

MP10 : Spectrométrie optique

Mai 2021

1 Introduction

Liste du matériel :

- PVD
- Lampe blanche, lampe à vapeur de mercure, lampe à vapeur de sodium
- Filtre AC, fente, lentille mince $f = 1m$
- Ecran

La spectrométrie optique est l'étude des spectres optiques, c'est-à-dire, l'étude de la répartition énergétique du rayonnement lumineux en fonction de la longueur d'onde. On va étudier dans ce montage deux types de spectromètre (par réseau, par interférométrie) et on va comparer leur résolution. Rappel historique : C'est Newton en 1666 qui a découvert que la lumière blanche étant en réalité un " mélange " de toutes les couleurs grâce à un spectromètre très simple : prisme. On va réaliser cette petite expérience tout de suite afin d'observer un premier spectre : le spectre de la lumière blanche qui est un spectre de bande.

L'indice optique du verre dépend de la longueur d'onde (loi de Cauchy : $n(\lambda) = A + B/\lambda^2$) donc avec Snell-Descartes, on obtient des angles de diffraction différents pour les différentes longueurs d'onde. On peut vérifier que le rouge (longueur d'onde la plus élevée) est moins dévié que le bleu (le PVD est centré sur le doublet du sodium).

On peut maintenant observer un autre type de spectre : spectre de raie avec la lampe à vapeur de mercure. On observe 4 raies : jaune, verte, bleu et violette (la dernière est peu visible par rapport aux autres) qui correspondent à des transitions atomiques des niveaux d'énergie discrets du mercure.

Enfin, on peut aussi observer le spectre du sodium mais on ne voit qu'une seule raie car la résolution de ce spectromètre n'est pas assez bonne pour séparer les deux raies de sodium. Ce qui limite la résolution dans cette manip, c'est la largeur de la fente.

2 Détermination de la constante de Rydberg

Liste de matériel :

- lampe à hydrogène
- spectromètre commercial

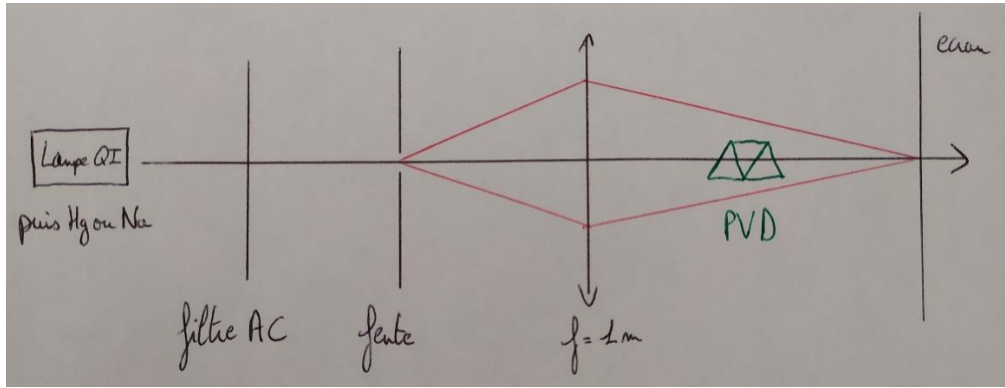


Figure 1: Manip d'intro

m	3	4	5	6
λ en nm	656,1	486,0	433,9	410,1

Figure 2: Valeurs théorique pour la série de Balmer

- pied et support pour placer la fibre optique devant la lampe

On utilise la lampe à hydrogène et un spectromètre commercial (prendre la fibre bleue, elle est neuve et sans noeud au fil).

Théoriquement, on a l'expression suivante : $\frac{1}{\lambda_{n,m}} = R_h \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right)$.

Le spectre visible de la lampe correspond à la série de Balmer : $n = 2$.

On relève les λ en connaissant les différents m qu'on voit théoriquement et on trace : $\frac{1}{\lambda}$ en fonction de $\frac{1}{m^2}$. On trouve alors la constante de Rydberg qui est la pente.

Dans ce spectromètre, c'est la résolution du capteur CCD qui va limiter la résolution du spectromètre.

Remarques : Il n'est pas évident d'avoir le quatrième pic. Il faut rapprocher le spectro et essayer de le tourner pour l'avoir.

Il ne faut pas prendre en compte les pics qui sont présents quand le spectro n'est pas en face de la lampe. Ils sont sûrement dû à l'air.

Ne pas hésiter à modifier les paramètres d'acquisition du spectromètre : augmenter le moyennage pour réduire le bruit, augmenter le temps d'acquisition pour avoir des pics plus intenses. Penser à zoomer sur le spectre.

On peut avoir un décalage dû à l'étalonnage du spectro qui est fait de base (du type 5nm).

3 Réseau optique : détermination de la longueur moyenne du doublet du sodium

On va maintenant s'intéresser à la détermination du spectre de la lampe à vapeur de sodium. Pour cela, on va utiliser un goniomètre afin de déterminer la longueur d'onde moyenne du doublet du sodium. Un goniomètre permet de mesurer la déviation d'un rayon lumineux par un dispositif optique (ici un réseau).

Liste du matériel :

- goniomètre
- réseau 300 traits par mm
- lampe à vapeur de Hg-Cd, lampe à vapeur de sodium
- miroir plan

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 parallèle 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 la longueur moyenne du doublet du sodium. Pour ça on relève le minimum de déviation en plaçant le réticule entre les deux raies. Et on utilise l'étalonnage pour retrouver la longueur d'onde.

Ce qui limite la résolution de ce spectromètre est à la fois le pas du réseau car il faut que le pas du réseau soit assez faible pour que les angles de déviation minimale soient les plus grands possibles. La largeur de la fente est aussi un élément limitant, il faut donc la réduire au maximum tout en gardant une luminosité suffisante pour voir les raies. Ce spectromètre ne nous a pas permis de séparer les deux raies du sodium donc on va utiliser un spectromètre avec une meilleure résolution : interféromètre de Michelson.

4 Interféromètre de Michelson : mesure de l'écart du doublet du sodium

Voir le livre [physique expérimentale]