

# M11 : Émission et absorption de la lumière.

## Rapport jury:

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. Émission et absorption dans le domaine optique : Il est regrettable que les expériences d'absorption restent qualitatives. 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. Cela ne dispense pas de l'étalonnage des spectromètres, dont on doit connaître en particulier la résolution. Les ordres de grandeurs des largeurs de raies et leur origine devraient être connus des candidats.

## Introduction:

### **Intro qualitative (pas sûre qu'elle soit utile):**

Comparaison spectre Continu/Discontinu:

Utilisation lampe incandescente et Utilisation lampe à mercure : excitation nous donne un spectre avec certaines raies seulement.

On utilise un laser Hélium-Néon → source lumineuse monochromatique (qu'une seule raie).

Parler de la largeur de raie → sur un spectromètre : Que représente la largeur de la raie ?

ce n'est en réalité pas la largeur de raie : la valeur obtenue est liée à la résolution du spectro donc avoir connaissance de la datasheet. Pour laser Hélium-Néon, on peut mesurer la raie à 633 nm mais la largeur trouvée n'a rien à voir avec la largeur spectrale. On ne peut pas la mesurer avec ce type de spectro. Il faut regarder dans datasheet la valeur de l'incertitude de l'appareil !

## **I - Emission**

Ici, émission par échauffement thermique, c'est mode d'émission des lampes à incandescence ordinaires ou des Quartz-Iode. Un corps est chauffé à Haute température (incandescence), et les matériaux employés (tungstène, carbone) émettent un rayonnement voisin de celui du corps noir. Le spectre est continu (même au delà du visible).

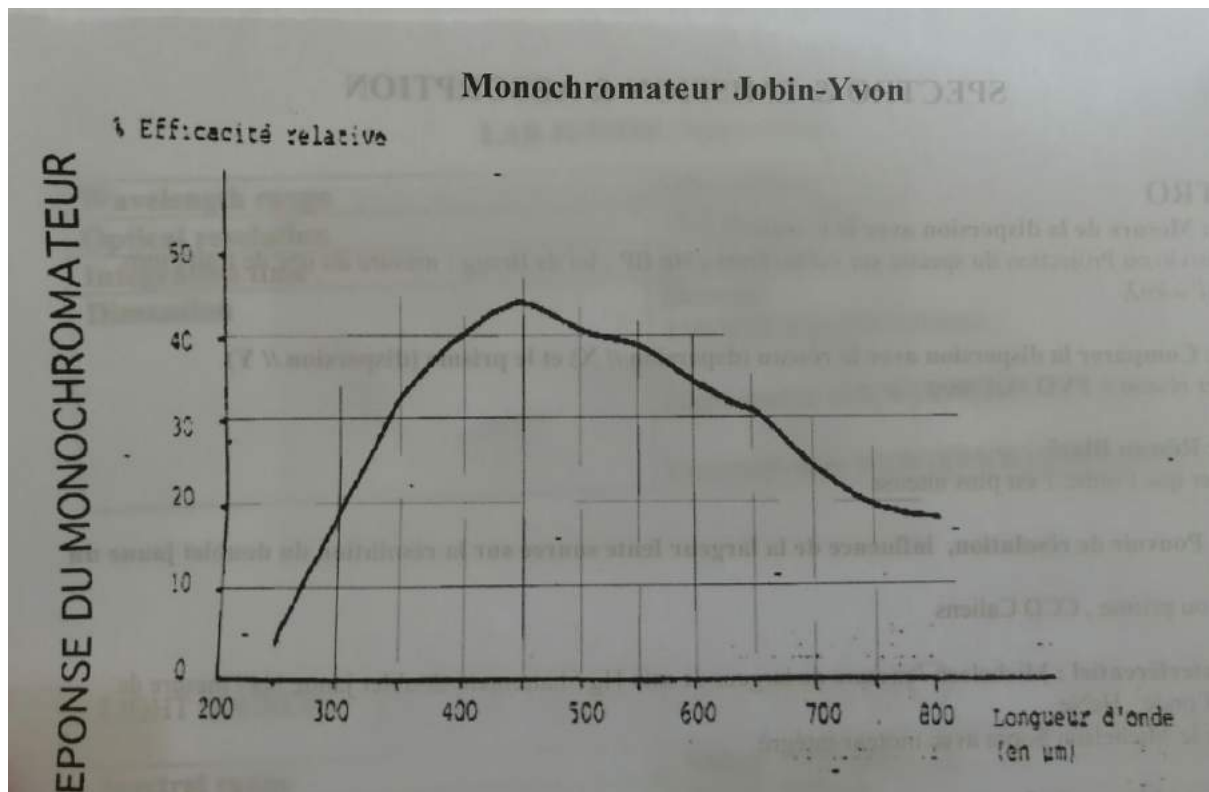
### **Manipulation:** (pas dans le poly)

Lampe QI + monochromateur (réseau qui diffracte la lumière, et on peut sélectionner la longueur d'onde qui sort du monochromateur) + puissancemètre.

- Faire plusieurs mesures en préparation pour différentes longueurs d'onde .
- Monochromateur (Attention x1,5 : calibrage du monochromateur)
- Puissancemètre : il faut régler pour chaque longueur d'onde

Pour le monochromateur, il faut prendre en compte les coefficients dans la datasheet pour calculer la puissance réelle et non celle mesurée.

Celui de Rennes:



Tracé de la puissance corrigée en fonction de la longueur d'onde. Prendre en compte les incertitudes sur la puissance mesurée (puissance mètre) et sur la longueur d'onde (monochromateur).

On relève la puissance max et à quelle  $\lambda$ .

Fitte avec la loi corps noir avec la température en paramètre pour avoir valeur précise ou

utilisation de loi de Wien :  $T_{exp} = \frac{2,9 \cdot 10^{-3}}{\lambda_{max}}$

On a ainsi  $T_{exp}$  (+ incertitudes)

On peut la comparer à la valeur tabulée  $T_{tab}$

## II - Absorption

### 1) Beer-Lambert

Préparation des solutions : préparer la première solution pour une concentration  $C=0,5$  mol/L (on fixe le volume, afin de déterminer la masse de  $CuSO_4$  à prélever). Puis on divise ensuite chaque concentration obtenue pour obtenir différentes solutions.

Protocole : <http://www.ostralo.net/materieldelabo/pages/fiole.htm>

**Montage**: Laser (Néon rouge polarisé) + Cuve ( $CuSO_4$  diluée à différentes concentration) + diaphragme (pour éviter l'effet speckle) juste devant puissance mètre + puissance mètre.

-On doit attendre longtemps avant que le puissance mètre nous donne une valeur stable sinon il faut utiliser un laser semi-conducteur collimaté. (Il en existe aussi en vert donc on peut comparer).

-La lumière ne doit pas être réfléchié en plein dans le laser !!!

-Bien régler le puissance-mètre à la bonne longueur d'onde (celle du laser).

- Intérêt laser hélium-néon rouge : très collimaté → tout va sur les cuves on ne perd pas de lumière, et le CuSO<sub>4</sub> absorbe dans le rouge. Bien être en incidence normale une fois que la cuve est mise.
- Mettre un trait noir sur le support des cuves, afin de toujours positionner les cuves au même endroit.
- On prend une cuve d'eau distillée afin d'avoir  $I_0 =$  (la référence).

#### Tracé Absorbance en fonction de la concentration :

- Comportement linéaire pour des concentrations faibles.
- Pour des concentrations + élevées, la loi n'est plus vérifiée. (On constate que la loi de Beer-Lambert valable jusqu'à  $A=1$ ). La loi de Beer-Lambert s'applique pour des radiations monochromatiques et sa validité est bonne lorsqu'on travaille avec des solutions diluées (la loi est une loi limite à "dilution infinie et interactions nulles"). Lorsque la concentration des solutions à mesurer s'élève trop les propriétés des molécules sont modifiées (le soluté devient peu à peu solvant, les molécules sont statistiquement très proches ...) et la loi de Beer-Lambert n'est plus respectée. De plus, les spectrophotomètres qui permettent les mesures d'absorbance possèdent aussi leurs propres limites :

- le monochromatisme n'est pas parfait (bande passante plus ou moins étroite);
- il y a toujours un fond de lumière parasite même très faible en dehors de la bande passante sélectionnée par le monochromateur ;
- la capacité de réponse des photorécepteurs est limitée aux trop basses énergies reçues.

Ainsi, l'appareil de mesure peut entraîner lui aussi des déviations de linéarité. La linéarité sera donc une question expérimentale pratique au cas par cas, avec effet substance et effet appareillage de mesure.

On réalise modélisation linéaire sur les premiers points pour avoir la loi beer-lambert  $A = \ln(I_0/I) = \epsilon l [C]$ . On obtient ainsi le coeff epsilon (en connaissant la largeur de la cuve : 1cm).

Incertitudes : est ce que les incertitudes sur I et I<sub>0</sub> s'annule. Prendre en compte incertitude de l et [C] ou juste incertitudes par rapport au modèle de régression linéaire?

A savoir: En utilisant différentes longueurs d'onde on obtient des coeff  $\epsilon$  différents, et on a une variation linéaire (de  $\epsilon$  en fonction de  $\lambda$ ) entre 600 et 800 nm.

## **2) Semi-conducteur**

Un SC est transparent si les photons ont une énergie insuffisante pour exciter des électrons de la BV vers la BC et devient opaque dans le cas contraire, si il dépasse le gap entre les deux bandes. On va chercher à mesurer le gap.

**Cf Poly M17-M18** pour plus d'infos : on utilise un SC avec un gap direct pour faciliter l'analyse : Sélénure de zinc dopé au manganèse.

(Montage différent en fonction des polys)

Montage: QI + semi conducteur + spectromètre (Spectrovisio)

- On fait le blanc et le noir du spectro
- On relève  $\lambda_{\text{abs}}$  (incertitude spectro)

$$-E_{\text{gap}} = hc/\lambda = 1,24/\lambda (\mu\text{m}) \text{ (incertitude } E)$$

On peut comparé  $E_{\text{gap}}$  (non dopé), or ici on a probablement un gap dopé.

$E_{\text{gap}}$  correspond à l'énergie nécessaire pour passer de la bande de valence à la bande de conduction.

### III - Absorption et Émission : Fluorescéine

#### Poly III.2

Ce phénomène est particulier et se distingue par la différence entre les longueurs d'ondes absorbées et celles qui sont réémises.

La fluorescéine absorbe le bleu et réémet dans le vert.

#### Montage:

Lampe QI (utiliser au max une lampe blanche de meilleure qualité ou prendre une lampe à vapeur de mercure HP car la fluorescéine absorbe l'UV et la QI n'en émet pas beaucoup, HP car elle possède un spectre continu en plus du spectre de raies.) + Cuve de fluorescéine (que l'on peut remplacer par de la rhodamine - cf Poly) + voir indications poly.

On constate les différences entre la lumière transmise et la lumière diffusée avec divers filtres (rouge, jaune, bleu).

Utiliser lentilles (normales ou quartz, voir poly)

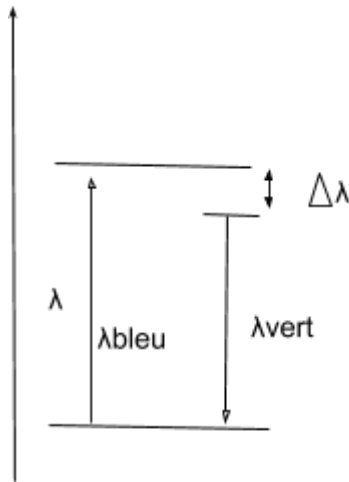
#### Utilisation du Spectrovisio : Calibrage ( faire blanc et noir)

-On visualise le spectre direct avec la cuve remplie d'eau, puis avec la fluorescéine : On relève le  $\lambda_{\text{max}}$  (longueur d'onde d'absorption).

-On visualise le spectre transversal (spectre d'émission) pour déterminer le domaine spectral de réémission de la fluorescéine. : on met le spectro à  $90^\circ$  (pour pas avoir la lampe blanche, mais on pourrait être à  $45, 60^\circ \rightarrow$  la lumière est émise dans tous les sens donc on peut). le spectro doit être placé très proche de la cuve car diffuse très vite et phénomène peu lumineux (utilisation d'un drap noir), on remarque émission dans le vert, on relève le  $\lambda_{\text{max}}$  (longueur d'onde d'émission).

On calcule le décalage spectral, on a  $\Delta\lambda =$  différence des 2  $\lambda$  (différence entre longueur d'onde d'émission et longueur d'onde d'absorption).

$\rightarrow$  **Attention ici le dessin est en énergie, et donc en fréquence ce qui est inversement proportionnelle à la longueur d'onde.**



Explication : Le photon exciteur doit avoir une énergie supérieure au photon réémis.

La lumière réémise par la molécule excitée lors de la fluorescence peut être de même longueur d'onde, ici on a une longueur d'onde émise plus grande, particulièrement dans les milieux liquides, du fait que la longueur d'onde d'émission après excitation soit plus grande provient du fait que la molécule retourne à l'état fondamental à partir du niveau de vibration le plus bas de l'état excité : loi de Kasha [https://fr.wikipedia.org/wiki/Loi\\_de\\_Kasha](https://fr.wikipedia.org/wiki/Loi_de_Kasha). Avant de se désexciter, la molécule subit une relaxation vibrationnelle, c'est à dire qu'il perd un peu d'énergie sous forme de vibration (phonon) ou de chaleur, et il retourne ensuite à son état fondamental initial en émettant un photon de plus grand longueur d'onde.

[https://fr.wikipedia.org/wiki/D%C3%A9placement\\_de\\_Stokes](https://fr.wikipedia.org/wiki/D%C3%A9placement_de_Stokes)

Cette différence est appelée déplacement de Stokes, lors de la collision inélastique entre une molécule et un photon, une radiation de longueur d'onde supérieur à celle qui a permis l'excitation est émise.

Application : Green fluorescent protein :

[https://fr.wikipedia.org/wiki/Prot%C3%A9ine\\_fluorescente\\_verte](https://fr.wikipedia.org/wiki/Prot%C3%A9ine_fluorescente_verte)

Microscopie à fluorescence

[https://fr.wikipedia.org/wiki/Microscopie\\_%C3%A0\\_fluorescence#Fluorescences\\_primaires\\_et\\_secondaires](https://fr.wikipedia.org/wiki/Microscopie_%C3%A0_fluorescence#Fluorescences_primaires_et_secondaires)

Questions :

-Pourquoi avoir utilisé un monochromateur plutôt qu'un spectro USB ? Qu'est ce qu'il y a dans le monochromateur ? Et dans un spectro USB ?

-Pourquoi la rhodamine (ou fluorescéine) réémet une lumière rose si on lui envoie une lumière verte ?

-Pourquoi certain laser Hélium-Néon donne une lumière verte d'autre rouge ? Les atomes d'hélium majoritaires sont excités par décharge électrique. Lors des collisions d'un des atomes de néon, minoritaires, initialement dans l'état fondamental, avec un atome d'hélium excité, l'énergie  $E_2$  de l'hélium est transmise au néon. Les niveaux métastables de l'hélium coïncident avec des niveaux excités du néon.

-Questions classiques sur les causes d'élargissement d'une raie spectrale : élargissement naturel (principe d'incertitude relie à la durée de vie d'un état excité et la précision de son niveau énergétique)/ élargissement Doppler (Basse pression ou Haute Température car vitesse des particules élevées.)/élargissement collisionnel (collision entre particules modifie leurs niveaux énergétiques)