

TP 7 – Mesures de longueur d'onde à l'aide d'un goniomètre

Matériel : goniomètre, lampe spectrale à vapeur de mercure (Hg) et de sodium (Na), prisme, ordinateur, lampe de bureau ou de poche pour lecture vernier.

Objectifs : utiliser un goniomètre, étudier le spectre de lampes spectrales, étudier la dispersion du verre.

Attention : Ne pas éteindre les lampes spectrales (sauf lorsque explicitement demandé par l'énoncé).

Ne pas déplacer les lampes spectrales (ou alors très doucement) : les ampoules sont fragiles.

Ne pas faire tomber les prismes ! Ne pas trop toucher leurs faces pour ne pas les salir.

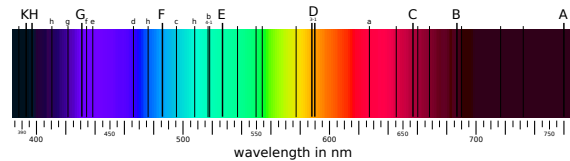
Ne pas toucher aux vis du goniomètre sauf celles indiquées dans l'énoncé.

I Introduction

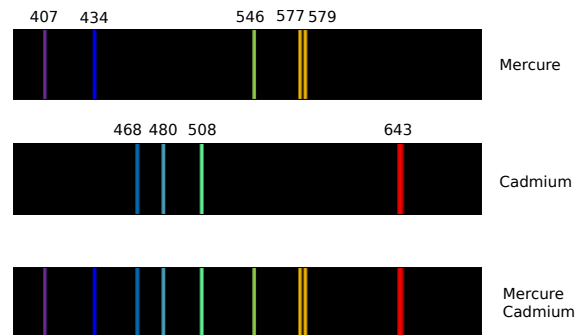
La spectroscopie (ou spectrométrie) optique est l'étude du spectre d'un rayonnement lumineux. Le premier spectre précis fut produit par Fraunhofer vers 1814 à l'aide du premier réseau de diffraction, qu'il mit au point lui-même pour l'occasion. La lumière analysée était celle du Soleil, qui contient des milliers de lignes d'absorption dû à l'absorption de son rayonnement par les gaz constituant la couronne solaire. Ceci permit par exemple la découverte de l'hélium.

Un spectromètre (ou spectroscopie) est toujours constitué d'une fente source, d'un élément dispersif (un prisme ou un réseau), et d'un moyen d'observation ou de mesure (vernier d'un goniomètre, capteur CCD, mesure sur une feuille de papier...).

Nous étudions dans ce TP l'exemple d'un spectromètre utilisant un goniomètre.



Spectre d'absorption de la lumière solaire. Seule quelques raies d'absorption sont représentées.



Exemples de spectres d'émission de lampes à vapeur.

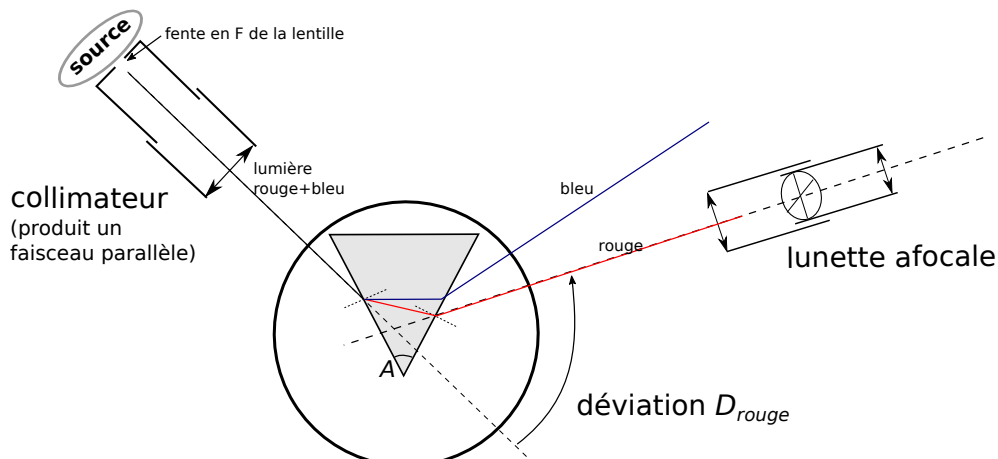
II Principe du montage et réglage du goniomètre

Un goniomètre permet une mesure précise d'angles (à la minute près, mais si on le manipule parfaitement ! il faudra que vous estimiez votre propre incertitude).

Il faut utiliser un élément dispersif afin de décomposer la lumière de la source utilisée : soit un réseau (étudié en 2^e année), soit un prisme.

Si la source est une lampe spectrale, les différentes raies sont envoyées dans différentes directions par cet élément dispersif, avec un angle qui dépend de λ . La mesure des angles permet alors d'en déduire une mesure de λ .

Le montage est donc le suivant, vu de dessus :



Réglages

- 1 – Suivre le protocole de réglage donné en annexe (réglage de la netteté du réticule, de la lunette, du collimateur). On utilisera la lampe spectrale au mercure (Hg).

III Étude de la dispersion avec la lampe au mercure

Observation du spectre du mercure

- 2 – Placer le prisme de sorte à observer le spectre de la lampe à vapeur de mercure. Recopier ce spectre observé sur votre compte rendu, et essayer d'identifier quelques-unes des raies parmi celles tabulées ci-dessous. Pas de mesures à faire pour l'instant.

λ (nm)	623,4	612,3	607,3	579,1	577,0	546,1	491,6	435,8	407,8	404,6
Couleur	rouge	rouge	rouge	jaune	jaune	vert-jaune	bleu-vert	indigo	violet	violet
Intensité	moyen	faible	faible	forte	forte	forte	moyen	forte	faible	forte

Mesure de l'angle au sommet du prisme

Il est nécessaire, pour la suite du TP, de mesurer précisément l'angle au sommet du prisme. On suit pour cela le protocole décrit dans l'annexe.

- 3 – Suivre le protocole.

Quelle est l'incertitude élargie que vous estimez sur la mesure de la position angulaire de la lunette? Comme l'angle s'obtient par différence de deux mesures d'angles, l'incertitude sur A sera deux fois celle sur la mesure d'un angle.

Donner finalement la valeur de votre mesure de A , accompagnée de son incertitude élargie.

Mesure de l'indice optique du prisme

On va d'abord mesurer l'indice optique n pour une longueur donnée, celle de la double raie jaune du mercure. La méthode utilisée est celle du minimum de déviation.

- 4 – Réaliser la méthode décrite dans l'annexe pour mesurer n (pour la raie jaune). On estimera l'incertitude élargie.

Vérification de la loi de Cauchy

L'indice optique du verre dans lequel est taillé le prisme dépend de la longueur d'onde de la radiation : $n = n(\lambda)$. C'est précisément ceci qui fait que l'angle de déviation de la lumière dépend de la longueur d'onde, et donc que le prisme décompose la lumière. La loi empirique de Cauchy (empirique = basée sur des constatations expérimentales) donne cette dépendance sous la forme :

$$n(\lambda) = A + \frac{B}{\lambda^2}, \quad \text{avec } A \text{ et } B \text{ deux constantes positives} \quad (1)$$

(A n'a rien à voir avec l'angle au sommet du prisme.) Les constantes A et B dépendent du type de verre.

- 5.a – Répéter la procédure de la partie précédente afin de mesurer l'indice optique n pour, en tout, cinq longueurs d'onde. On prendra les cinq plus lumineuses.
- 5.b – Mettre la loi théorique (1) sous la forme $y = a_{\text{théo}}x + b_{\text{théo}}$: que faut-il poser pour x et y ?
- 5.c – À l'aide du logiciel Régressi et d'une régression linéaire dont on détaillera en quoi elle consiste, tester la validité de la loi de Cauchy. On donnera les valeurs obtenues de A et B et l'incertitude associée.

IV Mesure de la longueur d'onde d'une raie du sodium

On souhaite maintenant utiliser notre connaissance de la loi de Cauchy pour le prisme utilisé (donc les valeurs de A et B), afin de mesurer des longueurs d'onde de raies inconnues. On passe donc à la lampe à vapeur de sodium (Na).

- 6.a – Éteindre votre lampe au mercure, et passer à la lampe au sodium. Observer son spectre. Repérer la raie jaune la plus forte (il s'agit en fait d'un doublet).
- 6.b – Proposer et mettre en œuvre un protocole qui permet de mesurer la longueur d'onde associée.