

# ETUDE DU PRISME : UTILISATION D'UN GONIOMETRE

## Objectifs du TP :

- Mettre à profit les réglages utilisés au précédent TP concernant la lunette et le collimateur afin d'utiliser un goniomètre : *voir le TP cours Lunettes - Viseurs - Collimateur.*
- Etudier la déviation de la lumière par un prisme : *voir DS2 Etude du prisme.*
- Etudier des spectres.

## I. GONIOMETRE : DESCRIPTION ET REGLAGE

### 1) Description

Un **goniomètre** permet d'effectuer des **mesures d'angles**. En optique, le goniomètre est utilisé pour étudier la déviation d'un rayon lumineux par un dispositif optique (par exemple un prisme).

On distingue (voir schéma 1 annexe) :

- un **disque métallique horizontal fixe gradué** de 0 à 360°.
- un **collimateur** à fente de largeur réglable, permettant de réaliser un faisceau parallèle à partir d'une lampe spectrale.
- une **plate-forme mobile** autour d'un axe vertical ( $\Delta$ ). Elle supportera l'élément étudié provoquant la déviation du faisceau incident (miroir, prisme, réseau...).
- une **lunette** (ici autocollimatrice) pouvant recevoir le faisceau dévié.

Par construction les axes optiques de la lunette et du collimateur coupent l'axe  $\Delta$ . La lunette et le collimateur sont mobiles autour du même axe  $\Delta$  et peuvent être orientés à l'aide d'une vis dans un plan contenant  $\Delta$ .

Les positions angulaires de la lunette et de la plate-forme sont repérables. Un **vernier** permet de déterminer des angles à la minute d'arc près (voir schéma 3 annexe).

*Remarque :* on peut également constater la présence d'un **collimateur micrométrique** permettant de projeter une graduation. Cet élément associé au goniomètre présenté ci-dessus permet de réaliser un **spectroscope** servant à l'analyse de lumière polychromatique (voir partie III).

### 2) Réglages (voir le TP cours Lunettes - Viseurs - Collimateur)

Pour utiliser correctement le goniomètre il faut que :

- La lunette et le collimateur soient réglés à l'infini.
- L'axe optique de la lunette balaie pendant sa rotation autour de  $\Delta$  un plan orthogonal à  $\Delta$ .

#### a) Réglage de la lunette à l'infini : (schéma 2 annexe)

- Régler la distance oculaire réticule pour voir le réticule net sans accommoder.
- Utiliser un miroir plan et régler la distance objectif réticule pour voir nette l'image du réticule dans son plan.

**Ne plus modifier le tirage de l'objectif.** En revanche, celui de l'oculaire, s'il est utilisé par une personne différente peut l'être.

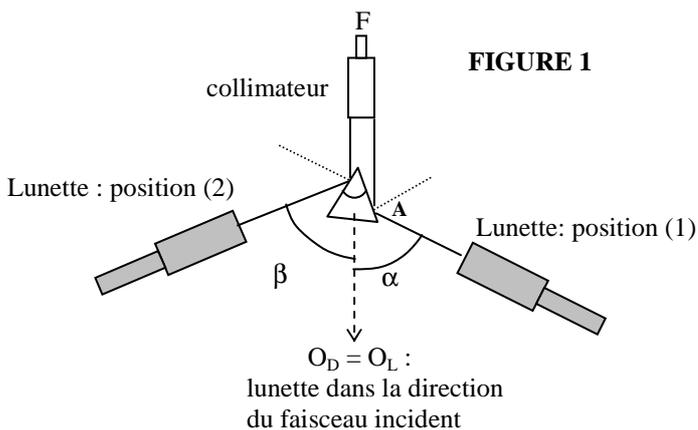
b) Réglage du collimateur : (utiliser la lunette réglée à l'infini)

- Faire coïncider le zéro de la graduation solidaire de la lunette ( $O_L$ ) avec le zéro du disque gradué ( $O_D$ ). **Bloquer la lunette dans cette position.** Cette précaution permet de connaître la direction du faisceau incident à la sortie du collimateur lorsque ce faisceau n'est pas dévié.
- Régler le collimateur de façon à obtenir une image nette de la fente la plus fine possible (éclairée par une lampe au sodium), centrée sur le trait vertical du réticule. **Bloquer le collimateur dans cette position et ne plus modifier ce réglage.** Afin de centrer précisément le réticule, on pourra agir sur la vis de réglage fin de la lunette. Afin de superposer l'image de la fente avec le trait vertical du réticule, on pourra agir sur la vis de réglage de la lunette dans un plan contenant  $\Delta$ ; les molettes d'inclinaison verticale du réticule et de la fente.

## II. ETUDE DU PRISME

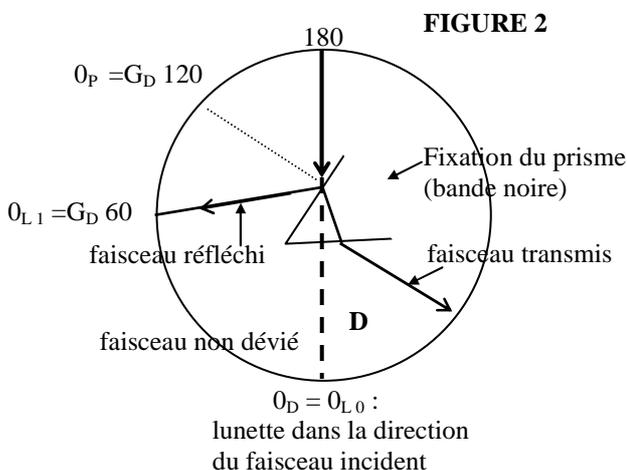
La plate-forme mobile autour de l'axe vertical ( $\Delta$ ) supporte le prisme. **Ne jamais toucher les surfaces optiques ni enlever le prisme de son support.**

### 1) Mesure de l'angle A du prisme



- A l'aide de la plate-forme mobile, placer le prisme comme l'indique la figure 1 (arête face au faisceau incident dont la direction coïncide approximativement avec la bissectrice de A). **Bloquer le prisme dans cette position.**
- Viser à la lunette les 2 images réfléchies de la fente source. Mesurer les angles  $\alpha$  et  $\beta$ .
- Montrer que  $A = \frac{\alpha + \beta}{2}$ . Déterminer l'incertitude de mesure  $\Delta A$ .
- Proposer une autre méthode pour déterminer A à l'aide seulement de la lunette autocollimatrice (sans le collimateur).

### 2) Etude de la déviation D en fonction de l'angle d'incidence i



#### a) Réglage préliminaire (voir figure 2)

Pour simplifier les mesures de l'angle d'incidence  $i$ , on veut que la graduation zéro associée à la plate-forme supportant le prisme ( $O_P$ ), coïncide avec la graduation  $180^\circ$  du disque gradué quand l'angle d'incidence  $i = 0$ . Pour cela :

- Amener la graduation zéro associée à la lunette ( $O_L$ ) en face de la graduation  $G_D$   $60^\circ$  (ou  $40^\circ$ ...) du disque. Amener le zéro de la plate-forme ( $O_P$ ) en face de la graduation  $120^\circ$  (ou  $110^\circ$ ...) du disque. **Immobiliser lunette et plate-forme dans ces positions.**

- Faire tourner le prisme jusqu'à observer par réflexion sur une de ses faces l'image de la fente du collimateur centrée sur le trait vertical du réticule. **Rendre alors le prisme solidaire de sa plate-forme et ne plus modifier ce réglage.**
- Justifier le réglage précédent représenté figure 2.

b) Etude de  $D = f(i)$  à  $\lambda$  fixé (voir figure 3)

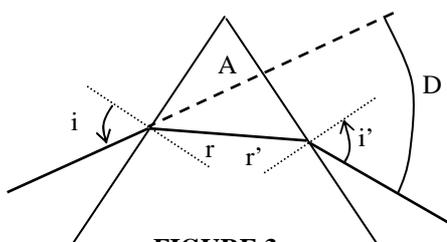


FIGURE 3

Pour la raie jaune du sodium ( $\lambda \cong 589 \text{ nm}$ ) :

- En tournant le prisme (plate-forme solidaire au prisme) toujours dans le même sens, très progressivement, tout en suivant l'image de la fente à la lunette, étudier  $D$  en fonction de  $i$  variant de  $0$  à  $\pi/2$ . Commenter.
- Déterminer  $i = i_0$  angle incident à partir duquel le deuxième rayon réfracté existe.
- Déterminer  $i_m$  correspondant à la déviation minimale  $D_m$ .
- Comparaison aux résultats théoriques : vérifier que l'on a bien  $D_m = 2 \cdot i_m - A$  et  $D(\pi/2) = D(i_0)$ .

### 3) Application : mesure de l'indice $n$ du prisme

La courbe  $D=f(i)$  présente un minimum  $D_m$ . Pour ce minimum de déviation  $D_m$  on peut montrer que :

$$n(\lambda) = \frac{\sin\left(\frac{D_m + A}{2}\right)}{\sin\left(\frac{A}{2}\right)}, \quad D_m \text{ étant fonction de la longueur d'onde.}$$

Pour **les principales raies du sodium puis du mercure** (longueurs d'ondes données dans le tableau ci-dessous; pour les doublets prendre la valeur moyenne des deux longueurs d'onde) :

- Mesurer précisément la déviation  $D_m$ . Pour cela fixer le prisme au minimum de déviation repéré à la lunette par un aller-retour de l'image de la fente lorsque  $i$  croît dans le même sens. Fixer alors la lunette et aligner l'image de la fente avec le trait vertical du réticule à l'aide du réglage fin.
- Calculer  $n$  pour chaque radiation et tracer la courbe  $n = g(1/\lambda^2)$ . Conclure sur la validité de la loi de Cauchy :  $n(\lambda) = B + \frac{C}{\lambda^2}$  ( $B$  et  $C$  constantes positives).

raies du sodium (intensité)	longueur d'onde en nm (intensité)	raies du mercure (intensité)	longueur d'onde en nm (intensité)
rouge	616,1      faible	rouge	623,4      moyenne
rouge	615,4      moyenne	rouge	612,3      faible
jaune (doublet)	589,6 et 589      forte	rouge	607,3      faible
verte (doublet)	568,8 et 568,3      moyenne	jaune	579,1      forte
bleu-vert	515,3      faible	jaune	577      forte
bleu	498,3      moyenne	vert-jaune	546,1      forte
bleu	497,9      faible	vert-bleu	491,6      moyenne
indigo	466,5      faible	indigo	435,8      forte
		violette	407,8      faible
		violette	404,6      faible

### III. REALISATION D'UN SPECTROSCOPE A PRISME

La spectrométrie a pour objet l'analyse des spectres d'un phénomène physique. En optique, le spectroscope est un appareil permettant de disperser un rayonnement polychromatique sous forme de spectre afin d'en analyser les différentes radiations. Le pouvoir dispersif du prisme permet donc cette analyse.

#### 1) Utilisation de la courbe de dispersion $n = g(1/\lambda^2)$

La courbe  $n = g(1/\lambda^2)$  tracée précédemment est construite en utilisant des longueurs d'onde connues et sert de courbe d'étalonnage.

Pour une radiation inconnue, l'indice est déterminé à partir de la mesure de  $D_m$ , la longueur d'onde est alors déduite en reportant cette valeur sur la courbe d'étalonnage.

Cette méthode est longue car elle nécessite le repérage du minimum de déviation pour construire la courbe d'étalonnage. Plutôt que d'effectuer des mesures fastidieuses de  $D_m$ , on va pouvoir réaliser un spectroscope à lecture directe de la déviation par le biais d'un **collimateur micrométrique**.

#### 2) Utilisation d'un collimateur micrométrique

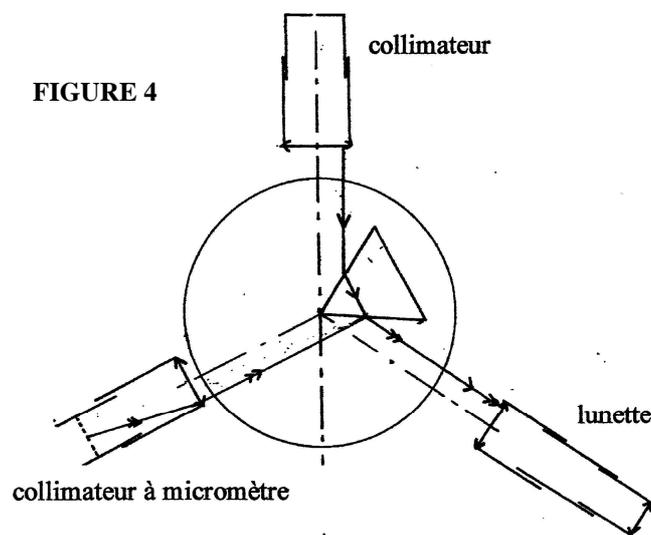
Un collimateur à graduations micrométriques est disposé comme indiqué sur la figure 4. Le faisceau lumineux qu'il émet se réfléchit sur la face du prisme et est reçu par la lunette.

- Régler le collimateur micrométrique pour que sa graduation apparaisse nette, superposée au spectre de la source dans le plan du réticule.

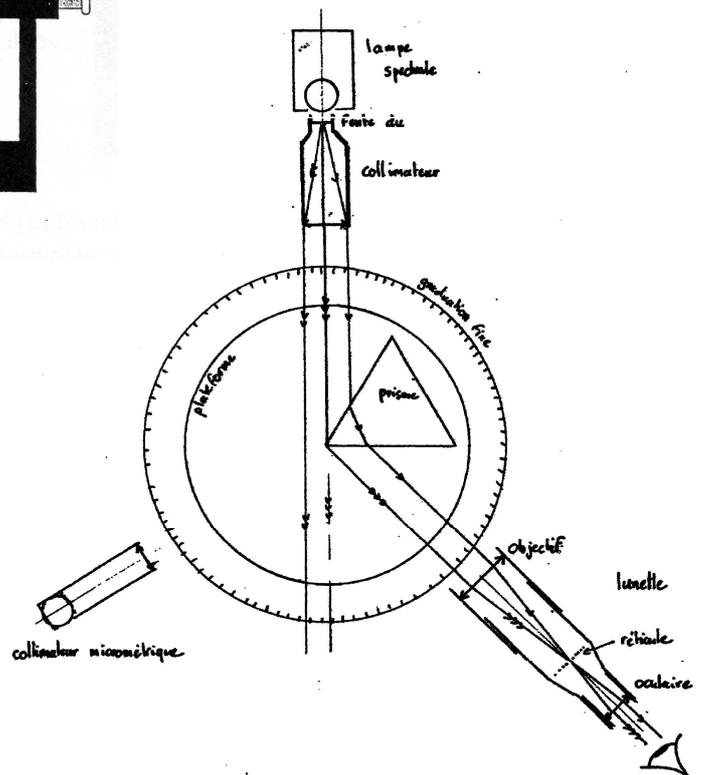
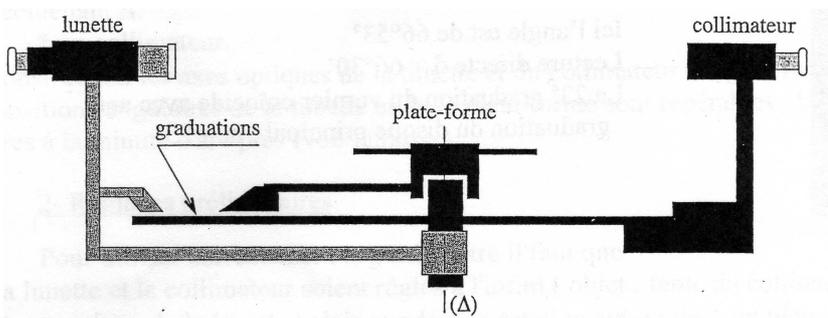
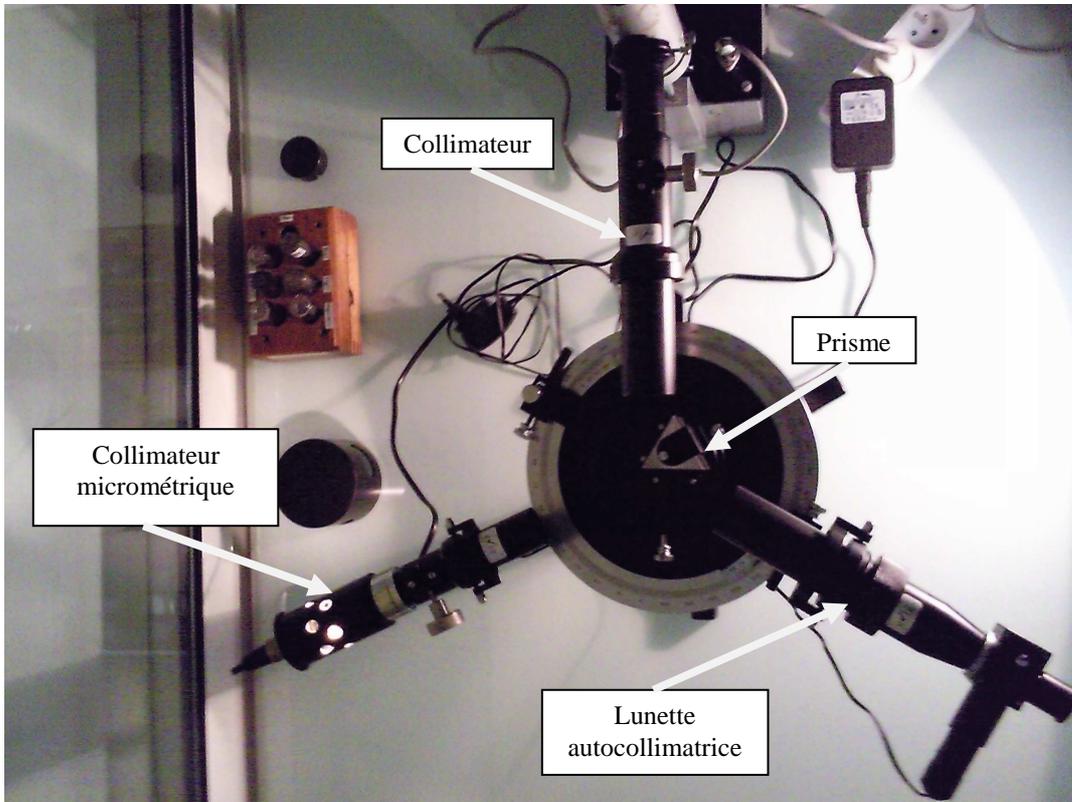
#### Etalonnage du spectroscope :

- Placer le prisme au minimum de déviation pour une longueur d'onde connue (raie jaune du mercure), puis bloquer sa rotation. Orienter le collimateur à micromètre pour que la raie jaune coïncide avec la graduation  $d$  (entre 3 et 5) et le bloquer dans cette position (toutes les radiations seront alors contenues dans l'échelle de la graduation).
- A l'aide du spectre connu du mercure, construire la courbe d'étalonnage  $d=f(\lambda)$  donnant la correspondance entre les graduations micrométriques et la longueur d'onde des raies.

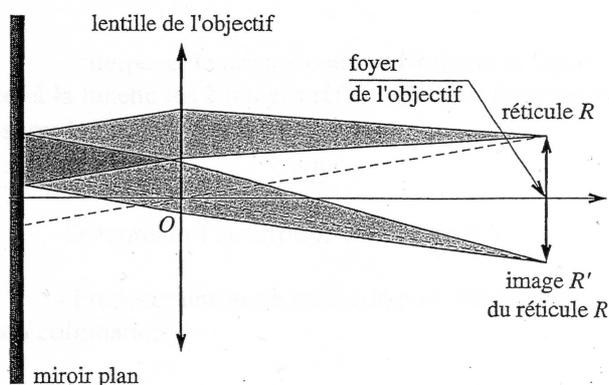
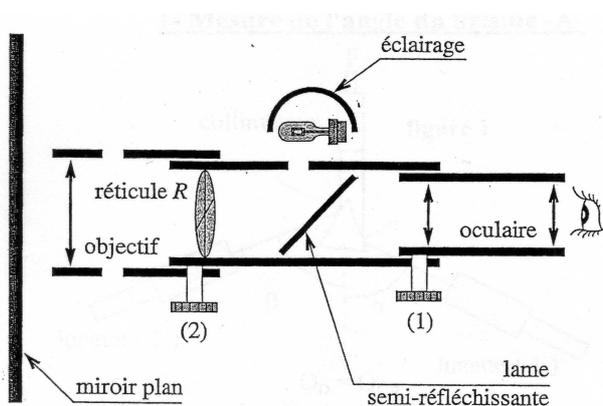
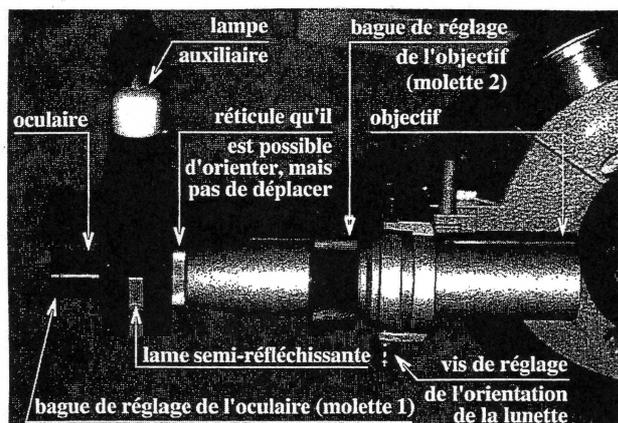
Cette courbe d'étalonnage tracée, la mesure de  $d$  d'une radiation inconnue permet de déterminer sa longueur d'onde.



**Schéma 1 : Goniomètre**



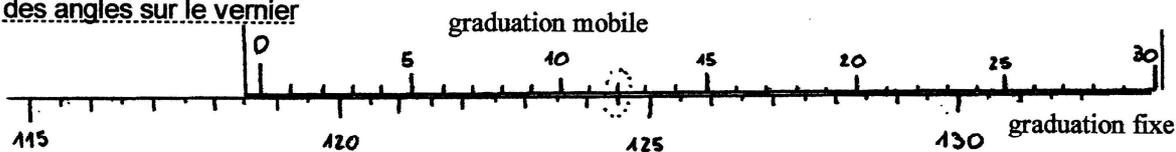
## Schéma 2 : Réglage de la lunette autocollimatrice



## Schéma 3 : Lecture sur le vernier

### Mesure des angles sur le vernier

Fig.3



Le vernier se compose de la graduation fixe solidaire de la plate-forme, graduée de  $0^\circ$  à  $360^\circ$ , de  $0,5^\circ$  en  $0,5^\circ$ , et d'une graduation mobile solidaire du bras, graduée de 0 à 30; il permet une mesure de la position du bras à la minute près, en procédant ainsi:

1) le zéro de la graduation mobile donne l'angle à  $0,5^\circ$  près: sur la Fig 3., cet angle est compris entre  $118,5^\circ$  et  $119^\circ$ : il est donc égal à  $118^\circ + 30 + n'$  ( $0 < n' < 30$ ).

2) Pour trouver la valeur de  $n$ , chercher la graduation de l'échelle mobile qui coïncide le plus précisément possible avec une graduation de l'échelle fixe. Le  $n^\circ$  de cette graduation de l'échelle mobile donne alors  $n$ ; sur l'exemple,  $n = 12$ . L'angle est donc  $118^\circ 42'$ .

