

Activité expérimentale - Spectroscopie à réseau

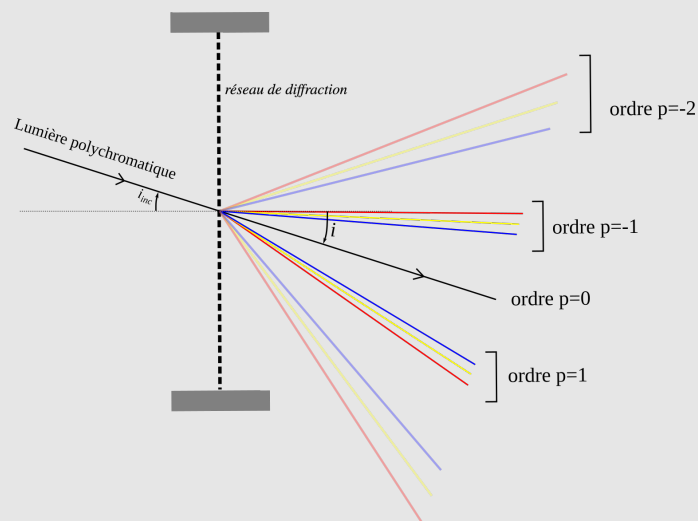
Capacités développées ou évaluées lors de ce TP

- Étudier le spectre d'une lumière inconnue
- Utiliser un appareil de spectroscopie dont la notice est fournie (Goniomètre à réseau).
- Observer un spectre cannelé.

I) Informations théoriques et pratiques

Présentation du réseau de diffraction

Un réseau de diffraction est constitué de fentes fines, très serrées, laissant passer la lumière. Il est caractérisé par son nombre de traits par mm, indication fournie sur le réseau.



Lorsque de la lumière arrive sur un réseau, elle est diffractée par chacune des fentes constituant le réseau. Chacune de ces ondes diffractée interfère avec toutes les autres. Le calcul total de l'intensité diffractée dans n'importe quelle direction permet d'établir les deux faits suivants dont on se servira par la suite :

- L'intensité résultant de la superposition de toutes les ondes est nulle presque partout.
- Les seules directions où cette intensité est non nulle est celle où **toutes** les ondes diffractées par chacune des fentes interfèrent **en phase**.

Ceci se produit quand la différence de marche entre deux rayons lumineux issus de deux fentes adjacentes est égal à $p\lambda$ avec p entier, ce qui conduit à la formule des réseaux pour une longueur d'onde donnée :

$$\sin i_p - \sin i_{inc} = \frac{p\lambda}{a}$$

où λ est la longueur d'onde de la lumière, a la distance entre deux traits, et i l'angle de déviation. p est nommé l'ordre.

On constate immédiatement que la déviation ne sera pas la même pour deux longueurs d'onde différentes : le réseau permet donc de **séparer** spatialement deux longueurs d'ondes différentes, donc de disperser la lumière.

On appelle D la déviation du faisceau incident pour un ordre p donné : $D = i_p - i_{inc}$. On peut montrer théoriquement^a qu'un ordre donné passe par un minimum de déviation D_{min} pour $i_p = -i_{inc}$, ce qui conduit à la formule suivante, utilisable sans justification dans la suite :

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

^a. Pour le mettre en évidence, il faut différentier la formule des réseaux, opération un peu technique

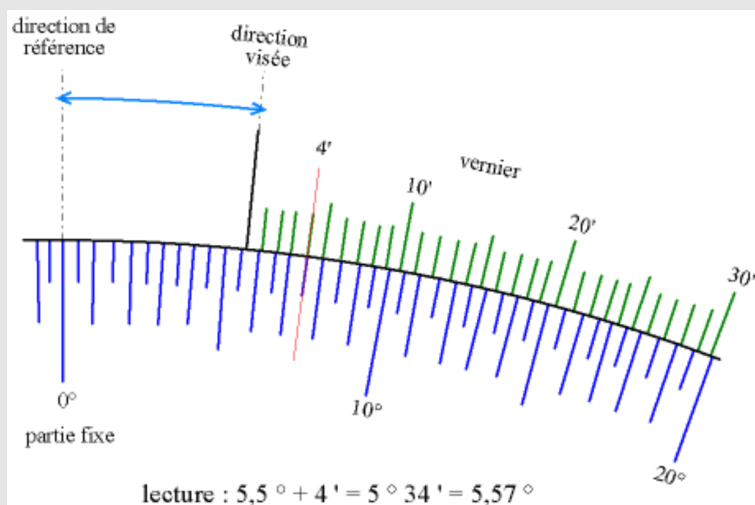
Minutes et secondes d'arc

On définit un degré comme l'angle valant $1/360$ de l'angle plan complet (soit 2π rad). On définit alors les sous-multiples suivants :

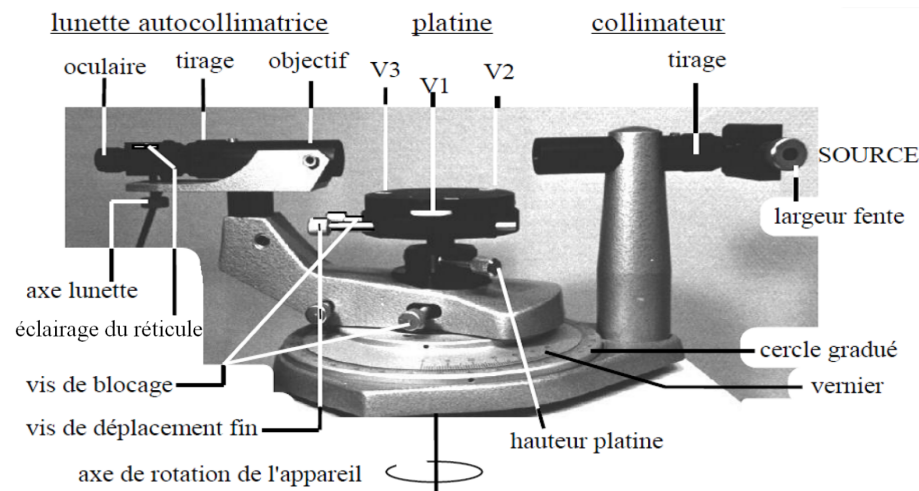
- La **minute d'arc** comme $1' = \frac{1^\circ}{60}$
- La **seconde d'arc** comme $1'' = \frac{1'}{60} = \frac{1^\circ}{3600}$

Lecture sur un vernier angulaire

Pour lire un angle sur un vernier angulaire, on mesure la direction visée avec la graduation gravée sur le plateau fixe (au demi-degré inférieur, valant $5,5^\circ$ sur l'exemple ci-dessous), puis on ajoute l'angle (en minute d'arc) de la graduation comprise entre $0'$ et $30'$ qui est la mieux alignée sur celle du plateau ($4'$ sur l'exemple).



II) Réglage du goniomètre



Le goniomètre est composé :

- d'une platine tournante graduée ;
- d'un collimateur muni d'une fente d'ouverture variable ;
- d'une lunette munie d'un oculaire et d'un réticule servant à l'observation.

Réglage de la lunette

Éclairer le réticule (croix) grâce à la source de lumière latérale. Dans un premier temps, ajuster en le tournant la position de l'oculaire afin de voir la croix nettement **sans accommoder**. Ensuite, maintenir un miroir plan en sortie de lunette, face réfléchissante vers la lunette. On alors doit observer, en plus du réticule, son image réfléchi par le miroir. Tourner le dispositif légendé par *tirage* jusqu'à observer le réticule et son image par le miroir **simultanément nets**. La lunette est alors afocale. Enfin, tourner le bouton de l'axe de la lunette pour rendre cette axe le plus horizontal possible (on se contente d'une estimation à l'oeil nu).

Appel professeur

Réglage de la verticalité du réseau

Placer un réseau sur la platine dans l'alignement de V_1 . Tourner les vis V_2 ou V_3 pour que le réseau vu de côté (directement à l'oeil nu) soit à peu près vertical¹.

Réglage du collimateur

1. il existe un protocole de réglage simultané de la verticalité du réseau et de l'horizontalité de la lunette qui est beaucoup plus précis, mais celui-ci est délicat à mettre en œuvre...

Éteindre la source latérale du réticule et enlever la lame semi-réfléchissante (tirette jute à côté de l'oculaire). Placer une lampe à vapeur de type Hg-Cd (mercure-cadmium) à l'entrée du goniomètre, ajuster la position de la lampe pour qu'un maximum de l'umière entre dans la fente source du collimateur et observer directement un faisceau issu du collimateur avec la lunette. Tourner la molette de tirage du collimateur jusqu'à observer la fente d'entrée parfaitement nette dans le même plan que le réticule. Régler enfin la largeur de la fente source pour qu'elle soit la plus fine possible tout en restant suffisamment lumineuse.

Réglage de la verticalité des traits du réseau

Tourner la lunette pour observer les différents ordres émergeant du réseau.

Appel professeur

III) Mesures et exploitations

1. Éclairer le réseau en incidence normale. Combien d'ordres sont visibles ?



Manipulons...

Choisir une raie de la lampe au mercure-cadmium de longueur d'onde connue (voir tableau à la fin de l'énoncé), dans l'ordre 1 ou 2. Partant de l'incidence normale, tourner la platine tout en suivant la raie à travers la lunette. Vérifier qu'elle rebrousse chemin à un moment donné : il s'agit du minimum de déviation par le réseau pour cette couleur et pour cet ordre. Repérer alors la position angulaire θ_1 de celle-ci. En disposant le réseau dans la position symétrique par rapport à la raie centrale reprendre la recherche du minimum de déviation pour l'ordre opposé. Relever la position θ_2 . On admet alors que $D_{min} = (\theta_2 - \theta_1)/2$.

2. En déduire la valeur de D_{min} puis celle de a .



Manipulons...

Réitérer le protocole précédent pour chaque raie spectrale.

3. En déduire la valeur du pas a du réseau utilisé et son incertitude-type. Pour l'incertitude, on effectuera un traitement statistique à partir des différentes valeurs de a obtenues pour les différentes longueurs d'ondes (incertitude de type A).
4. En déduire la valeur de λ pour la radiation *jaune 1* du mercure (l'incertitude n'est pas demandée).

Principales raies du mercure

Couleur	violet 1	violet 2	vert 2	jaune 1	jaune 2
λ (nm)	404,7	435,8	546,1	?	579,1

Principales raies du cadmium

Couleur	bleu 1	bleu 2	vert 1	rouge
λ (nm)	467,8	480,0	508,6	643,8



Manipulons...

On utilise pour finir une source de lumière émettant un spectre cannelé (le dispositif est « prêt à l'emploi », il suffit de l'alimenter en 6 V). On se place au minimum de déviation dans le spectre d'ordre 2 pour le réseau 4000, ou d'ordre 1 pour le réseau 8000, pour une radiation centrale du spectre visible. On pourra constater que le réseau est sensiblement au minimum pour toutes les radiations. Observer le spectre cannelé.

Les cannelures sont dues au passage de la lumière à travers une lame de mica. On désire mesurer l'épaisseur e de la lame à partir de l'étude des cannelures.

Repérer deux cannelures noires que l'on numérote 0 et p (il y a $p - 1$ cannelures noires entre les deux), prendre $15 < p < 20$.

Repérer les positions angulaires de ces cannelures. Déterminer alors leur longueur d'onde.

De $d = (p_1 + 1/2)\lambda_1 = (p_2 + 1/2)\lambda_2$, avec $p = p_2 - p_1$, on obtient :

$$e = p \frac{\lambda_1 \lambda_2}{2n(\lambda_1 - \lambda_2)},$$

où e est l'épaisseur et $n = 1,58$ est l'indice de la lame.

5. Calculer e accompagné de son incertitude.

Compétences évaluées

Noms et prénoms du binôme :

—

—

Cette grille d'évaluation sert à vérifier que savez faire les étapes expérimentales importantes.

Compétence travaillée	Points
Régler les éléments optiques du goniomètre en suivant le protocole fourni	/2
Relever les minima de déviation pour chaque longueur d'onde	/3
Déterminer le pas du réseau	/1
Déterminer l'incertitude-type sur le pas du réseau	/1
Déterminer une longueur d'onde inconnue	/1
Mettre en oeuvre la méthode pour déterminer l'épaisseur de la lame de mica	/2
Note finale	/10

Remarques :

Matériel

MP/MPI Vendredi 8h/12h P. Bertin

- Goniomètres
- Réseau optique
- Lampes spectrales
- Dispositif "spectre cannelé" avec lame de mica.