

TP d'optique. Le goniomètre à réseau

Attention : ne pas allumer la lampe à sodium avant que ce soit nécessaire, au réglage du collimateur, et ne plus l'éteindre ; elle ne supporte pas d'être allumée plusieurs fois de suite.

I. Description

I.1. Présentation du réseau

Un réseau est donc constitué de N motifs ou traits identiques, très longs, parallèles à (Oy) . La période spatiale a est appelée pas du réseau.

Un tel réseau peut être fabriqué en creusant des sillons parallèles sur une lame de verre.

On peut aussi fabriquer des réseaux par réflexion, constitué d'une surface réfléchissante dont le profil est une fonction périodique.

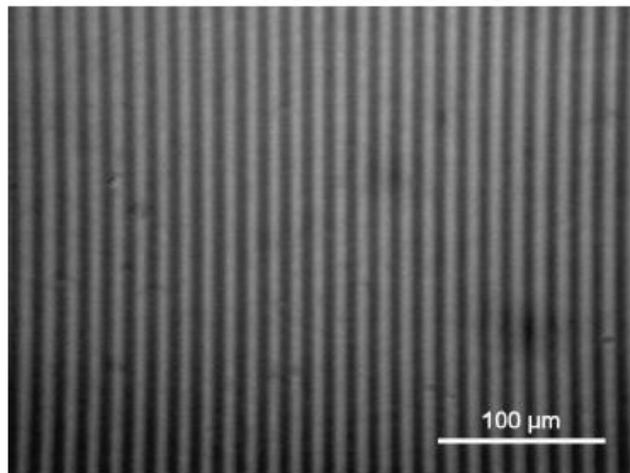
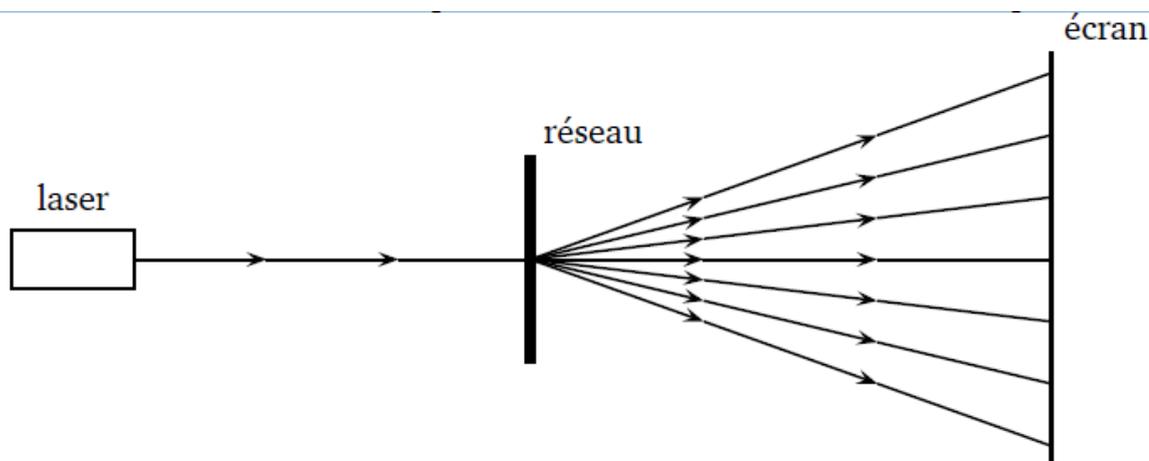


Image obtenue par microscope électronique d'un réseau plan

Réseau	n (mm^{-1}) nombre de traits par unité de longueur	a (mm) pas du réseau	L (mm) Longueur totale	N Nombre total de traits
Classique	300	$3 \cdot 10^{-3}$	30	10^4
Performant	1000	10^{-3}	40	$4 \cdot 10^4$

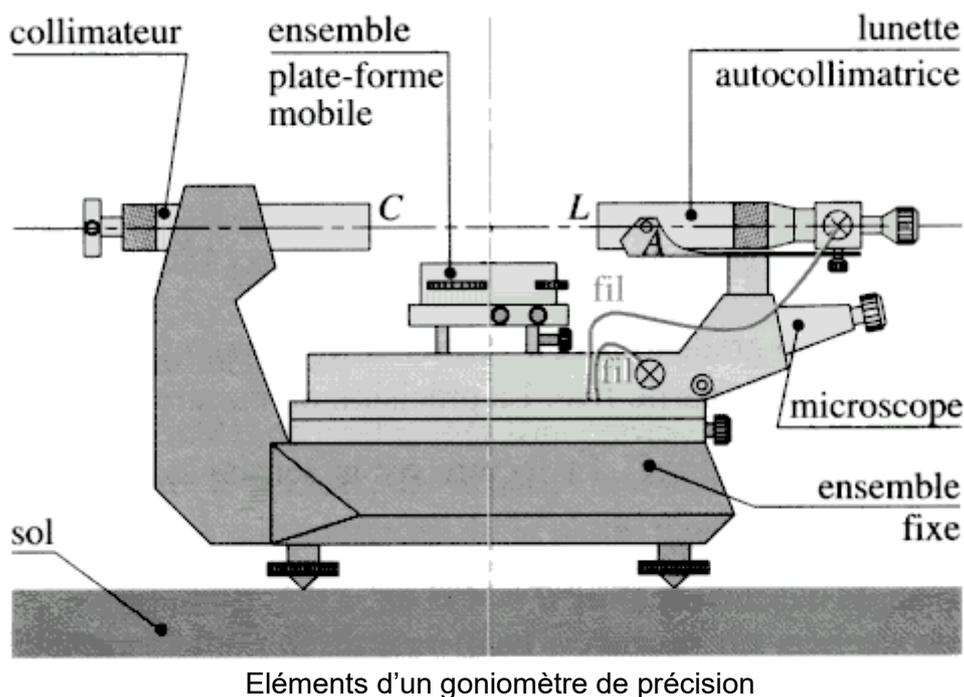
On envoie le faisceau issu d'un laser sur un réseau plan, sous une incidence normale. On place un écran loin du réseau.



- On observe sur l'écran une succession de petites taches lumineuses régulièrement réparties.
- Si on remplace le réseau de pas a par un réseau de pas a' plus petit, les taches sont plus espacées.
- La tache centrale est plus brillante que les taches latérales.

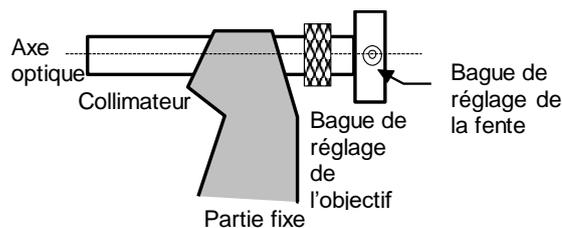
I.2. Le goniomètre

Un goniomètre est un instrument qui permet des mesures précises d'angles (en grec : gônia angle). Il est utilisé en optique pour faire de la spectroscopie avec un prisme ou un réseau : la mesure de l'angle de déviation permet de connaître les longueurs d'onde des raies émises par une source lumineuse.



Un goniomètre est composé de trois ensembles fixes ou mobiles autour d'un axe central.

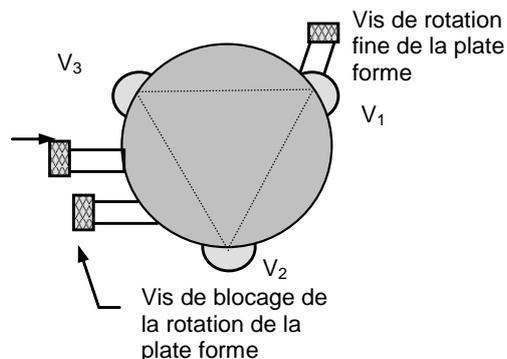
→ Un collimateur : Il fournit un faisceau lumineux parallèle. Il comporte une fente réglable en largeur et en position. Il est en général solidaire de l'ensemble fixe. (Voir fiche technique)



→ Une lunette de visée : Il s'agit d'une lunette auto collimatrice mobile autour de l'axe central. Son axe optique coupe toujours l'axe central, une vis permet de l'orienter son inclinaison. (Voir fiche technique)

→ Une plate-forme : Elle est mobile autour de l'axe central et elle est orientable. On peut régler d'une part sa hauteur d'autre part sa normale par rapport à l'axe central, grâce à trois vis de réglage fin W_1, W_2, W_3 .

Vis de blocage de la hauteur de la plate forme



Conditions à remplir par le Goniomètre, une fois les réglages effectués :

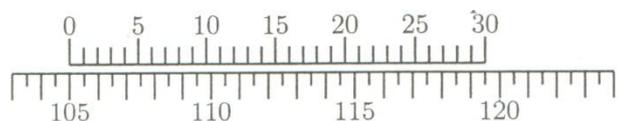
- La lunette est réglée à l'infini.
- Le collimateur est réglé à l'infini.
- L'axe optique de la lunette est orthogonal à l'axe central.
- Parallélisme du côté du réseau avec l'axe du plateau.

I.3. Lecture d'un vernier

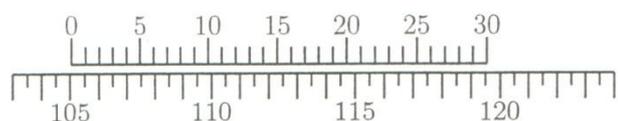
Le vernier du goniomètre permet de lire les angles avec une précision d'une minute d'arc grâce à deux ensembles de graduation.

La graduation se fait tous les degrés sur la partie fixe et il y a 60 graduations sur la partie mobile correspondant à 59 sur la partie fixe.

La lecture d'un vernier est illustrée par les exemples suivants :



Le 0 du vernier coïncide avec la graduation 105 de la partie fixe : l'angle lu est donc $105^{\circ}00'$



Le 0 du vernier est entre les graduations 105° et $105^{\circ}30'$. Cela fournit une première estimation de l'angle. Le 3 du vernier coïncide avec une graduation de l'échelle fixe : l'angle lu est donc $105^{\circ}03'$

II. Réglage du goniomètre

II.1. Préliminaires

→ Mettre la plate-forme approximativement horizontale à l'aide des trois vis V_1 , V_2 , V_3 . On jouera sur les trois vis en les mettant approximativement à mi-course.

→ Mettre la lunette approximativement horizontale à l'aide de la vis de réglage.

II.2. Réglage optique de la lunette autocollimatrice (voir annexe)

La lunette doit être réglée de façon à viser des objets à l'infini.

Si ceci n'est pas réalisé, il y aura une erreur de parallaxe qui peut être bien supérieure à la précision du vernier. L'appareil est utilisé dans de mauvaises conditions, la cause principale d'erreur porte alors sur l'utilisation et non la précision de l'appareil.

Allumer la lampe interne à la lunette autocollimatrice.

Régler la lunette autocollimatrice à l'infini en utilisant la lame à faces parallèles ou un miroir.

II.3. Réglage du collimateur (voir annexe)

→ Eclairer la fente à l'aide d'une lampe à sodium.

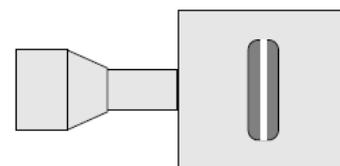
→ Placer la lampe au sodium devant la fente du collimateur.

→ Régler la largeur de la fente

→ Viser la fente avec la lunette, dans la direction de l'ordre zéro du réseau (collimateur et lunette alignés).

→ Régler alors le collimateur à l'infini. On voit alors nette l'image de la fente dans la lunette.

→ Tourner le réticule de la lunette de façon que le fil vertical du réticule soit parallèle aux bords de la fente.



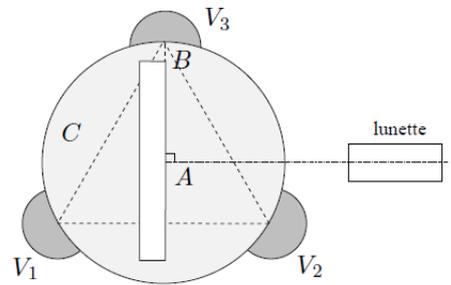
Fente réglable du collimateur. Une visée permet de régler la taille de la fente

II.4. Réglages géométriques

Pour effectuer les mesures proposées, on observe les rayons dans le plan de section principale du réseau, c'est à dire perpendiculairement au côté de celui-ci.

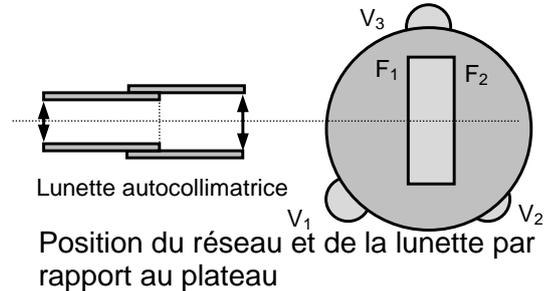
Pour cela il faut :

- que l'axe de la lunette soit horizontal
- que le côté du réseau soit vertical.



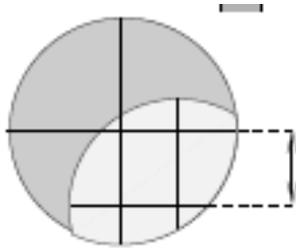
II.4.1. Réglage de l'axe de la lunette

Placer la lame comme indiqué sur le schéma ci-contre, de façon que sa base d'appui soit confondue avec une hauteur du triangle équilatéral formé par les vis V_1 , V_2 , V_3 .



Allumer la lampe interne à la lunette auto collimatrice et descendre la lame semi-réfléchissante.

- On vise la face F_1 de la lame, on obtient deux images du réticule : on diminue l'écart entre les 2 traits horizontaux du réticule, en agissant à la fois sur W_1 et sur V_L (vis de réglage de l'horizontalité de la lunette).



- On tourne la plate-forme de 180° et on vise la face F_2 de la lame : on diminue l'écart entre les 2 traits horizontaux du réticule, en agissant à la fois sur W_2 et sur V_L (vis de réglage de l'horizontalité de la lunette).

On procède par itérations successives, jusqu'à ce que les deux traits soient confondus.

La théorie de la méthode est détaillée ci-après en annexe.

Conclusion :

Lorsque le réglage est effectué, l'axe de la lunette Δ_L est perpendiculaire à l'axe Δ de rotation du goniomètre. Lorsque l'on fait tourner la lunette autour de Δ , l'axe optique Δ_L balaye un plan horizontal, Perpendiculaire à Δ .

Une fois ce réglage terminé, il ne faut plus toucher à la vis V_L qui permet de faire basculer la lunette autour de l'axe horizontal.

II.4.2. Mise en place du réseau

- Source lumineuse : la lumière émise par la lunette autocollimatrice.
- Remplacer la lame à faces parallèles par le réseau, au même endroit.
- Réaliser une autocollimation sur une face du réseau ; on remarquera que l'image n'est pas assez nette pour voir le réticule.
- Agir sur la vis V_2 pour confondre les images lumineuses circulaires. Tourner simultanément en sens opposés la vis V_2 et la vis V_1 , jusqu'à confondre les images lumineuses circulaires, avoir coïncidence des cercles lumineux.
- Faire tourner le plateau de 180° et vérifier qu'il y a coïncidence des cercles lumineux.

Eteindre la lampe interne à la lunette auto collimatrice et rabattre la lame semi-réfléchissante.

III. Observation du spectre des lampes spectrales

III.1. Lampe à sodium Na

- Placer la lampe au sodium devant la fente du collimateur. Régler l'ouverture de la fente.
- Eclairer le réseau sous une incidence normale. Observer les raies avec la lunette.
- Observe-t-on une diffraction à l'ordre zéro (séparation des raies du spectre) ?

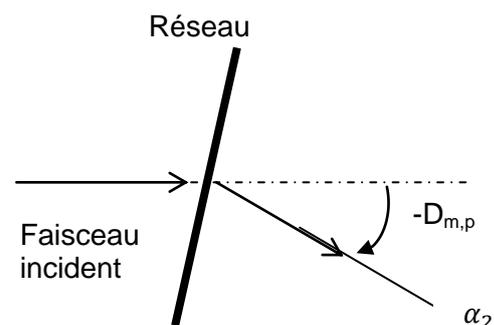
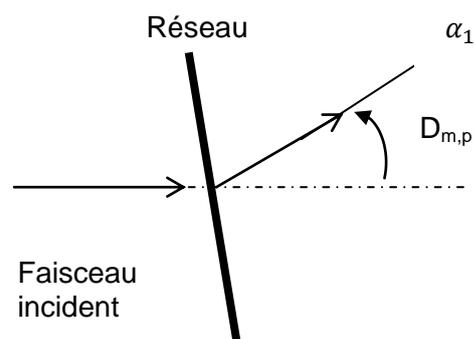
→ Comparer l'étalement de la raie du doublet du sodium à l'ordre 1 et à l'ordre 2 :

→ En faisant tourner la plaquette supportant le réseau, chercher le minimum de déviation pour le doublet du sodium, à l'ordre 1, et pointer le milieu du doublet à l'ordre +1, noter l'angle de la lunette α_1 par rapport au zéro.

→ Refaire la manipulation à l'ordre -1, en notant à nouveau l'angle de la lunette α_2 .

On a : $|\alpha_2 - \alpha_1| = 2D_m$

En déduire l'angle de déviation D_m .



Nombre de traits du réseau

→ Pour le doublet du sodium, on donne les longueurs d'onde : $\lambda_1 = 589,0 \text{ nm}$ et $\lambda_2 = 589,6 \text{ nm}$

En déduire la valeur du milieu de la raie : $\lambda_0 =$

→ Soit a la distance entre deux traits du réseau, et p l'ordre. On admet la formule du réseau :

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

En déduire le nombre de traits par millimètre du réseau, soit la valeur de $1/a$:

$1/a =$

III.2. Lampe spectrale du mercure

- Placer la lampe au mercure devant la fente du collimateur.
- Observer les raies avec la lunette, pour différents ordres.
- Trouver le minimum de déviation pour la raie vert clair à l'ordre 1 et -1. En déduire l'angle de déviation minimal D_m pour cette raie, puis $\lambda_{\text{vert clair}}$:

→ Choisir une autre raie du mercure, déterminer D_m pour cette raie, puis en déduire la valeur de $\lambda_{\text{mesuré}}$:

→ Compléter le tableau ci-dessous.

Couleur	λ théorique (nm)	Intensité relative	D_m	λ mesurée (nm)
Rouge	691,0	50		
Rouge	615,0	200		
Jaune	579,0	1000		
Jaune	577,0	200		
Vert clair	546,1	1000		
Vert chou	491,6 et 485,6	50		
Bleu	435,8	500		
Violet	407,8	150		
Violet	404,7	300		

I Lunette de visée à l'infini

1.) Principe

Elle permet de voir net des objets situés à l'infini. Sa structure est la même que le viseur (cf TP Cours n°1) : un objectif (L_1) de distance focale f_1 , un réticule, et un oculaire (L_2) de distance focale f_2 .

- l'objectif donne de l'objet pointé à l'infini une image intermédiaire dans son plan focal image.
- l'oculaire permet l'observation simultanée de cette image et du réticule, l'ensemble étant dans le plan focal objet de l'oculaire.

Le foyer image de L_1 et le foyer objet de L_2 sont donc confondus et situés dans le plan du réticule. La lunette est dite afocale.

La lunette est caractérisée par son grossissement

$$G_\alpha = \frac{\alpha'}{\alpha} = \frac{\text{angle sous lequel l'objet est vu à travers l'instrument}}{\text{angle sous lequel l'objet est vu à l'oeil nu}}$$

On donne pour une lunette $a \times b$, où a est le grossissement de l'instrument et b est le diamètre de l'objectif exprimé en mm. Les lunettes en TP ont pour caractéristique 10×20 .

2.) Réglages

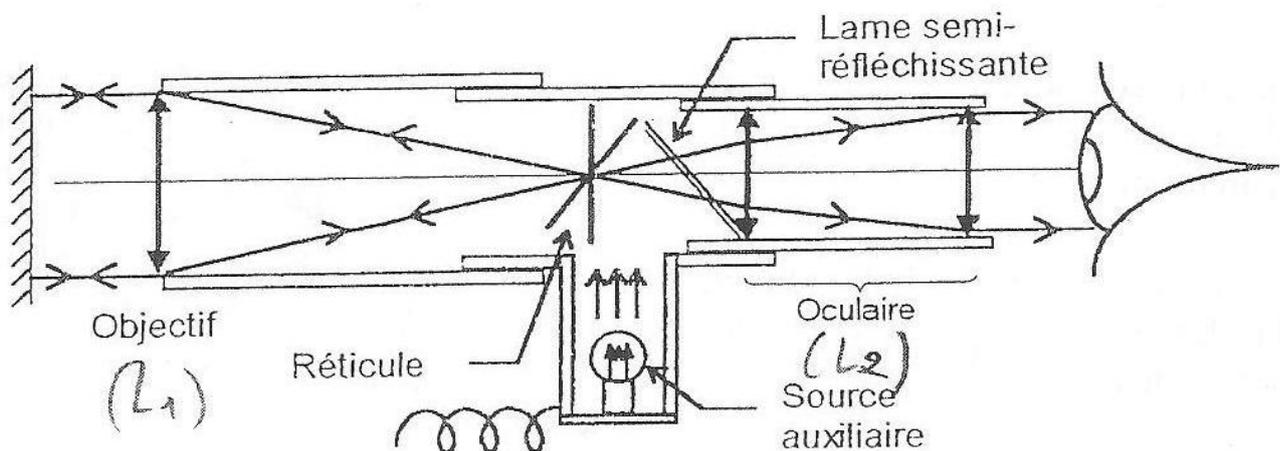
- réglage de l'oculaire : Comme pour le viseur, l'utilisateur règle la distance oculaire-réticule pour voir net le réticule.

- réglage du tirage de la lunette :

On règle ensuite la distance objectif-(réticule-oculaire) de façon à voir net l'image d'un objet situé à l'infini.

Les lunettes des goniomètres utilisés sont autocollimatrices : elles possèdent une lampe annexe permettant d'éclairer le réticule, ainsi qu'une lame semi-réfléchissante.

- on place un miroir perpendiculairement à l'axe de la lunette, la lampe étant allumée et la lame semi-réfléchissante mise en place.
- on règle ensuite la distance objectif-(réticule-oculaire) de façon à ce que les deux images du réticule (l'une provenant de la visée directe et l'autre provenant de la lumière qui a subi une réflexion sur le miroir plan) soient vues nettes simultanément sans défaut de parallaxe.
- on éteint la lampe et on rabat la lame semi-réfléchissante.

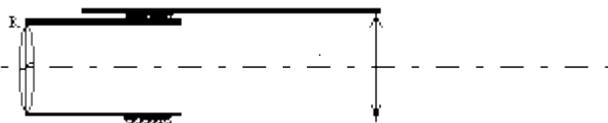


II Collimateur

1.) Principe

Il permet de former un faisceau de lumière parallèle, c'est à dire un objet à l'infini pour la lunette. Il est constitué d'une lampe, d'une fente ou d'un réticule et d'une lentille.

La fente doit être au foyer de la lentille pour que son image soit à l'infini.



2.) Réglages

On utilise la lunette déjà réglée à l'infini. On vise le collimateur et on règle la distance fente-lentille sur le collimateur, jusqu'à ce que la fente soit vue nette à travers la lunette.

