

## Montage 24 – Émission et absorption de la lumière

contact : pierre.lombardo@univ-amu.fr

### 1 Rapports de Jury

2016 : Ce montage ne devrait pas être confondu avec le montage « Spectrométrie optique ». Des expériences quantitatives sur l'absorption sont attendues. En outre, les propriétés d'émission du laser ne sont pas hors sujet.

2013 : Il est regrettable que les expériences d'absorption restent qualitatives

2011 : Si ce montage se distingue plus du montage 9 cette année, les deux aspects de l'intitulé doivent être abordés. Rappelons que la qualité des mesures dans ce montage est souvent liée à une bonne connaissance des spectromètres utilisés.

2010 : Les remarques des années précédentes s'appliquent toujours. Ce montage est à différencier du montage 9. Cela ne dispense pas de l'étalonnage des spectromètres, dont on doit connaître en particulier la résolution.

2009 : L'émission du corps noir n'est pas stricto sensu une émission spontanée. Les ordres de grandeurs des largeurs de raies et leur origine devraient être connus des candidats.

2008 : L'utilisation des récents spectromètres à fibre optique interfacés USB nécessite la connaissance de son mode de fonctionnement et doit s'accompagner d'une analyse critique des résultats, notamment en termes de résolution et de justesse.

### 2 Introduction

L'étendue des manipulations possibles dans ce montage est vaste car on peut montrer l'absorption ou l'émission par des solides, liquides ou vapeurs, et ceci dans les différents domaines spectraux qui composent le domaine de l'optique (visible, IR et UV).

### 3 Émission et absorption par des vapeurs

#### 3.1 Lampe spectrale à vapeur de Mercure

Biblio : Sextant p. 4; Duffait p. 134

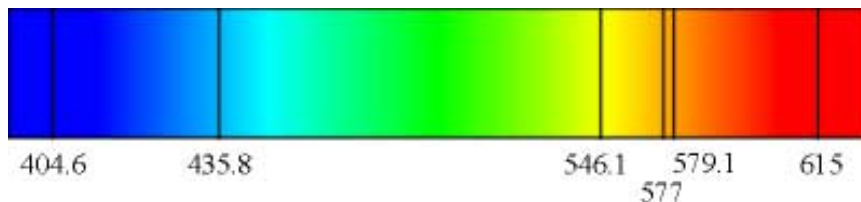


FIGURE 1 – Spectre de raies du Mercure

Avec la lampe à vapeurs de mercure haute pression, très lumineuse (lunettes obligatoires car contient des UV), on peut montrer le spectre de raies (Fig. 1) émis par des vapeurs atomiques. Pour la visualisation, éclairer une fente avec un condenseur, conjuguer la fente avec un écran et utiliser un système dispersif comme un PVD (prisme à vision directe). On peut vérifier rapidement la valeur de certaines longueurs d'onde en utilisant des filtres interférentiels. L'expérience du paragraphe 3.3 permet de montrer que ces raies ne sont pas infiniment fines, mais présentent une certaine largeur. On peut ici utiliser un réseau pour déterminer les longueurs d'onde de la lampe à vapeurs de mercure.

### 3.2 Mesure de la constante de Rydberg

*Biblio : Duffait d'optique p. 134*

Le but de ce TP est d'estimer, avec le plus de précision possible, la valeur de la constante de Rydberg à partir de l'observation du spectre d'émission d'une décharge électrique dans de l'hydrogène. Le matériel est le suivant :

- une lampe spéciale comprenant un tube capillaire rempli d'hydrogène à basse pression, dans lequel on établit une décharge par l'application d'une haute tension.
- un spectromètre avec barrette CCD intégrée (USB), connecté à un micro-ordinateur via le port USB ;
- une fibre optique ;
- une lampe spectrale à vapeur de mercure pour l'étalonnage du spectromètre.

Repérer une petite dizaine de raies les plus intenses. Les longueurs d'onde de la série de Balmer sont données par la loi :

$$\frac{1}{\lambda}(\text{cm}^{-1}) = R_y \times \left( \frac{1}{4} - \frac{1}{n^2} \right)$$

avec  $n$  entier et où  $R_y$  désigne la constante de Rydberg qu'on se propose de déterminer. En prenant comme valeur approchée  $R_y = 110000 \text{ cm}^{-1}$ , identifier les raies de l'hydrogène. Un certain nombre de raies n'appartiennent pas au spectre d'émission de l'hydrogène atomique, mais à celui de l'oxygène, dont la présence est inévitable à l'état de traces dans le gaz.

Les longueurs d'onde dans le visible sont :

$\lambda = 410.17 \text{ nm}$  (violet)

$\lambda = 434.05 \text{ nm}$  (bleu)

$\lambda = 486.05 \text{ nm}$  (bleu)

$\lambda = 656.28 \text{ nm}$  (rouge)

### 3.3 Estimation de la largeur de la raie verte du Mercure

*Biblio : Sextant p. 235 et p. 240*

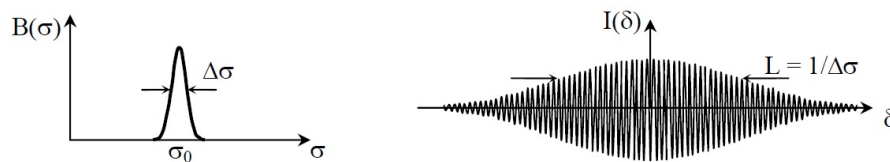


FIGURE 2 – Estimation de la largeur de la raie verte du Hg.

Expérience semi-quantitative : on évalue ici seulement un ordre de grandeur de la largeur de la raie verte d'une lampe haute pression. Avec le Michelson réglé en lame d'air, on détermine approximativement la différence de marche à introduire pour que le contraste au centre des anneaux soit *sensiblement* réduit. L'expérience est bien décrite dans le Sextant. La largeur de la raie (en nombre d'onde  $\Delta\sigma$ ) est obtenue en inversant cette différence de marche ( $L$  sur la figure 2). Enfin, la largeur en longueur d'onde est obtenue par  $\Delta\lambda = \lambda^2 \Delta\sigma$ . Pour la haute pression, cette largeur est principalement due aux chocs entre atomes qui limitent la durée des trains d'onde émis. Elle est de l'ordre de  $\Delta\lambda \approx 0.2 \text{ nm}$ . Pour une basse pression, moins lumineuse, c'est l'effet Doppler qui prédomine et la largeur est dix fois moindre :  $\Delta\lambda \approx 0.02 \text{ nm}$ .

## 4 Absorption par un milieu condensé (liquide solution de $\text{KMnO}_4$ )

*Biblio : Duffait d'optique p. 130*

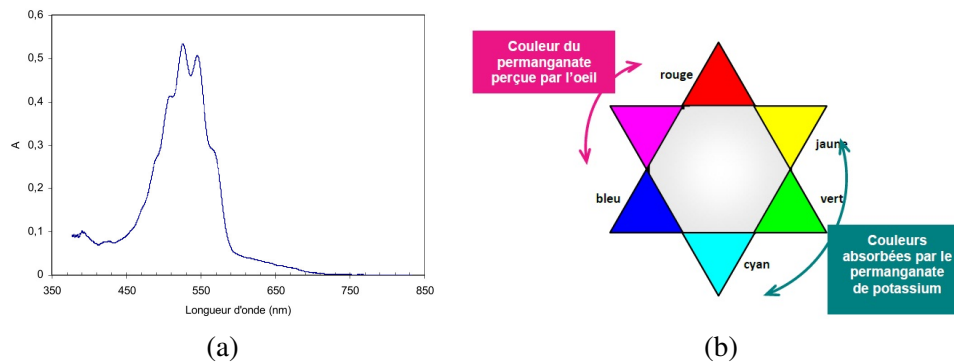


FIGURE 3 – (a) Absorbance du  $\text{KMnO}_4$  pour deux épaisseurs traversées, (b) Couleur du  $\text{KMnO}_4$ .

La concentration de la solution doit être faible pour pouvoir voir les bandes d'absorption. Avec le spectromètre à fibre, il faut d'abord acquérir le *blanc* puis le *noir* de manière à pouvoir afficher l'absorbance du  $\text{KMnO}_4$  (voir Duffait d'Optique). Le *blanc* doit être mesuré avec le même montage, même lentille, même cuve (pleine d'eau), même condenseur etc... de manière à ce que les transmittances spectrales de chaque élément (ainsi que la luminance spectrale de la source et la sensibilité spectrale du détecteur) se simplifient dans le quotient de l'absorbance.

On peut vérifier la loi de Beer-Lambert  $I = I_0 e^{-\alpha L c}$ . Le plus simple est de le faire pour deux épaisseurs traversées d'une même solution, par exemple en tournant la cuve. Dans ce cas, bien penser à refaire le *blanc* avec la cuve tournée pleine d'eau.

On peut aussi utiliser des solutions de différentes concentrations.

## 5 Emission et absorption résonantes : résonance optique du Sodium

Biblio : Duffait d'optique p. 132

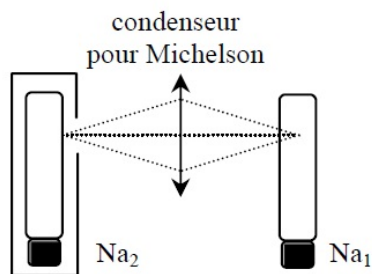


FIGURE 4 – Résonance optique Na.

L'expérience est schématisée par la Fig. 4. Les deux lampes doivent être allumées à l'avance et on les conjugue avec un condenseur. Après avoir coupé l'alimentation de la lampe 1, cette lampe paraît encore un peu lumineuse (alors qu'elle n'émet quasiment aucune lumière lorsqu'elle est éclairée par un Q.I.). Ne fonctionne pas avec une lampe à vapeur de mercure car la raie visible principale (verte) correspond à une transition entre deux états excités alors que pour le sodium, les transitions se font à partir de l'état fondamental.

Notez que cette expérience est qualitative et qu'elle rapportera peu de points, elle peut illustrer une conclusion du montage : "Ici l'émission et l'absorption sont résonantes, elles se font à la même fréquence". Cette manipulation peut se faire également dans le montage résonance.