

SPECTROSCOPE A RESEAU

PC*



DANGER : Ne pas regarder la lampe spectrale au mercure en raison des rayons ultraviolets émis : c'est une lampe à bronzer !

Ne pas éteindre une lampe spectrale si on en a besoin à nouveau au cours de la séance. Il vaut mieux la laisser allumée pendant toute la séance plutôt que l'éteindre et la rallumer !

Si par erreur, vous avez éteint une lampe spectrale, vous devez attendre au moins 20 minutes avant de la rallumer.

I – Réglage du goniomètre :

Le réglage des différents éléments du goniomètre s'effectue dans l'ordre suivant :

- réglage de la lunette autocollimatrice à l'infini,
- réglage de l'horizontalité de la lunette,
- positionnement du réseau sur la plate-forme.
- réglage du collimateur à l'infini,

Voir TP sur le goniomètre à prisme (on remplacera le prisme par le réseau pour faire l'autocollimation).

II – Mesures à réaliser :

1) Théorie du réseau :

On sait qu'un faisceau de rayons parallèles, monochromatiques et arrivant sur un réseau sous un angle d'incidence θ_i est dévié de manière sélective dans des directions θ telles que :

$$\sin \theta - \sin \theta_i = p \frac{\lambda}{a} \quad (1)$$

p : ordre du spectre (nombre entier relatif)

a : pas du réseau

Cette relation est difficilement exploitable car la normale au réseau n'est pas toujours repérable de façon précise.

La déviation des rayons est alors donnée par :

$$D = \theta - \theta_i$$

Minimum de déviation D_{min} :

Pour une longueur λ donnée et pour un spectre d'ordre p donné, la déviation D ne dépend que de l'angle d'incidence θ_i ; cette déviation passe par un minimum quand θ_i varie. On montre qu'au minimum de déviation :

$$\theta = -\theta_i = \frac{D_{min}}{2}$$

$$\Rightarrow 2 \sin \frac{D_{min}}{2} = p \frac{\lambda}{a} \quad (2)$$

Cette relation (2) est facilement exploitable car la détermination de D_{min} est aisée.

Remarque : si l'ordre p du spectre est égal à zéro, les rayons ne sont pas déviés (la déviation est nulle quelle que soit la longueur d'onde λ) ; dans ce cas, l'axe de la lunette est dans le prolongement de l'axe du collimateur.

La mesure de l'ordre p du spectre est facile : il suffit de compter combien de fois on observe une raie d'une couleur donnée en partant du spectre d'ordre zéro (rayons non déviés).

La mesure du pas du réseau peut se faire en observant le réseau à travers un microscope.

La mesure de l'angle de déviation minimale permet :

- Soit de mesurer le pas a du réseau si l'on connaît la longueur d'onde d'une raie donnée ; on peut choisir l'une des raies du doublet jaune d'une lampe spectrale au sodium ;

- Soit de mesurer une longueur d'onde inconnue connaissant le pas a du réseau : c'est le but de la spectroscopie.

Si l'on ne connaît pas le pas du réseau, on peut néanmoins comparer entre elles deux longueurs d'onde.

Soit une raie de longueur d'onde λ_1 observée au minimum de déviation dans son spectre d'ordre p_1 :

$$2 \sin \frac{D_{min_1}}{2} = p_1 \frac{\lambda_1}{a}$$

Soit une raie de longueur d'onde λ_2 observée au minimum de déviation dans son spectre d'ordre p_2 :

$$2 \sin \frac{D_{min_2}}{2} = p_2 \frac{\lambda_2}{a}$$

En faisant le rapport :

$$\frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \frac{p_1}{p_2} \frac{\sin \frac{D_{min_2}}{2}}{\sin \frac{D_{min_1}}{2}}$$

Si l'on connaît la longueur d'onde λ_1 , on peut en déduire la longueur d'onde λ_2 .

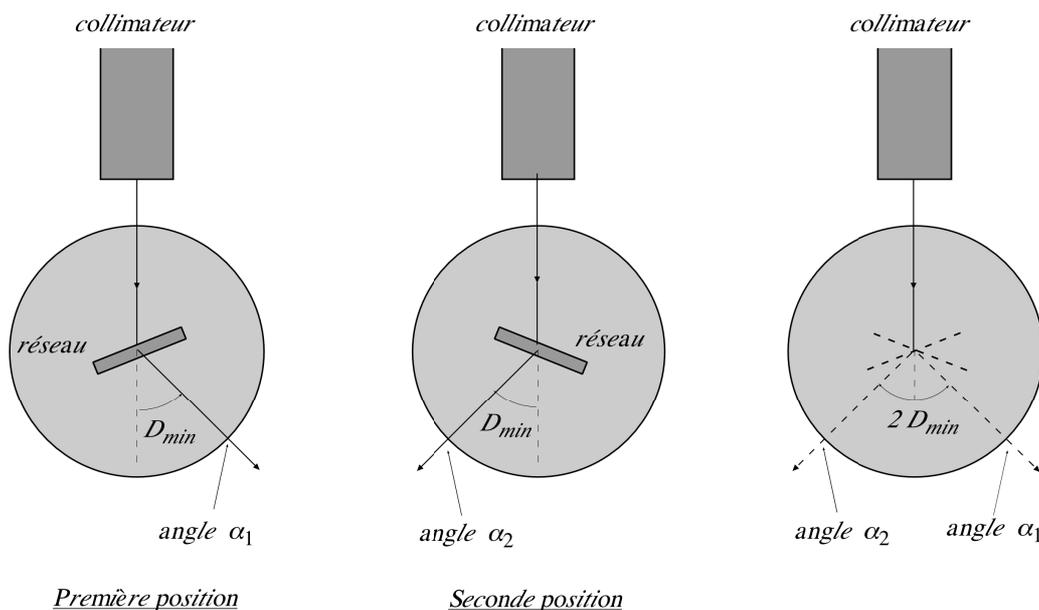
2) Principe de la mesure du minimum de la déviation :

- Éclairer la fente du collimateur avec la lampe spectrale au sodium.

- Observer une raie dans le spectre d'ordre p désiré (cela dépend du pas du réseau choisi).

- Tourner la plate-forme tout en observant la raie choisie pour rendre l'angle de déviation minimal : la raie doit se rapprocher le plus possible de l'axe du collimateur. Faire coïncider la raie choisie avec le trait vertical du réticule.

- Mesurer alors la position de la lunette par rapport au support (angle α_1) ; vérifier à l'œil nu que le plan du réseau est approximativement bissecteur des rayons incident et diffracté.



- Tourner la plate-forme et se placer dans la position de déviation minimale symétrique (cela revient à changer p en $-p$).

- Mesurer alors la position de la lunette par rapport au support (angle α_2) ; vérifier à l'œil nu que le plan du réseau est approximativement bissecteur des rayons incident et diffracté.

- En déduire l'angle de déviation minimale par :

$$D_{min} = \frac{1}{2} | \alpha_1 - \alpha_2 |$$

Attention ! Si la graduation 0° ou 360° se situe entre α_1 et α_2 , il faut modifier la relation précédente !

3) Mesure du pas a du réseau :

- Éclairer la fente du collimateur avec la lampe spectrale au sodium.

- Mesurer l'angle de déviation minimale pour une des raies du doublet jaune pour un ordre p donné du spectre :

On donne : $\lambda_1 = 0,5890 \mu\text{m}$ pour la longueur d'onde la plus petite du doublet jaune.

- En déduire la valeur du pas a avec la relation :

$$2 \sin \frac{D_{min}}{2} = p \frac{\lambda}{a}$$

Calcul d'incertitude sur a :

$$a = p \frac{\lambda}{2 \sin \frac{D_{min}}{2}}$$

On prend le logarithme de chaque membre et on différencie (différentielle logarithmique) :

$$\ln a = \ln p + \ln \lambda - \ln 2 - \ln \left(\sin \frac{D_{min}}{2} \right)$$

Ne pas écrire la ligne ci-dessus qui est une étape intermédiaire "incorrecte" !

$$\frac{da}{a} = \frac{dp}{p} + \frac{d\lambda}{\lambda} - \frac{\cos \frac{D_{min}}{2}}{\sin \frac{D_{min}}{2}} \frac{dD_{min}}{2}$$

On passe ensuite aux incertitudes absolues car, dans le pire des cas, les incertitudes s'ajoutent :

$$\frac{\Delta a}{a} = \frac{\Delta p}{p} + \frac{\Delta \lambda}{\lambda} + \left| \frac{\cos \frac{D_{min}}{2}}{\sin \frac{D_{min}}{2}} \right| \frac{\Delta D_{min}}{2}$$

L'incertitude sur p est nulle car p est un nombre entier (il suffit de ne pas se tromper en déterminant p).

L'incertitude sur λ est supposée négligeable devant celle sur D_{min} .

L'incertitude sur D_{min} est la somme de deux incertitudes :

- L'une d'environ 5' qui correspond à l'appareil (réglage imparfait du parallélisme entre l'axe (Δ) et les fentes du réseau, mauvais alignement des axes du collimateur et de la lunette ...),
- L'autre due à l'incertitude de mesure de l'angle D_{min} .

$$D_{min} = \frac{1}{2} | \alpha_1 - \alpha_2 | \quad \Rightarrow \quad \Delta D_{min} = \frac{1}{2} (\Delta \alpha_1 + \Delta \alpha_2)$$

On peut considérer que :

$$\Delta \alpha_1 \approx 2'$$

En déduire l'incertitude sur le pas a .

Calcul du nombre N de traits par mm :

$$N = \frac{1}{a}$$

Incertainitude sur N :

On calcule la différentielle logarithmique :

$$\ln N = - \ln a \quad (\text{ne pas écrire cette étape intermédiaire "incorrecte"})$$

$$\frac{dN}{N} = - \frac{da}{a} \quad \Rightarrow \quad \frac{\Delta N}{N} = \frac{\Delta a}{a}$$

En déduire ΔN .

Faire si possible deux mesures pour deux valeurs de p différentes.

4) Mesures de longueurs d'ondes inconnues :

a) Mesure d'une longueur d'onde inconnue en mesurant la déviation D_{min} correspondante :

- Mesurer la longueur d'onde λ_2 de la deuxième raie du doublet jaune du sodium, puis la raie vert clair. On pourra utiliser la formule :

$$\frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \frac{p_1}{p_2} \frac{\sin \frac{D_{min_2}}{2}}{\sin \frac{D_{min_1}}{2}}$$

- Remplacer la lampe spectrale au sodium par une lampe spectrale au mercure (ne pas éteindre la lampe au sodium car elle servira plus tard et elle s'use si on l'éteint et si on la rallume quelques minutes après).

Ne pas regarder directement la lampe à mercure à cause des rayons ultraviolets émis !

- Pour chacune des raies les plus visibles de cette lampe, mesurer la déviation D_{min} correspondante et en déduire la longueur d'onde de la raie (faire un tableau comportant les valeurs de α_1 , α_2 , D_{min} , λ et $\Delta\lambda$).

b) Mesure de longueurs d'ondes inconnues en traçant la courbe d'étalonnage du spectroscopie :

- Tracé de la courbe d'étalonnage :

On choisit une lampe spectrale donnant un grand nombre de raies réparties dans tout le spectre visible et de longueurs d'ondes connues ; on choisit la lampe à mercure (**ne pas la regarder directement à cause des rayons ultraviolets émis**).

- Placer le réseau en position de déviation minimale pour une raie située environ au milieu du spectre (on choisit la raie verte du mercure dans le spectre d'ordre 1).

- Faire coïncider chaque raie de la lampe à mercure avec le trait vertical du réticule et repérer l'angle α correspondant à la position de la lunette.

- Tracer la courbe d'étalonnage : angle α en abscisse et longueur d'onde λ en ordonnée.

On donne pour le mercure les longueurs d'onde (en μm) des raies les plus intenses :

Violet : **0,4047** ; 0,4078 ; *indigo* : **0,4358** ; *vert-bleu* : 0,4916 ; *vert* : **0,5461** ; *jaune* : **0,5761** ; **0,5790** ; *orange* : 0,6234 ; *rouge* : 0,6907 .

- Détermination d'une longueur d'onde inconnue :

On va déterminer les longueurs d'onde du doublet jaune du sodium.

- Mettre la lampe au sodium devant la fente du collimateur.

- Mesurer les angles α correspondant à chacune des raies du doublet.

- En déduire leurs longueurs d'onde.

5) Observation des spectres de la lumière blanche

- Éclairer la fente du collimateur en lumière blanche (ne pas éteindre la lampe spectrale au sodium qui resservira plus tard).

- Observer les spectres d'ordre 0, 1, 2 ... en prenant des réseaux de pas différents. Observer les éventuels chevauchements des spectres.