

TP12 – Goniomètre

Un goniomètre est un instrument de précision destiné à la mesure d'angles. À l'aide d'un réseau de diffraction, il permet d'analyser le spectre de la lumière issue d'une source, et en particulier de mesurer des longueurs d'ondes.

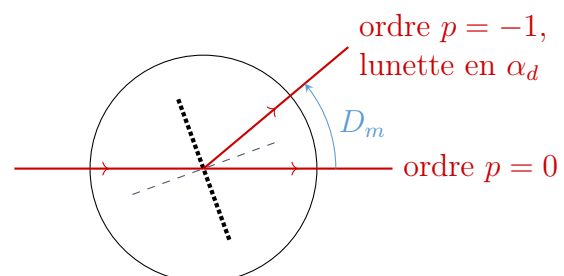
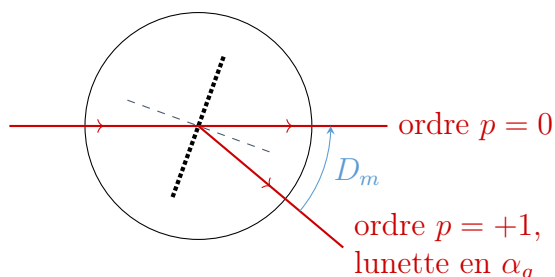
Objectifs

- Goniomètre : utiliser un viseur à frontale fixe, une lunette autocollimatrice.
- Goniomètre : utiliser des vis micrométriques et un réticule.
- **Mesurer une longueur d'onde optique à l'aide d'un goniomètre à réseau.**

Mesure du pas du réseau

Protocole :

- Régler la lunette autocollimatrice et le collimateur (Doc. 1).
- Placer la lampe à vapeur de sodium devant la fente du collimateur.
- Orienter le réseau sous incidence normale, à l'œil nu puis dans la lunette, les images diffractées par le réseau : l'image centrale ($p = 0$) contenant toutes les radiations de la source et, de chaque côté, les images correspondant aux ordres $p = \pm 1$, $p = \pm 2$, etc. où les radiations sont séparées.
- Repérer la première des deux raies jaunes dans l'ordre $p = -1$ (la moins déviée est celle avec la plus petite longueur d'onde). Suivre le déplacement de cette raie en tournant la plate-forme porte-réseau toujours dans le sens contraire des aiguilles d'une montre et observer le rebroussement du faisceau au minimum de déviation. Noter la position angulaire α_d correspondante de la lunette pointée sur la raie jaune.
- Répéter l'opération mais cette fois avec l'ordre $p = +1$ et en tournant la plate forme porte réseau toujours dans le des aiguilles d'une montre. Noter la position angulaire α_g de la lunette pointée sur la raie jaune au minimum de déviation.



Remarque : $D_m = \left| \frac{\alpha_d - \alpha_g}{2} \right|$

1. Déterminer le pas d du réseau et comparer la valeur obtenue avec la donnée fabricant, indiquée en LPI (*lines per inch* : traits par pouce).

Donnée : 1 pouce = 25,4 mm.

Mesure de longueur d'onde

Les raies les plus intenses de certains éléments utilisés dans les lampes spectrales sont données ci-dessous.

MERCURE (Hg)	
Couleur	λ (nm)
Jaune	577,0 – 579,1
Vert-jaune	
Bleu-violet	435,8
Bleu-violet	

CADMIUM (Cd)	
Couleur	λ (nm)
Rouge	643,8
Vert	508,6
Bleu clair	480,0
Bleu	467,8

SODIUM (Na)	
Couleur	λ (nm)
Jaune-orange	589,0 – 589,6

2. Déterminer et mettre en œuvre un protocole expérimental permettant de mesurer les longueurs manquantes d'un des tableaux précédents correspondant à votre source.

Documents

Document 1 – Réglage du goniomètre

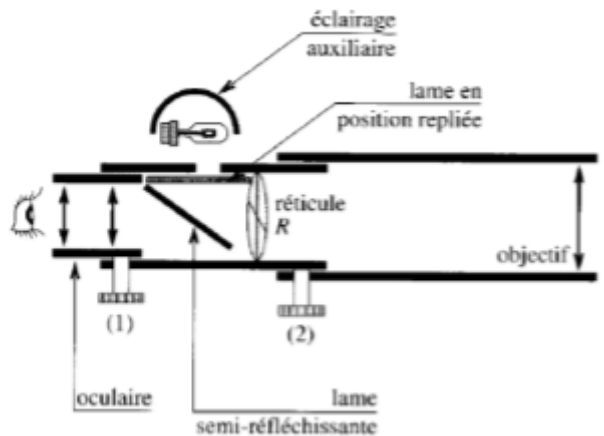
Le goniomètre est constitué de trois parties :

- un collimateur (C) : système formé d'une fente source et d'une lentille mince convergente (l'objectif du collimateur). La fente est à éclairer avec une lampe spectrale.
- une lunette de visée à l'infini autocollimatrice (L) montée sur un support mobile autour d'un axe central et constituée de : un oculaire, un objectif, un réticule.
- une platine (P) : sur laquelle on dispose le réseau mobile en rotation autour de l'axe (Δ) du support fixe.



Pour régler le goniomètre, on part de l'œil pour arriver à l'objet : on commence donc par régler l'oculaire de la lunette, puis l'objectif de la lunette et enfin le collimateur.

Réglage de la lunette autocollimatrice : voir net à l'infini



- **Régler l'oculaire à sa vue** : le réglage consiste, par tirage de l'oculaire, à voir le réticule net. Un œil regardant un objet à l'infini doit pouvoir observer le réticule sans effort, il ne doit pas y avoir de temps d'adaptation.

Ce réglage doit être adapté à la vue de chacun.

- **Régler la lunette sur l'infini par autocollimation** : la lunette autocollimatrice possède un réticule éclairé, ce qui permet de la régler par autocollimation, et donc de ne pas avoir besoin de viser un objet très éloigné. Le réglage de la lunette peut alors se faire par autocollimation par réflexion sur un miroir plan placé à la sortie de la lunette.

Allumer la lampe de la lunette autocollimatrice. L'œil collé à l'oculaire observe deux images : l'image directe du réticule par l'oculaire et l'image du réticule après réflexion sur le miroir plan. Pour que les deux images soient vues nettes simultanément, il faut que les deux images du réticule se forment dans le même plan.

On ne touchera plus au tirage de la lunette (L) dans la suite.

Réglage du collimateur : obtenir un objet à l'infini

Un collimateur sert à créer un objet à l'infini. Le réglage consiste à placer la fente du collimateur dans le plan focal objet de l'objectif du collimateur de façon à obtenir une image nette à l'infini (on obtient un faisceau de lumière parallèle).

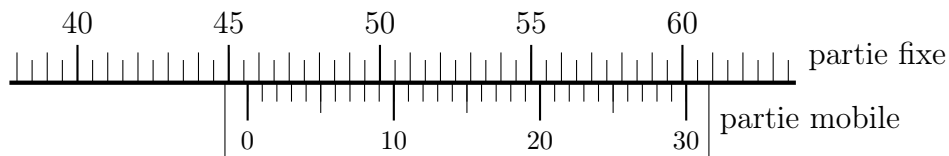
À l'aide de la lunette de visée à l'infini réglée préalablement, viser la fente d'entrée éclairée du collimateur (prendre une fente plutôt fine pour éviter d'être ébloui). Agir sur la bague de tirage du collimateur pour observer la fente nette. On ne jouera plus sur la bague de tirage du collimateur. La largeur de la fente pourra être réglée si besoin.

Conclusion

Une fois le collimateur réglé on a : fente $\xrightarrow{\text{collimateur}}$ ∞ $\xrightarrow{\text{lunette}}$ ∞ . La fente est donc nette à travers l'ensemble collimateur-lunette.

Document 2 – Vernier angulaire (au 1/30)

Sur les goniomètres, le vernier est un vernier dit au « 1/30ème », car la partie mobile est subdivisée en 30 graduations ($0,5^\circ = 30'$). La partie fixe est graduée tous les $1/2$ degré. Pour la lecture de l'angle, il faut ajouter le nombre de minutes d'arc, correspondant au déplacement du vernier pour mettre en coïncidence les graduations des parties mobile et fixe, à l'angle indiqué sur la partie fixe située juste avant le zéro du vernier.



Sur l'exemple ci-dessus, on lit donc un angle $\alpha = 45,5^\circ + 8' = 45,5^\circ + \frac{8^\circ}{60} \approx 45,63^\circ$.

Document 3 – Réseau de diffraction

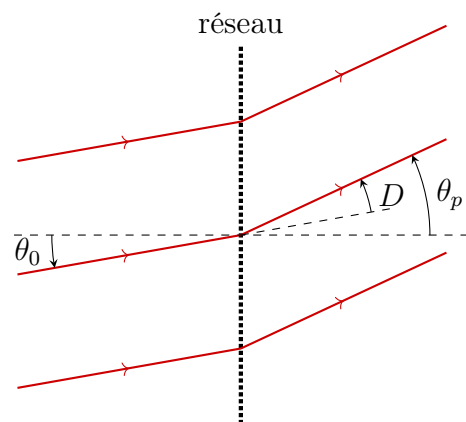
Le réseau étudié est constitué d'un ensemble de fentes fines identiques, parallèles et équidistantes, séparées par un intervalle opaque. Ces fentes sont les « traits » du réseau. La distance entre deux fentes voisines, qu'on notera d dans la suite, est appelé pas du réseau.

Formule des réseaux

Soit un réseau éclairé par un faisceau parallèle monochromatique réseau de longueur d'onde λ . Les rayons incidents arrivent sous l'angle θ_0 compté par rapport à la normale au plan du réseau. On n'observe de la lumière en transmission de manière notable que dans les directions θ_p où les interférences sont constructives :

$$d(\sin \theta_p - \sin \theta_0) = p\lambda$$

L'entier p qui quantifie les directions d'observation est appelé **ordre de diffraction**.



Minimum de déviation

La déviation angulaire provoquée par le réseau est définie par : $D(\theta_0) = \theta_p - \theta_0$. On peut montrer que, outre la solution triviale $\theta_0 = \theta_p$ (lumière non déviée), la déviation est minimale pour $\theta_0 = -\theta_p$. Le minimum de déviation D_m correspondant s'écrit ainsi :

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