac{D_{min}}{2}\right) = p \frac{\lambda}{a}$$

avec p l'ordre et a le pas du réseau. Le nombre de trait par millimètre du réseau correspond à $\frac{1}{a}$.

On trace ensuite : $\frac{2}{p} \sin\left(\frac{D_{min}}{2}\right)$ en fonction de λ . La pente est $\frac{1}{a}$, on vérifie que cela correspond avec le réseau que l'on a pris.

Mesures : On veut trouver une des longueurs d'onde des raies de la lampe à hydrogène. Pour ça on relève le minimum de déviation et on utilise l'étalonnage pour retrouver la longueur d'onde.

2 Émission stimulée

Liste de matériel :

- Laser en kit
- Analyseur de spectre
- Règle

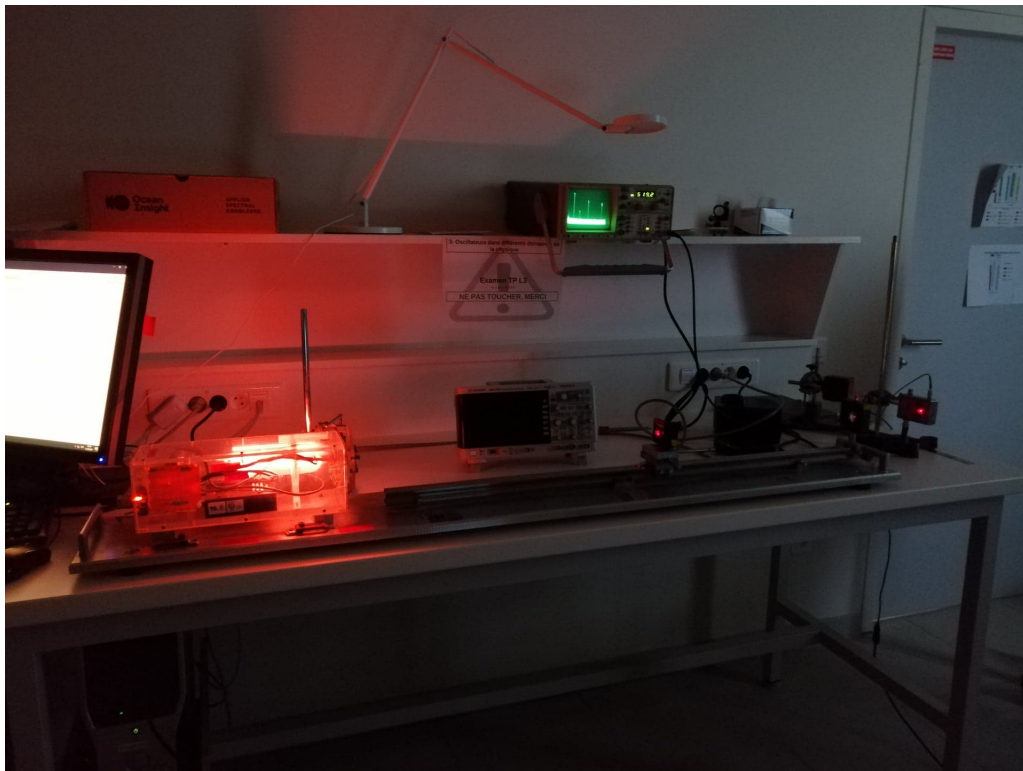


Figure 1: Laser en kit

Présentation du système : On prend le laser en kit. Il y a un miroir semi-réfléchissant. Il permet de fermer la cavité du laser et ensuite de permettre d'avoir une sortie de la lumière. Il faut le régler pour que le laser passe à travers. Il y a également un espèce de disque devant pour réduire le faisceau. Il y a une lentille pour pouvoir projeter sur un écran. On regarde un analyseur de spectre. Dans la boîte en plexi on peut voir le milieu amplificateur avec l'espèce de faisceau rose qui passe au milieu. C'est le milieu amplificateur et il est pompé électriquement. On doit également utiliser un analyseur de spectre (on dirait un vieil oscilloscope).

Pour régler le miroir de la cavité, il faut le mettre un peu loin, on regarde les marque qui sont sur le vernier pour les mettre l'une sur l'autre. Cela permet au miroir d'être centré sur l'axe du laser. On met l'espèce de disque devant. On fait tourner le jeton qui est dessus de manière à avoir un rond de lumière sur le miroir de la cavité. On joue ensuite sur les vis rondes à l'arrière pour jouer sur la verticalité et l'horizontalité du miroir.

Mesure de l'ISL (en Hz) : On mesure l'ISL à la règle : $ISL = \frac{c}{2L}$ avec L la longueur de la cavité. On la mesure à la règle. Mais on ne peut pas le comparer avec quoi que ce soit vu que cela dépend de la longueur de la cavité que l'on va imposer. L'intervalle spectral libre dépend uniquement de la cavité.

On peut mesurer l'ISL avec une deuxième méthode c'est à dire avec l'analyseur de spectre.

On peut refaire la mesure de manière plus précise en utilisant un analyseur de spectre à la sortie de la cavité. On voit sur l'analyseur de spectre les fréquences que l'on peut avoir à la sortie. Si on prend l'intervalle entre deux fréquences on a l'intervalle spectral libre. On trouve quelque chose de l'ordre de 170MHz.

- Laser vieux gris avec support en bois
- Cavité confocale
- Oscilloscope

On peut refaire cette mesure encore une fois en utilisant un laser commercial et une cavité confocale.

On cherche l'ISL du laser commercial. On connaît l'ISL de la cavité confocale. On peut faire varier la longueur de la cavité en lui appliquant une rampe. Il y a des piezo à l'intérieur qui vont faire varier la taille de la rampe. On regarde la sortie de la cavité à l'oscillo. On met la persistance infinie. La période de de l'enveloppe correspond à l'ISL (il faut faire une règle de trois en connaissant la valeur commerciale et l'inverse de cette période). Avec ça on peut revenir à l'ISL du laser en prenant la période entre deux pics du bas (c'est les deux petits pics les plus rapprochés).

3 Absorption

Vérification de la loi de Beer-Lambert : $A = \epsilon(\lambda, T)lC$, elle est valable pour des concentrations pas trop grande (loi empirique maximum $10^{-2}mol.L^{-1}$ et des solutions non fluorescentes. On veut vérifier ici la loi et remonter au coefficient d'extinction molaire du permanganate de potassium en traçant l'absorbance pour différentes concentrations. On utilise une diode laser verte pour avoir

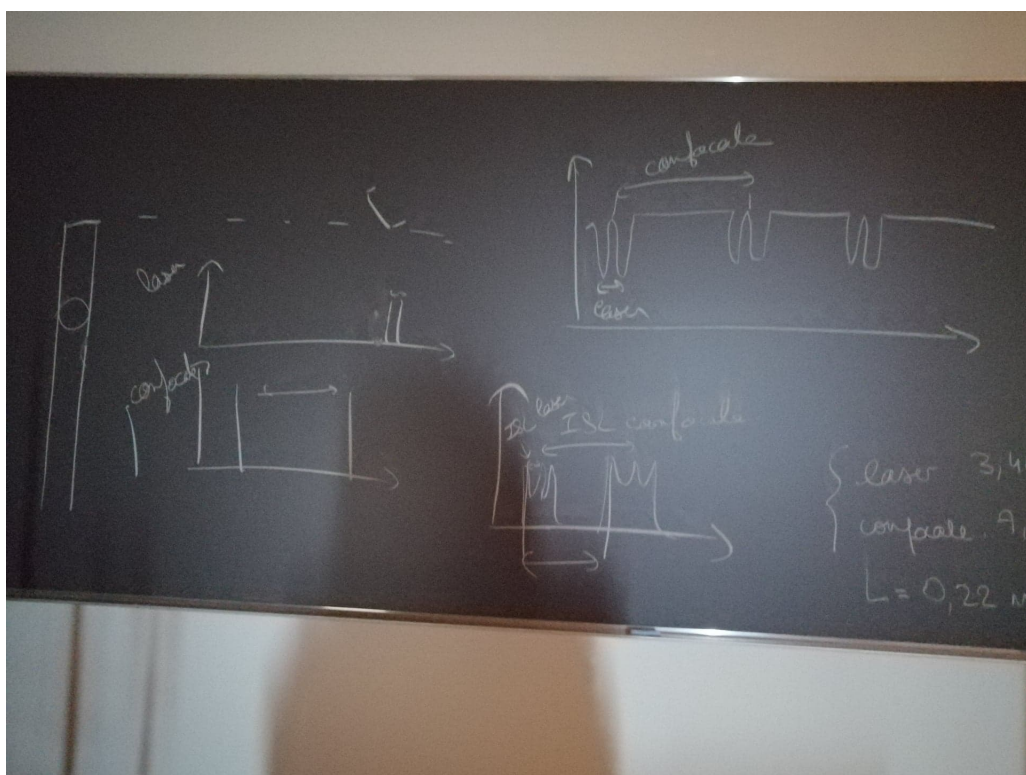


Figure 2: Schéma pic cavité du laser et cavité confocale

la couleur complémentaire et donc avoir le maximum d'absorption. On utilise la cuve du pouvoir rotatoire plutôt que des cuves de spectro pour avoir une longueur plus grande et donc moins d'incertitude sur la longueur traversée par la lumière.

On utilise un puissance-mètre : $A = -\log\left(\frac{P}{P_0}\right)$. On peut regarder la température et vérifier avec ϵ_{tab} .

On fait des solutions de permanganate de potassium. Entre 10^{-4} et $10^{-6} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$