

Manip 1/2 : Mesure de la température d'une lampe quartz-iode (QI) en utilisant la loi de Planck.

On capte l'émission du Soleil à l'aide d'un spectromètre USB sur SpectraSuite et on enregistre le spectre en fichier .txt .

Par un scripte python (ou Qtiplot), on lie le fichier .txt et on affiche le spectre.

On voit bien les bandes d'absorption qui correspondent à l'absorption du O_2 et H_2O de l'atmosphère.

On peut aussi utiliser une lampe QI qui a un spectre qui ressemble en bonne approximation à un corps noir.

$$u_\nu = \frac{8\pi h}{c^3} \frac{1}{e^{\frac{h\nu}{k_B T}} - 1}$$

Dans le domaine considéré, $\lambda T = 0.029 \text{ K.m}$, donc le terme exponentiel est grand devant 1. On a alors en bonne approximation

$$u_\lambda = \frac{hc}{\lambda^5} \exp\left(-\frac{hc}{\lambda k_B T}\right)$$

On trace donc sur QtiPlot :

$$\ln(\lambda^5 u_\lambda) = -\frac{hc}{\lambda k_B T} + \ln(hc^2) = -\alpha \frac{1}{\lambda} + \beta$$

On obtient donc pour le soleil $T = 4137 \text{ K}$ qui est un bon ordre de grandeur. La vraie valeur = 5700K.

Pour QI, On mesure $\alpha = 4,2263 \times 10^{-6} \text{ m}$, d'où on déduit $T = 3430 \text{ K}$. L'ordre de grandeur est satisfaisant (proche de celle de la surface du Soleil).

Cette linéarisation ne fonctionne que dans le visible, à la fois à cause des limitations du spectromètre et de l'approximation que nous avons discutée.

Manip 2/2 : Spectre de l'hydrogène (Balmer)

Référence : Poly TP - Série 3 - Spectroscopie

Explication théorique :

La partie visible du spectre de l'hydrogène atomique se situe dans la série de Balmer qui correspond à des transitions des niveaux de nombre quantique principal $n = 3, 4, 5$ etc... vers le niveau de $n = 2$.

L'énergie du niveau de nombre quantique n est donnée par : $E_n = -\frac{Rhc}{n^2}$

Où $R = 1.097 \times 10^7 \text{ m}^{-1}$ est la constante de Rydberg.

Donc la longueur d'onde λ_n de la transition est définie par : $\frac{1}{\lambda_n} = R \left(\frac{1}{4} - \frac{1}{n^2} \right)$

Si l'électron interagit avec atome H sans modifier son énergie interne ($E_{tot} = E_c + U$) c'est une collision élastique donc que le mouvement global des particules qui est affecté.

Si l'électron transfère à H de l'énergie en l'excitant ou ionisant donc collision inélastique.

Fonctionnement et Allure de la lampe d'Hydrogène :

Lampe Hydrogène = cathode + anode \rightarrow décharge électrique avec tension > tension de claquage. Donc on a un plasma.

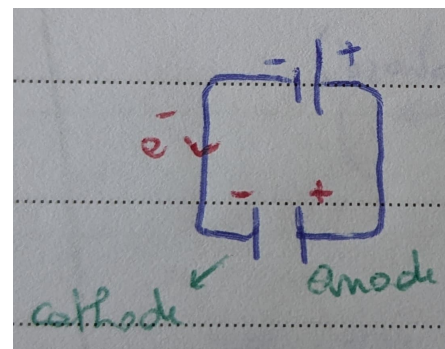
Avant claquage, charge (-) reste à l'armature |

L'autre armature | perd un e^- pour fermer le circuit.

Puisqu'il perd un e^- donc oxydation donc c'est l'anode.

Les e^- partent de la cathode et excitent le gaz ou l'ionisent.

Puis ces e^- perdent de l'énergie et ne sont plus capable d'exciter le gaz. Puis par le champ électrique (de l'anode) et ils regagnent de l'énergie et réexcite d'autres atomes puis perdent cette énergie .. etc.
D'où les ondulations au début de la colonne de la lampe.



Puis on voit une beaucoup une faible luminosité puis augmente petit à petit. Car au début on a les transitions faibles ($2 \rightarrow 3$ rouge) puis on gagne de l'énergie au fur et à mesure et on ionise plus et à plus grandes transitions plus énergétiques ($2 \rightarrow 6$ violet).

Élément	Longueur d'onde (nm)	Couleur	Transition
Hydrogène moléculaire (H _I) (série de Balmer)	410,173	Violet	$2 \rightarrow 6$ (H _{δ})
	434,046	Indigo	$2 \rightarrow 5$ (H _{γ})
	486,136	Cyan	$2 \rightarrow 4$ (H _{β})
	656,285	Rouge	$2 \rightarrow 3$ (H _{α})

Elle contient un mélange d'eau et d'eau deutérée D_2O (10% à la fabrication), donc lors de l'ionisation on aura des atomes de H, D et traces molécules O_2 . L'utilisation d'eau deutérée est justifiée par le fait que le deutérium est plus lourd (contient 1 neutron) donc moins mobile = reste plus longtemps dans la lampe ce qui stabilise le plasma et réduit l'échappement des espèces actives. L'énergie des niveaux dépend de la masse réduite

entre e^- et noyau donc μ augmente un peu dans le cas du D ce qui modifie légèrement les niveaux d'énergie. Alors les raies du D sont décalées par rapport à celles de H de l'ordre de $1/1000$ soit 0.1 nm. Donc certaines raies seront doublées ou élargies. Il y aura aussi des raies supplémentaires liées à l'oxygène moléculaire (impuretés).

C'est quoi un plasma ?

Un plasma est un gaz partiellement ou totalement ionisé, contenant des électrons libres et des ions, qui montre un comportement collectif dominé par les forces électromagnétiques.

Le plasma peut être partiellement ionisé comme dans les lampes à décharge ou totalement ionisé comme dans le cœur du Soleil. Ce qui caractérise un plasma, ce n'est pas le taux d'ionisation, mais le fait qu'il y a suffisamment d'électrons libres et que les particules réagissent fortement aux champs électriques/magnétiques.

Pourquoi créer un plasma ?

Pour émettre de la lumière, les atomes doivent être excités à des niveaux d'énergie bien définis. Mais pour exciter un atome depuis son état fondamental, il faut :

- Soit une collision avec un électron très rapide (donc ionisé \rightarrow plasma)
- Soit absorption de lumière (fluorescence, ce qui n'est pas le cas ici)

La tension de claquage est nécessaire pour ioniser le gaz initialement neutre et créer un plasma d'électrons et d'ions. ces électrons libres acquièrent de l'énergie cinétique dans le champ pour collisionner des atomes et les excitent qui à leur tour se dés excitent en émettant de la lumière.

Donc le plasma ne rayonne pas lui-même en Balmer mais il sert à créer les conditions nécessaires à l'excitation des atomes neutres (H et D), qui eux ensuite rayonnent par dés excitation.

La tension de claquage (ou tension de rupture) est la tension minimale qu'il faut appliquer entre deux électrodes dans un gaz (ou isolant) pour provoquer une décharge électrique spontanée, c'est-à-dire créer un plasma. C'est le moment où le champ électrique devient assez fort pour arracher des électrons aux atomes ou molécules du gaz \rightarrow ionisation \rightarrow déclenchement du courant de décharge.

Tant que la tension est $<$ au claquage, aucun courant ne passe car le gaz est neutre donc un isolant (même s'il y a un \vec{E}). Pas de porteurs de charge libres. Mais avec la tension de claque, des e^- sont arrachés (ionisation) et eux ionisent d'autres .. cascade.

Elle dépend de la pression p et la distance entre électrodes d : $V = f(p, d)$ tel que f dépend du gaz. Pour l'hydrogène c'est OG de $10^2 V$ et pour l'air ($d = 1 mm$) $= 3 kV$

Voir notice ENSP 4059 pour comprendre comment marche le spectroscope

La lumière est transmise dans le spectromètre par la fibre optique. Un système optique composé de miroirs et d'un réseau de diffraction permet de faire, pour chaque λ , l'image de la fente d'entrée du spectromètre sur la barrette CCD. Le réseau est fixe et comporte 600 traits par mm. Le domaine spectral observé sur l'ensemble de la barrette est alors 350-1000 nm

Nous utilisons ici des spectromètres miniaturisés à fibre optique de caractéristiques différentes (largeur de la fente d'entrée ou nombre de pixels du détecteur CCD), donc il faut lire la notice pour connaître celles du spectromètre qu'on utilise

Une fibre de petit diamètre donne une meilleure résolution mais collecte peu de lumière

Spectroscopie en générale :

La spectroscopie optique permet d'analyser la luminance spectrale $L(\lambda)$ d'une source lumineuse (spectroscopie d'émission) ou le facteur d'absorption spectral $a(\lambda)$ d'une substance traversée par de la lumière (spectroscopie d'absorption).

C'est un moyen d'investigation et d'analyse très utilisé, dans des domaines variés : physique des gaz, de la matière condensée, astrophysique, chimie, biologie, etc.

On distingue en général deux types de spectroscopes optiques :

- les spectroscopes dispersifs ou à fentes, qui permettent d'analyser la répartition spectrale du rayonnement lumineux (ex. : prisme, réseau)
- les spectroscopes interférentiels qui reposent sur l'analyse de figures d'interférences et permettent de mesurer des différences de fréquences (ex. : Fabry-Pérot ou mesurer des doublets de Na et de Hg avec interféromètre de Michelson).

En spectroscopie dispersive :

- Projection sur un écran en utilisant un réseau et une ou deux lentilles : Ce montage est particulièrement utile pour obtenir une expérience visuelle et est relativement simple à monter. Il permet d'illustrer les influences des largeurs des fentes d'entrée et sortie, du nombre de fentes du réseau éclairées... En revanche, il est moins précis que la mesure au goniomètre
- Mesures au goniomètre : Ce montage permet des mesures bien plus précises pour mesurer un spectre de raies que le montage précédent. Toutefois, l'expérience n'est pas visuelle et n'est donc pas très bien adaptée à l'étude de l'influence des paramètres du spectroscope. Ce montage est par ailleurs inadapté aux lasers
- Mesure au spectromètre USB équipé d'une barrette CCD : Ce montage est rapide et précis. Même si elle ne met pas en valeur vos qualités expérimentales en termes de dispositif optique, la réalisation correcte de ce montage met en avant d'autres expertises instrumentales (collection de la lumière, choix de fibre, du temps d'acquisition, du moyennage, lien de ces paramètres avec la résolution spectrale, etc.)
- Mesure au monochromateur à réseau couplé à un détecteur : Il s'agit de la version "manuelle" du montage précédent. Il est donc plus long et délicat à mettre en œuvre.

Ces différents montages peuvent être utilisés pour étudier plusieurs spectres :

- Spectre d'émission d'une lampe à vapeur
- Spectre d'émission d'une DEL de couleur ou blanche
- Spectres d'absorption (semi-conducteur, colorant).

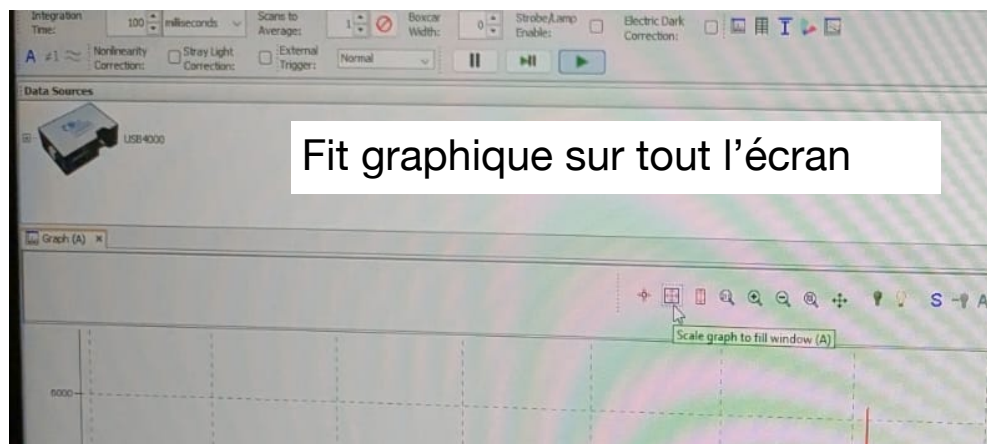
Spectromètre à réseau équipé d'une barrette CCD



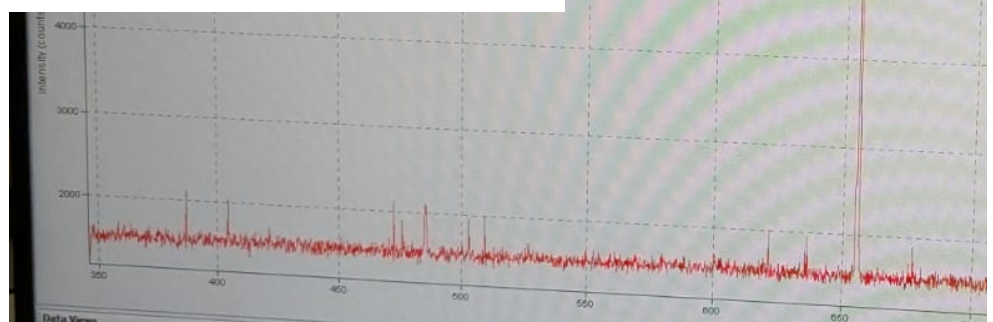
Fibre optique pour transmettre lumière au Spectromètre



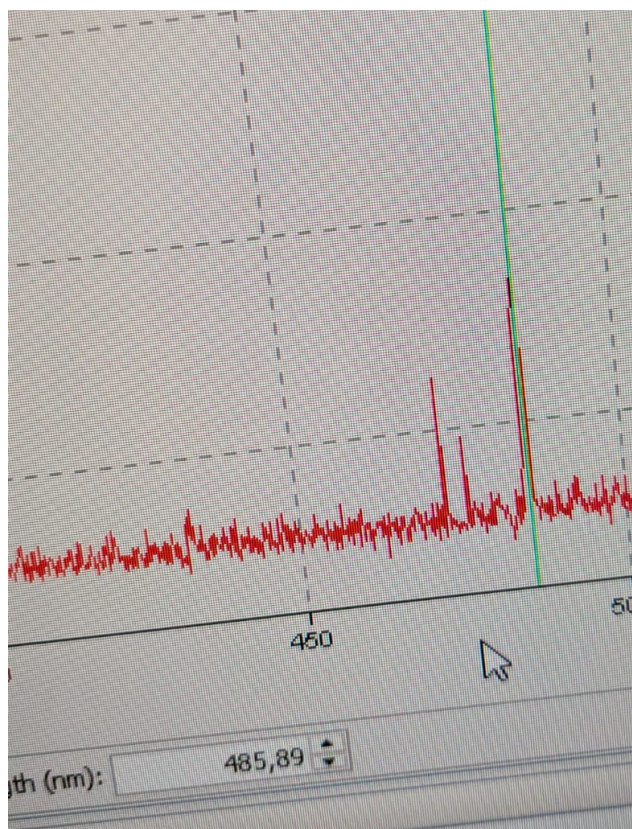
Fit graphique sur tout l'écran



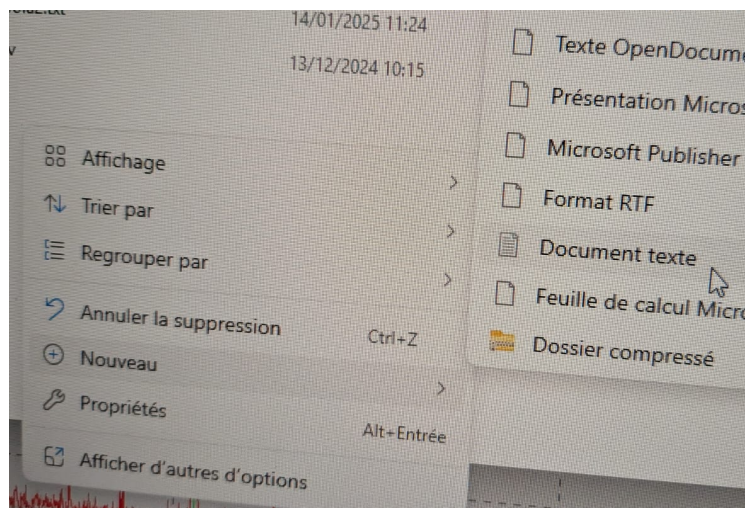
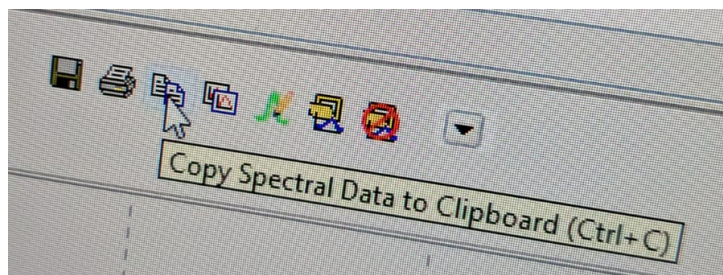
Logiciel "SpectraSuite"



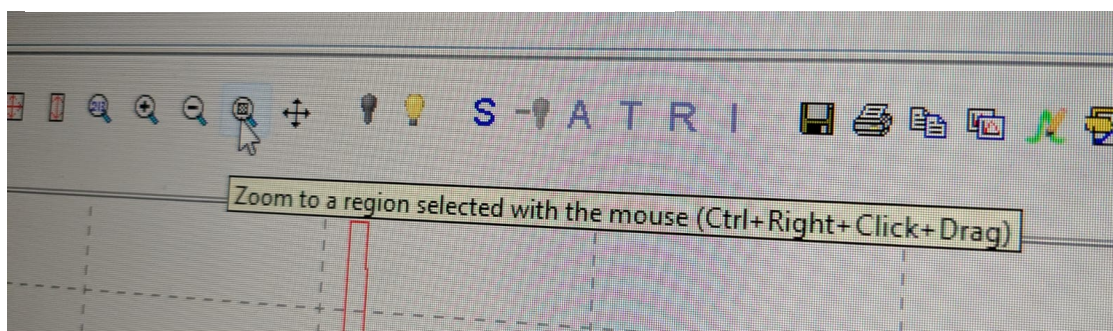
On appuie sur la courbe et on a le curseur pour chercher les pics



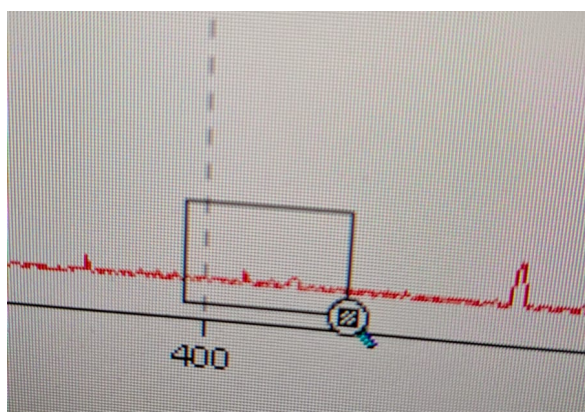
Copier les data et créer un fichier text dans Folder désiré puis on colle les data



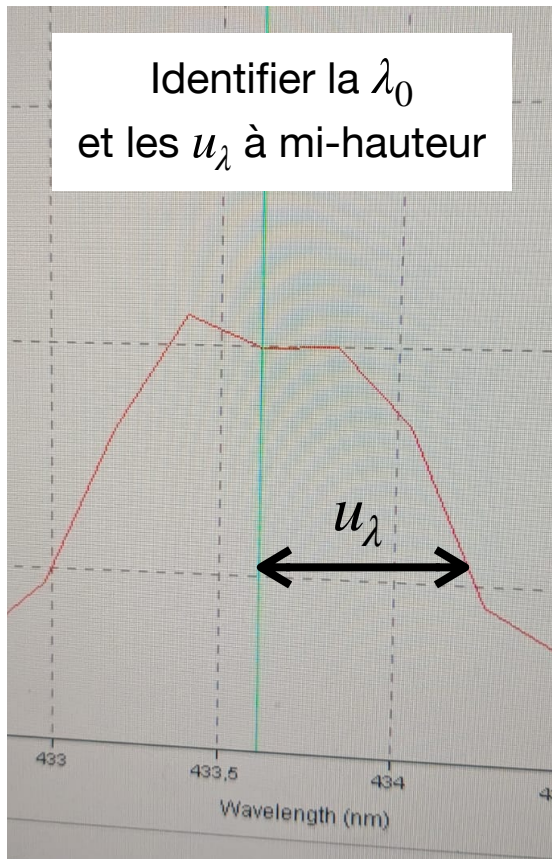
Pour trouver les λ des pics on zoom autour de chaque pic



Fichier	Modifier	Af
345,77	1388,52	
345,99	1388,52	
346,20	1388,52	
346,42	1292,27	
346,64	1372,14	
346,85	1546,22	
347,07	1501,16	
347,29	1566,70	
347,50	1562,60	
347,72	1619,94	



Identifier la λ_0
et les u_λ à mi-hauteur



Sur Qtiplot :

- Calculer $1/\lambda$ et le convertir en m
- Par u_λ trouver $u_{1/\lambda}$
- Regression linéaire et trouver R

$$y = \frac{1}{\lambda} \rightarrow u_y = \frac{u_\lambda}{\lambda^2}$$

$$x = \frac{1}{4} - n^{-2}$$

	lambda	1/lambda[Y]	n	uLambda	u1/Lambda[yEr]	x[X]
	nm	m-1		nm	m-1	
1	409,76	2 440 452,948067	6	0,43		
2	433,62	2 306 166,689728	5	0,43		
3	485,47	2 059 859,517581	4	0,32		
4	656,83	1 522 463,955666	3	1,98		
5						
6						
7						

Pour la ligne (i)

Auto

<<

>>

col("x")= Σ

$(1/4) - (col("n"))^{(-2)}$

