MP 11 : Émission absorption de lumière.

Elio Thellier

17/02/2021

Figure 1: **L**aser He-Ne dont les deux miroirs ont un coefficient de réflexion en puissance < 1.

1 Introduction

Réglage du goniomètre avec prisme:

Pour le réglage du goniomètre, se reporter au tableau récapitulatif ci-dessous.

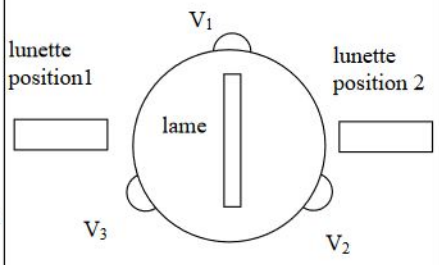
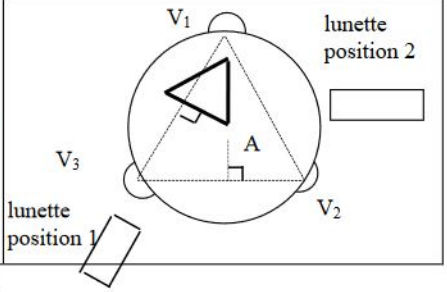
BUT	REGLAGE	SCHEMA
Régler la lunette à l'infini La lunette doit donner d'un objet à l'infini une image au Punctum Remotum de l'œil.	Régler l'oculaire de manière à voir net le réticule. Régler l'objectif par auto-collimation en superposant le réticule et son image; ne pas oublier le hochement de tête pour corriger l'erreur de parallaxe.	
Régler le collimateur Il doit donner une image à l'infini de la fente	Eclairer le collimateur et élargir la fente. Le viser avec la lunette et tourner la bague du collimateur jusqu'à voir la fente nette. Hochement de tête.	
Régler l'axe de la lunette perpendiculaire à l'axe du plateau grâce à l'utilisation d'une lame à faces parallèles.	Régler l'horizontalité du plateau à vue et les vis calantes à mi course (10 à 15 tours à partir du blocage). Viser la lame perpendiculairement à une de ses faces (position 1), pour voir le réticule et son image (réglage par auto-collimation). Superposer les lignes horizontales des réticules en rattrapant la moitié de l'écart vertical par la vis de réglage de la lunette et l'autre moitié par la vis calante V_3 la plus proche. Tourner la lunette de π (position 2) et recommencer l'opération précédente mais en utilisant V_2 et non V_3. Réitérer les opérations précédentes jusqu'à superposition complète des réticules.	
Régler l'arête utile du prisme parallèle à l'axe de rotation du plateau	Poser le prisme sur le plateau comme sur le schéma, les deux faces utiles perpendiculaires aux côtés du triangle formé par les vis. A est l'arête utile, elle doit juste dépasser le centre du plateau. Régler par auto-collimation.(position 1 puis 2 de la lunette) en utilisant la vis calante non commune aux deux axes (V_1 ou V_2, et non V_3) jusqu'à superposition complète des réticules.	

Figure 2: Fiche pratique gonio par Jean-Baptiste Paire (PC*2 Lycée du Parc)

2 Émission spontanée

Les atomes possèdes 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.
Si p $\in Z$ est l'ordre, et a la distance entre deux fentes consécutives du réseau, la formule fondamentale des réseaux nous donne (d'après une condition sur la différence de marche entre deux rayons consécutifs):

$$\sin(\theta_0) - \sin(\theta) = p\,\frac{\lambda}{a} \tag{1}$$

En différenciant,

$$d\theta_0 \cos(\theta_0) = d\theta \cos(\theta)$$

On définit la déviation D comme :

$$D = \theta - \theta_0 \tag{2}$$

Que l'on dérive par rapport à θ_0 pour montrer l'existence d'un minimum de déviation :

$$\frac{dD}{d\theta_0} = \frac{d\theta}{d\theta_0} - 1 = \frac{\cos(\theta_0)}{\cos(\theta)} - 1$$

$$\frac{dD}{d\theta_0} = 0 \iff \begin{cases} \theta = \theta_0 \quad \texttt{(raie centrale, ordre 0)} \\ ou \\ \theta = -\theta_0 \quad \texttt{(condition de déviation minimale)} \end{cases}$$

En injectant cette condition dans 1 et 2 on obtient :

$$2\sin\left(\frac{D_{min}}{2}\right) = p\,\frac{\lambda}{a} \tag{3}$$

Cette formule 3 va être utilisée en préparation pour vérifier le nombre de traits/mm (avec l'incertitude) du réseau utilisé, en traçant le membre de gauche en fonction de $p\lambda$ grâce à la lampe à vapeur de mercure (Hg) dont on connaît les longueurs d'ondes (prises ici) :

$$\begin{aligned} \lambda_{violet} &= 404.6564\text{ nm} \\ \lambda_{bleu} &= 435.8336\text{ nm} \\ \lambda_{vert} &= 546.0750\text{ nm} \\ \lambda_{jaune1} &= 576.9610\text{ nm} \\ \lambda_{jaune2} &= 579.0670\text{ nm} \end{aligned}$$

En live, on applique la formule 3 pour mesurer une longueur d'onde inconnue (lampe à vapeur d'hydrogène par exemple) en connaissant le pas du réseau et en mesurant deux fois l'angle de déviation minimal (la différence entre la déviation min à gauche et la déviation min à droite). On reporte alors la valeur de D_{min} et son incertitude dans le programme python pour obtenir la longueur d'onde et son incertitude grâce à la méthode Monte Carlo

3 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 amplifiée par émission stimulée dans le milieux 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 :

$$\phi(x + 2L) = \phi(x) + n * 2\pi$$

$$\phi(x) + \frac{2L}{\lambda}2\pi = \phi(x) + n * 2\pi$$

en simplifiant par $\phi(x)$ puis 2π, on obtient :

$$\frac{2L}{\lambda} = n$$

Soit :

$$\nu = n\frac{c}{2L}$$

Chacune de ces fréquences peut résonner dans la cavité, elles sont séparée par l'intervalle spectral libre :

$$ISL = \frac{c}{2L}$$

En live, on montre avec le spectro sur le laser en kit que la cavité laser est un filtre à longueurs d'onde(qualitatif). Les quelques fréquences qui lasent sont celles comprise dans l'intervalle où le gain du laser est supérieur aux pertes.
Mesurons l'ISL de trois manières différentes (rapport jury 2017 "les conditions d'émission laser ne sont pas hors sujet") : à la règle mesurer L et en déduire l'ISL, avec un analyseur de spectre mesurer l'ISL, et avec la cavité confocale.

Il faut bien être au point sur le fonctionnement de la cavité confocale, et ce que l'on voit à l'écran ! Si l'on appelle δ l'écart entre deux pics et Δ l'écart entre deux groupes de pic, par un produit en croix on obtient :

$$ILSL_{laser} = \delta * \frac{ISL_{cav.conf.}}{\Delta}$$

Faire les incertitudes avec la formule de propagation des incertitudes.

4 Absorption

La loi de Beer-Lambert :

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

est valable pour des concentration pas trop grandes (loi empirique, maximum $10^{-2}mol.L^{-1}$), et pour des solution non fluorescentes. On se propose de la vérifier ici, et de remonter au coefficient d'extinction molaire du permanganate de potassium en traçant l'absorbance pour différentes concentrations. On utilise un laser He-Ne (632nm) pour avoir une lumière monochromatique (car ϵ dépend de la longueur d'onde). On mesure avec un puissance mètre P_0 la puissance reçue au travers de la cuve étalon (eau distillée). Puis au travers des autres cuves pour placer les points, sachant que :

$$A = -log\left(\frac{P}{P_0}\right)$$

En live on ajoute un point et trace l'ajustement, prenant en compte les incertitudes des points. L'idéal c'est d'avoir un thermomètre et de mesurer la température pour comparer à ϵ_{tab}
Ne pas confondre une valeur théorique avec une valeur tabulée !

5 Fluorescence

Je n'ai pas eu le temps de la mettre correctement en place (ni de la présenter), mais une manipulation du livre d'ALD propose de mettre en évidence le décalage en fréquence entre le spectre d'absorption et d'émission du rhodium (nous on prend de la fluorescéine car pas toxique). Ce décalage est ce qu'on appelle la fluorescence. Manipulation qualitative mais sympa.

6 Conclusion et ouverture

Nous avons mesurer une longueur d'onde d'émission spontanée de l'hydrogène, l'ISL d'un laser qui base son amplification sur l'émission stimulée, et vérifier la loi de Beer-Lambert pour le permanganate de potassium. Nous avons tracé une droite pour Beer Lambert, appliqué Monte Carlo pour la longueur d'onde au goniomètre.

- Bonne préparation -