

I. Mesure de longueurs d'ondes

1 - Matériel



FIGURE 1 – Goniometre et réseau de diffraction

▲ Définition :

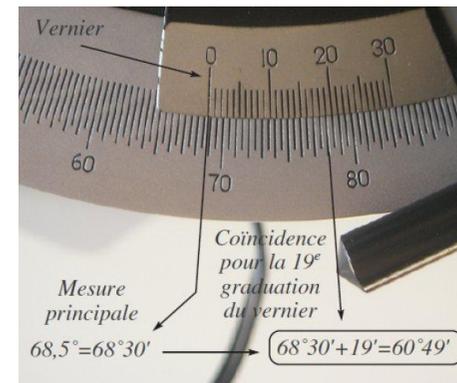
Dans un goniomètre, le **collimateur** (à gauche sur le goniomètre) permet d'obtenir un faisceau de lumière parallèle ;

la **lunette** (à droite) sera réglée à l'infini donc le faisceau observé est parallèle ;

un disque gradué (**limbe**) permet de mesurer en degré et minute les angles entre le collimateur et la lunette.

Les mesures s'effectuent à l'aide d'un limbe qui a un cercle gradué associé à un vernier. L'unité de mesure est le degré et minute.

$$\begin{aligned} 1^\circ &= 60' \\ 1' &= 1/60 \\ &\approx 0,02^\circ \end{aligned}$$



La lecture au vernier s'effectue en mesurant sur le cercle gradué la valeur indiquée par le 0 du vernier. Les graduations sont tous les $0,5^\circ$. On ajoute la valeur en minute (entre 0 30) lorsque les graduations du vernier coïncident avec les graduations du cercle.

2 - Réglages

a) Réglage de la lunette par autocollimation

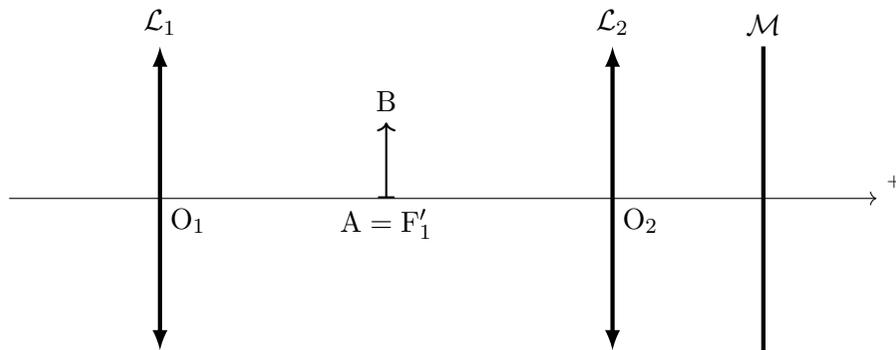
La lunette est constituée d'un oculaire (lentille convergente L_1), d'un réticule (croix) et d'un objectif (lentille convergente L_2).

🔧 Expérience 1

- ✓ placer l'oculaire muni d'un éclairage dans la lunette.
- ✓ le régler à sa vue (en l'enfonçant plus ou moins) de façon à voir nette la croix du réticule.
- ✓ Placer le miroir plan \mathcal{M} contre l'objectif de la lunette.
- ✓ Agir sur la mollette de la lunette jusqu'à voir nettes la croix et son image formée par L_2 et \mathcal{M} .
- ✓ Remettre en place l'oculaire simple et le régler à sa vue, ce dernier réglage pouvant varier d'un individu à l'autre.
- ✓ vérifier que la lunette est bien réglée à l'infini en observant le mur opposé à vous.

À rédiger

- Q 1 - Qu'appelle-t'on « voir net sans accommoder » ?
- Q 2 - Représenter sur un schéma la position de L_1 et du réticule en faisant figurer f'_1 .
- Q 3 - On note AB un objet représentant le réticule, effectuer un tracé des rayons partant de B lorsque le réticule est placé dans le plan focal de L_2 . En déduire la position de l'image $A'B'$.
- Q 4 - Que peut-on dire de la taille de l'image $A'B'$?



b) Réglage du collimateur

Expérience 2

- ✓ Disposer la lampe spectrale contre la fente F.
- ✓ Le réseau n'étant pas sur la platine, observer F et agir sur la mollette du collimateur jusqu'à voir cette fente nette : celle-ci est alors dans le plan focal de L_3 . On prendra, tout d'abord, la fente large (beaucoup de lumière) puis on règlera pour avoir un objet lumineux F le plus fin possible, sans que les bords de F soient en contact.

3 - Déviation minimale

Les angles sont repérés par rapport à la normale au plan du réseau. Pour $p = 0$ le maximum de lumière correspond à $i = i_0$, c'est la direction de la lumière incidente, les ordres sont repérés par rapport à cette direction. Les différents ordres sont répartis de part et d'autre de cette direction. La déviation D est l'angle entre la lumière incidente (ordre 0) et la lumière diffractée que l'on observe :

$$D = i_1 + i_0$$

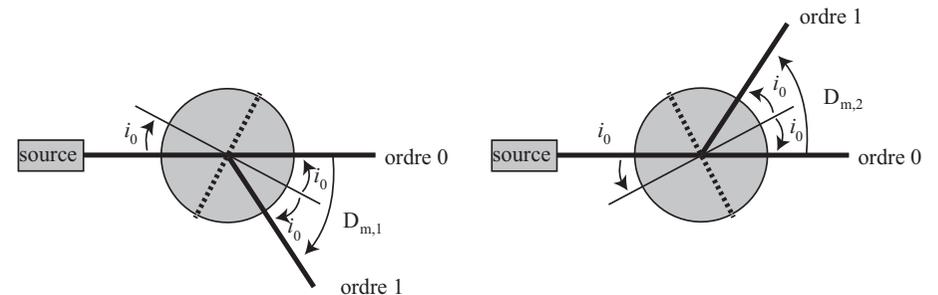
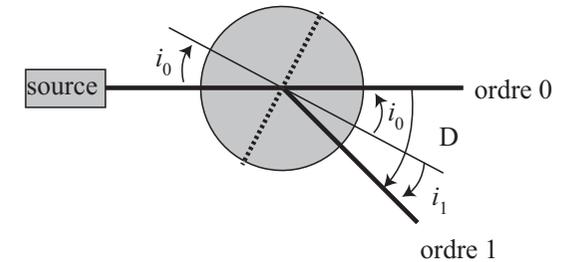


FIGURE 2 – Angle de déviation minimal

Définition :

L'angle de déviation minimale D_m est obtenu en inclinant le réseau de sorte que l'ordre 1 soit le plus proche possible de l'ordre 0. Dans ce cas,

$$|i_1| = |i_0|$$

Toutes les mesures sont effectuées au minimum de déviation. L'ordre mesuré est rapproché le plus possible de l'ordre 0, situé dans le prolongement de la source et du collimateur.

Pour réaliser un pointage précis, on ferme au maximum la fente du collimateur. On donnera les résultats avec 4 chiffres significatifs. Pour un ordre donné : $i = i_0$ En pratique on mesure la valeur de D_m d'un côté ($D_{m,1}$) puis de l'autre côté pour une position symétrie du réseau ($D_{m,2}$). Le minimum de déviation est alors donné par :

$$D_m = \frac{|D_{m,2} - D_{m,1}|}{2} = 2i_0$$

🔧 Expérience 3

- ✓ Mesurer les différents angles de déviation minimale coté gauche ($D_{m,1}$) pour les raies de la lampe à vapeur de mercure-Cadmium (Hg,Cd).
- ✓ Faire de même pour les angles cotés droits ($D_{m,2}$)
- ✓ Remplir le tableau `goniomètre.xlsx` sous Excel et imprimer le.

📝 À rédiger

- Q 5** - Si la mesure de $D_{m,i}$ est biaisée, c'est-à-dire que la valeur vraie est toujours décalée d'une valeur D_{biais} , montrer que le principe de mesure à gauche puis droite permet de supprimer ce biais.
- Q 6** - Grâce à la formule des réseaux, exprimer la longueur d'onde en fonction de D_m et a le pas du réseau.

II. Mécanique quantique

Les lampes utilisées en TP sont constituées d'un mélange de vapeur d'atomes de mercure et de Cadmium. On se propose d'identifier les gaz responsables des raies obtenues précédemment grâce aux valeurs des niveaux d'énergie du mercure.

	E0	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9
eV	-10,50	-5,78	-5,56	-4,98	-3,74	-2,71	-2,51	-1,90	-1,81	-1,60

TABLE 1 – Niveaux d'énergie pour un atome de mercure

📝 À rédiger

- Q 7** - Déterminer les énergies mise en jeu pour des émissions lumineuses dont la longueur d'onde est entre 400 et 800 nm.
- Q 8** - Représenter le diagramme de Jablonski (visualisation des niveaux d'énergie sur un axe vertical).
- Q 9** - Parmi les longueurs d'onde mesurées en première partie, déterminer les énergie correspondantes et les placer sur le diagramme précédent.
- Q 10** - Identifier les niveaux d'énergie (E_0 à E_9) d'un électron des atomes de mercure pouvant intervenir dans les longueurs d'onde mesurées en première partie
- Q 11** - Conclure sur les raies du spectre dues aux atomes de mercure et celle dues aux atomes de Cadmium

On rappelle que l'énergie d'un photon associé à une transition d'un niveau i à un niveau j est donné par :

$$E_j - E_i = \frac{hc}{\lambda}$$

avec $h = 6,02 \cdot 10^{-34}$ J/s

Exercice 1

Une source cylindrique monochromatique éclaire un réseau à N fentes, de pas a . Le faisceau passe après déviation par une lentille, puis arrive sur un écran.

Q 12 - . Où doit-on placer l'écran pour y former les images formées par des rayons parallèles ?

Q 13 - Pourquoi les S_k peuvent-elles être assimilées à N sources cohérentes ?

Q 14 - Calculer le déphasage de S_k par rapport à S_1 .

Q 15 - On suppose que l'intensité lumineuse ne dépend pas de l'angle de déviation θ , exprimer $I(\theta)$. On se placera dans les conditions de Gauss.

Q 16 - Tracer l'allure de $I(\theta)$. Déterminer la demi largeur du pic central.

On utilise désormais une source composée de deux longueur d'ondes. On admet le critère de Rayleigh : les images de deux objets sont distinctes si le maximum d'intensité pour l'une correspond au moins au premier minimum d'intensité pour l'autre.

Q 17 - Exprimer la résolution $R = \frac{\lambda_2 - \lambda_1}{\lambda_1}$ en fonction de N .

Exercice 2

Une source cylindrique monochromatique éclaire un réseau à N fentes, de pas a . Le faisceau passe après déviation par une lentille, puis arrive sur un écran.

Q 1 - . Où doit-on placer l'écran pour y former les images formées par des rayons parallèles ?

Q 2 - Pourquoi les S_k peuvent-elles être assimilées à N sources cohérentes ?

Q 3 - Calculer le déphasage de S_k par rapport à S_1 .

Q 4 - On suppose que l'intensité lumineuse ne dépend pas de l'angle de déviation θ , exprimer $I(\theta)$. On se placera dans les conditions de Gauss.

Q 5 - Tracer l'allure de $I(\theta)$. Déterminer la demi largeur du pic central.

On utilise désormais une source composée de deux longueur d'ondes. On admet le critère de Rayleigh : les images de deux objets sont distinctes si le maximum d'intensité pour l'une correspond au moins au premier minimum d'intensité pour l'autre.

Q 6 - Exprimer la résolution $R = \frac{\lambda_2 - \lambda_1}{\lambda_1}$ en fonction de N .