

TP O2 : Goniomètre à réseau

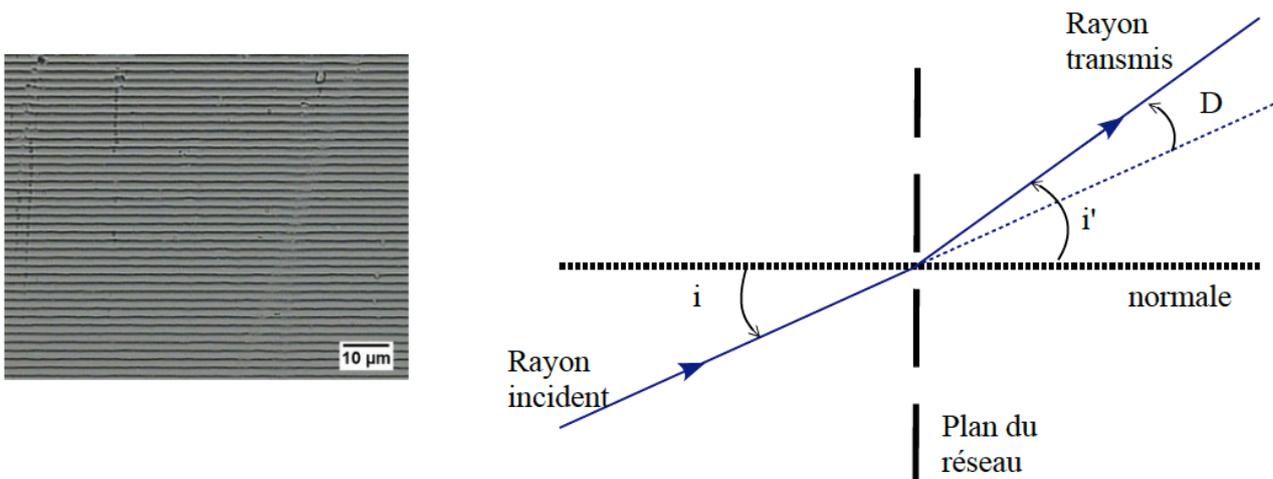
Objectifs : apprendre à régler un goniomètre et effectuer la mesure d'une longueur d'onde.

1. Rappels sur les réseaux de diffraction

1.1. Description

Un réseau plan par transmission est constitué d'un grand nombre de traits parallèles équidistants. La distance entre deux traits consécutifs (pas du réseau) est notée a et la quantité

$N = \frac{1}{a}$ représente le nombre de traits par unité de longueur.



Les angles d'incidence i et d'émergence i' sont repérés à partir de la normale au réseau avec la même convention de signe de même que l'angle de déviation D . Ces angles sont représentés sur la figure ci-dessus.

Pour une onde incidente plane monochromatique, on observe un pic d'intensité dans la direction i' définie par la relation :

$$\sin(i') - \sin(i) = p \frac{\lambda}{a}$$

où p est l'ordre d'interférence du pic de lumière observé, et λ la longueur d'onde de l'onde électromagnétique.

Ce phénomène est dû à la diffraction de l'onde électromagnétique par chaque fente et à la superposition des ondes résultantes, c'est à dire à un phénomène d'interférence à ondes multiples.

1.2. Déviation et minimum de déviation

Pour un réseau éclairé sous une incidence i et donnant un rayon émergent dans la direction i' , l'angle de déviation est défini par $D = i' - i$.

On constate expérimentalement que l'angle de déviation, pour une longueur d'onde donnée et à un ordre donné, admet un minimum D_m pour $i' = -i = i_m$.

On a alors $D_m = 2i_m$ et la formule du réseau donne

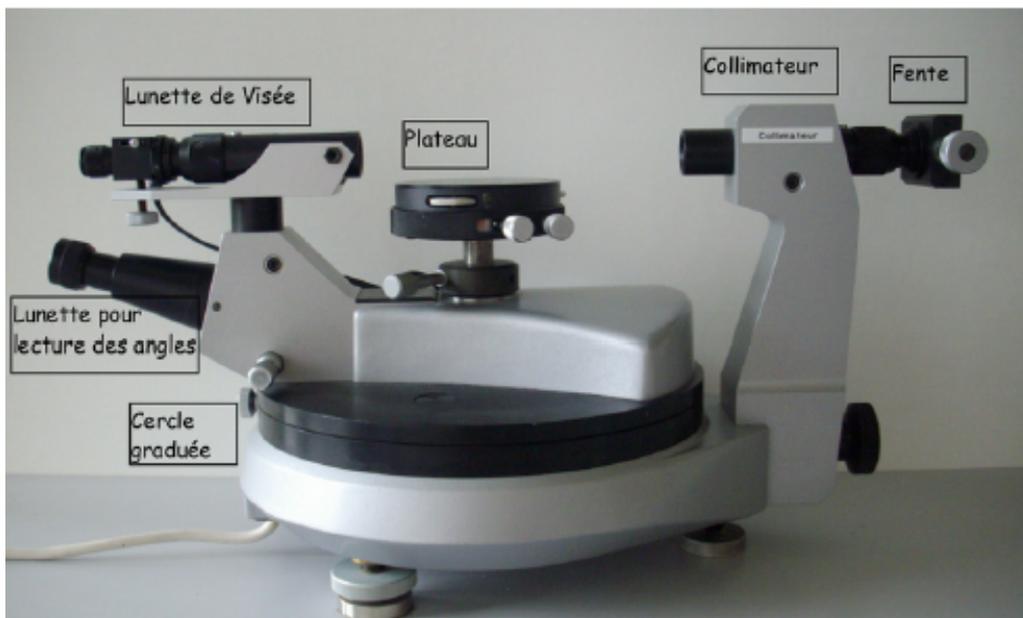
$$\sin\left(\frac{D_m}{2}\right) = p \frac{\lambda}{2a}$$

Cette relation permet de déterminer la longueur d'onde d'une radiation en mesurant la valeur du minimum de déviation et à condition de connaître le pas du réseau.

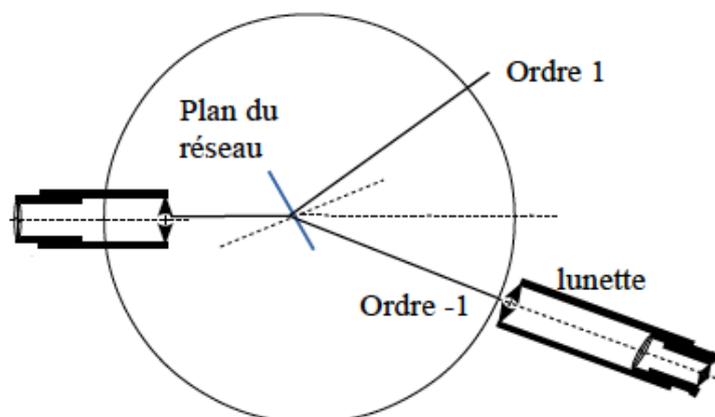
2. Description et réglage du goniomètre

Un goniomètre est composé de quatre parties :

- Un disque métallique horizontal fixe gradué en périphérie.
- Une plate-forme mobile autour d'un axe Δ passant par le centre du disque sur laquelle on placera le réseau. Trois vis permettent de régler son orientation par rapport à cet axe.
- Une lunette autocollimatrice mobile autour du même axe Δ . Une molette permet modifier son inclinaison par rapport à l'horizontale (angle de hausse).
- Un collimateur est relié au disque.



Le goniomètre va nous permettre de vérifier la formule du réseau et de déterminer son pas a d'une part et d'autre part de mesurer des longueurs d'onde.



Le goniomètre va nous permettre de vérifier la formule du réseau et de déterminer son pas a d'une part et d'autre part de mesurer des longueurs d'onde.

Pour observer les différents ordres, la lunette d'observation peut pivoter par rapport à la plateforme où est posé le réseau.

Un cercle gradué, appelé limbe, permet de repérer des directions (il est gradué en degrés et minutes d'angles).

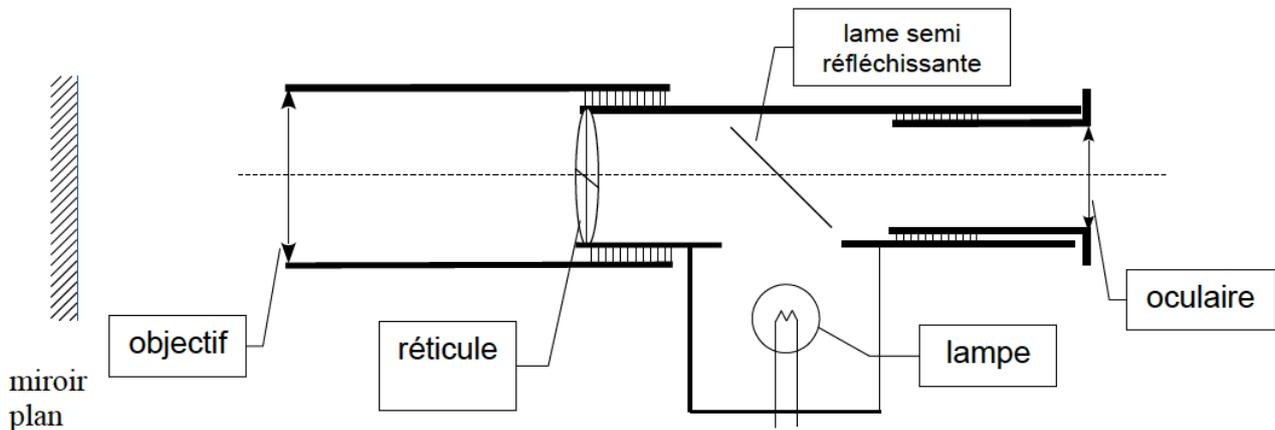
3. Réglage du goniomètre

Le réseau doit être éclairé par un faisceau de lumière parallèle (c'est le rôle du collimateur). L'observation sera effectuée à l'aide de la lunette réglée à l'infini.

3.1. Réglage de la lunette à l'infini

La lunette comprend :

- une lentille dite objectif
- un réticule (crois fine) ; le trait vertical du réticule correspond à la graduation angulaire sur le cercle gradué
- une lame semi réfléchissante
- une lampe que l'on peut éteindre lors des mesures
- une lentille dite oculaire.



La lunette est autocollimatrice c'est-à-dire qu'on peut alors régler l'objectif par la méthode d'autocollimation.

On place un miroir devant l'objectif de la lunette. Lorsque le réticule est dans le plan focal, on doit voir de façon nette et sans accommodation la superposition du réticule et de son image renversée.



Réglage de l'oculaire

La première opération à effectuer est le réglage de l'oculaire. Vous pouvez garder vos lunettes ou les ôter, comme vous voulez. Seuls les utilisateurs astigmatés doivent garder leur lunettes.

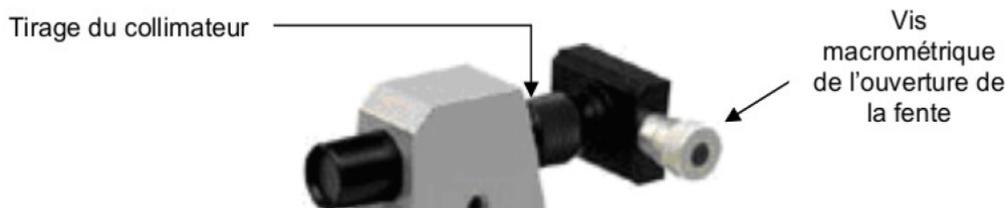
- Placer l'oculaire au proche du réticule (position complètement enfoncée)

- Éloigner progressivement l'oculaire du réticule, l'oeil placé contre l'oculaire. L'image devient nette quand elle passe au PP, puis redevient floue après son passage au PR. On revient légèrement en arrière pour que l'image soit nette à nouveau. Ce réglage est personnel. Si le réglage est correct l'oeil, regardant à l'infini, fixe directement le réticule.

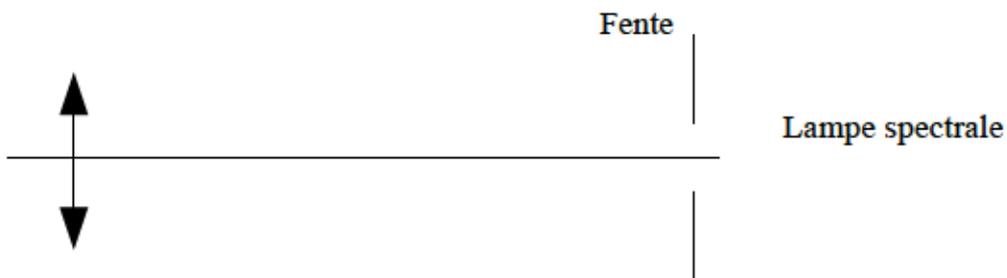
Réglage de l'objectif

- Placer un miroir plan contre la lunette et éclairer le réticule avec la lampe (Attention à la position de la lame semi réfléchissante).
- Repérer le réticule et son image. Le réglage précis consiste à placer l'image dans le plan du réticule.
- Tourner la bague crantée située sur le corps de la lunette de façon à ce que le réticule et son image soient vus avec la même netteté. L'oeil de l'observateur se déplaçant latéralement (oui-oui ; non-non) derrière l'oculaire ne doit observer aucun déplacement relatif de l'image par rapport au réticule (absence de parallaxe).

3.2. Réglage du collimateur



Un collimateur est un système optique permettant d'obtenir un objet à l'infini. Il est constitué d'un objet (ici une fente de largeur réglable) éclairé et d'une lentille convergente. La distance réticule-lentille est réglable de façon à donner une image à l'infini de la fente. Pour cela, il faut que la distance réticule-lentille soit égale à la distance focale de la lentille.



Pour régler le collimateur, on utilise la lunette préalablement mise au point à l'infini. L'image de la fente par le système {collimateur-lunette} doit être nette. Si la lunette possède elle-même un réticule, il faut vérifier que les deux réticules se superposent. Il faut faire attention encore ici aux erreurs de parallaxe...

Remarque : Le collimateur doit être réglé avec précision afin de ne pas fausser les mesures que l'on peut effectuer avec cet instrument. Il est donc indispensable que la lunette de visée soit préalablement réglée avec précision.

Il est nécessaire que l'axe de la lunette et du collimateur soient dans un même plan (horizontal). Une molette de réglage permet de changer l'inclinaison de la lunette.

Procéder de la façon suivante :

- Commencer par régler la lunette autocollimatrice.

Le réglage de l'inclinaison de la lunette s'effectue en parallèle du réglage du collimateur. Le

collimateur monté sur le goniomètre utilise une fente de largeur réglable comme objet test. Le réglage du collimateur consiste donc à placer la fente dans le plan focal objet de l'objectif du collimateur.

- Régler l'ouverture de la fente pour quelle soit fine et lumineuse.
- Placer en vis à vis la lunette et le collimateur.

Si l'angle de hausse est mal réglé, la fente n'est pas visible dans la lunette.

- Ajuster l'angle de hausse pour voir la fente dans la lunette. Centrer la fente sur le réticule.
- Régler le collimateur : agir sur le tirage du collimateur pour obtenir une image nette de la fente.

Ne plus modifier ni le réglage du collimateur ni celui de la lunette.

4. Mesures d'une longueur d'onde

On souhaite déterminer la longueur d'onde d'une radiation inconnue. La valeur de l'indice de réfraction pour une longueur d'onde λ s'obtient via la mesure du minimum de déviation.

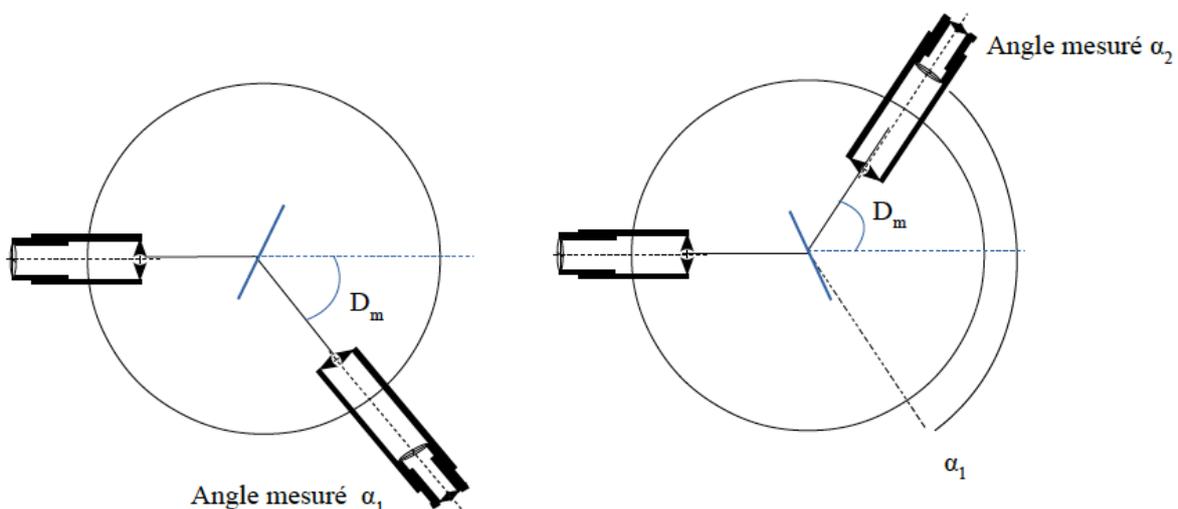
Vous calculerez dans un premier temps la valeur du pas du réseau à partir de la mesure du minimum de déviation d'une radiation de longueur d'onde connue.

Puis dans un deuxième, vous déterminerez la valeur de la longueur d'onde d'une radiation inconnue.

4.1. Étalonnage : mesure du pas du réseau

Éclairer le collimateur avec la lampe à vapeur de mercure.

- Observer une raie dans le spectre d'ordre p désiré.
- Tourner le plateau et constater l'existence d'un minimum de déviation D_m .
- Positionner le plateau pour être au minimum de déviation et l'observer à la lunette.
- Ajuster la position de la lunette pour faire coïncider le trait vertical du réticule avec la raie choisie
- Relever de façon précise la position α_1 de la lunette.
- Faire pivoter la plate-forme pour obtenir une déviation approximativement symétrique à celle obtenue précédemment (voir figure ci-dessous).
- Procéder comme indiqué précédemment et mesurer la position α_2 de la lunette.
- En déduire l'angle de déviation minimale $D_m = \frac{1}{2}(\alpha_2 - \alpha_1)$



Les valeurs des longueurs d'onde des raies les plus lumineuses de la lampe à vapeur de mercure sont indiquées dans le tableau suivant :

Couleur	violet	indigo	vert	jaune	jaune
$\lambda (nm)$	404,656	435,833	546,074	576,960	579,066

Déterminer pour chacune de ces raies, le minimum de déviation puis une valeur du pas du réseau. On estimera ensuite l'incertitude type sur a à l'aide d'une évaluation de type A. Valider la valeur en comparant à la donnée du constructeur.

4.2 Détermination de la longueur d'onde d'un des raies d'une lampe (cadmium ou zinc)

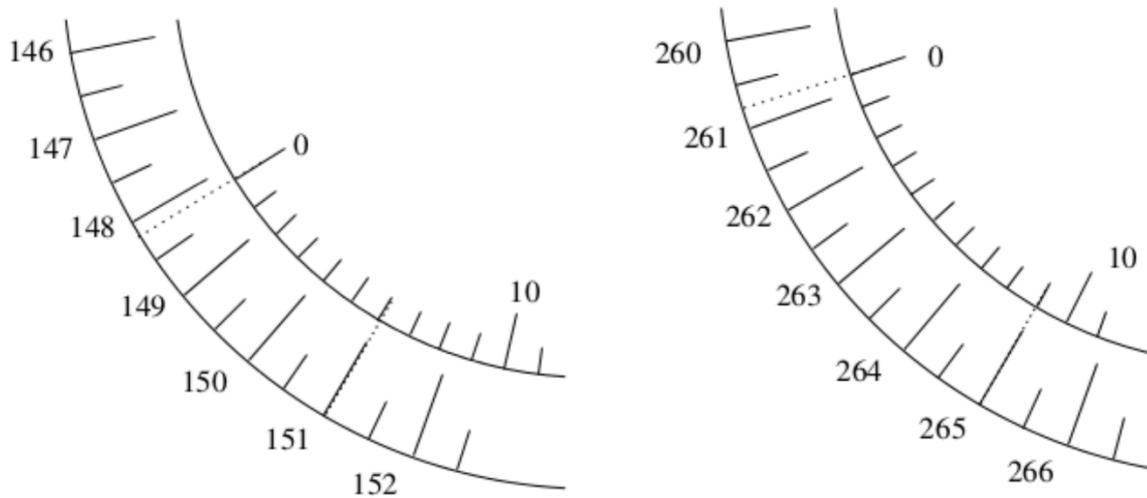
A partir des résultats précédents déterminer la longueur d'onde d'une des raies de la lampe à vapeur de cadmium ou de zinc. On estimera l'incertitude associée avec une évaluation de type B. On supposera que l'erreur associée à la mesure de D_m suit une loi uniforme.

Annexe : lecture d'angle sur un goniomètre

On écrit les dixièmes de degré sous forme de minutes d'arc (') avec la conversion $60' = 1^\circ$. Ainsi, un angle de $\alpha = 37,8^\circ$ s'écrit $\alpha = 37^\circ 48'$.

La valeur d'un angle est donnée par deux indications lues sur le goniomètre. Ce dernier possède deux disques gradués : un fixe gradué en degrés et un mobile gradué en minutes d'arc. La lecture s'effectue de la manière suivante :

- La position du 0 sur le disque mobile permet de connaître la valeur (entière ou demi-)entière) de l'angle en degré. Lorsque le 0 est compris entre deux valeurs, on conserve la plus petite des deux.
- Parmi toutes les graduations du disque mobile, une seule est parfaitement alignée avec une graduation du disque fixe. Elle est indiquée la nombre de minutes d'arc à ajouter. Si la valeur de l'angle lu à l'étape précédente est demi-entière, on convertit le $0,5^\circ$ en $30'$.



Dans l'exemple ci-dessus, nous lisons ainsi $148^\circ 6'$ pour le cas de gauche et $260^\circ 39'$ pour celui de droite.