

TP : étude du prisme à l'aide d'un goniomètre

Objectif : ce TP d'optique géométrique aborde l'étude du prisme à l'aide d'un instrument permettant de mesurer des angles avec une grande précision : le goniomètre. Ce TP sera l'occasion de se familiariser avec les aspects suivants :

- la manipulation et le réglage d'un appareil de précision ;
- la visualisation d'un spectre discontinu ;
- la loi de dispersion d'un prisme en verre.

1. Aspects théoriques

Considérons un prisme droit de base triangulaire, transparent d'indice de réfraction n . On s'intéresse aux rayons lumineux se propageant dans un plan de section principal (perpendiculaire à l'arête du prisme). On note A l'angle du sommet qui fait face à la base du triangle (figure ci-dessous).

1.1 Formules du prisme

Les lois de la réfraction imposent deux relations entre i et r puis entre i' et r' :

$$\left\{ \begin{array}{l} \sin i = n \sin r \\ \sin i' = n \sin r' \end{array} \right. \quad (1)$$

La déviation D que subit le rayon incident s'écrit :

$$D = (i - r) + (i' - r') \quad (2)$$

De plus, A , r et r' sont liés par:

$$A + \left(\frac{\pi}{2} - r\right) + \left(\frac{\pi}{2} - r'\right) = \pi \quad (3)$$

D'où l'on déduit une nouvelle expression de D :

$$D = i + i' - A \quad (4)$$

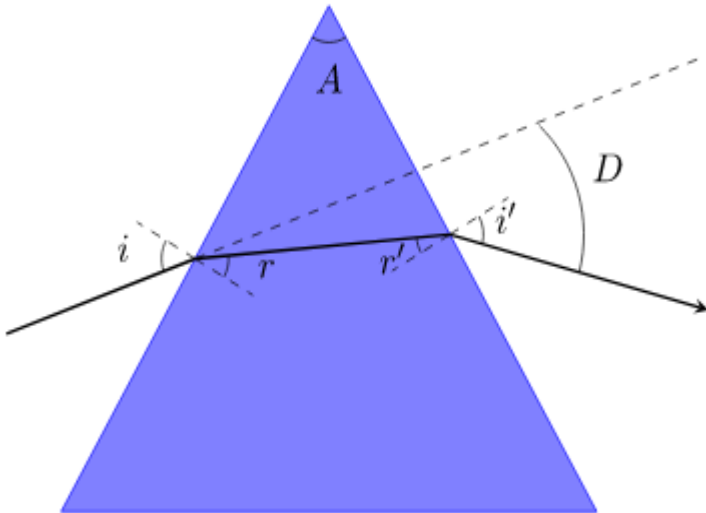


Figure 1

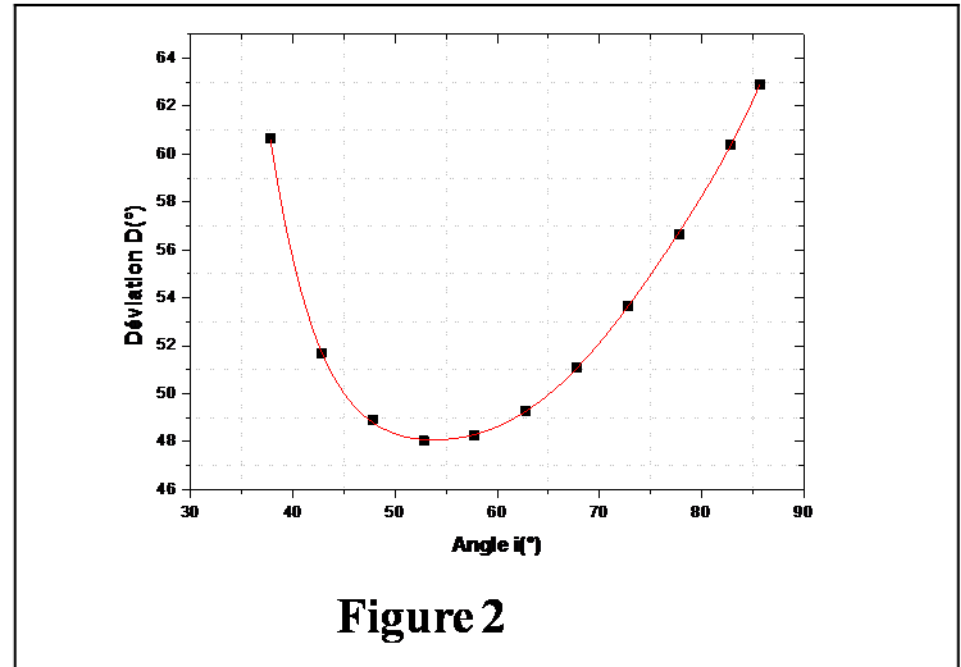


Figure 2

Le graphe de la figure 2 est tracé à partir des mesures faites avec le goniomètre et la lampe spectrale constituée de vapeur de zinc (la raie utilisée est la raie rouge).

1.2 Minimum de déviation

Le minimum de déviation correspond au minimum sur la courbe de $D = f(i)$

En ce point on a les égalités suivantes:

$$D = D_m \quad r = r' = \frac{A}{2} \quad i = i' = i_m$$

La loi $n = \frac{\sin i}{\sin r}$ devient donc:

$$n = \frac{\sin\left(\frac{D_m + A}{2}\right)}{\sin \frac{A}{2}} \quad (5)$$

La mesure de D_m et de A permet de calculer l'indice de réfraction du prisme.

2. Présentation du goniomètre

Le goniomètre à prisme, Figure 3, est composé de trois sous-ensembles principaux:

- 1- d' un collimateur comportant une fente, de largeur réglable, permettant de réaliser à partir d'une lampe spectrale un faisceau parallèle,
- 2-d'une lunette de visée composée de deux lentilles convergentes (objectif et oculaire) et d'un réticule (2 fils formant une croix) situé entre les deux lentilles. La lunette permet d'obtenir une image à l'infini d'un objet à l'infini (figure 5) .
- 3- d'une embase tournante (ou plateau mobile) sur laquelle est posé le prisme.
- 4- d'un disque gradué muni d'un vernier permettant de repérer la position angulaire de la lunette.

3. Réglage du goniomètre

3.1 réglage de la lunette

- Réglez le tirage de l'oculaire pour voir nettement sans accommoder le réticule (figure 6). Ce dernier est alors dans le plan focal de l'oculaire.
- Pointer la lunette vers un objet lointain et régler la netteté de l'image en agissant sur la vis moletée. Ainsi la lunette est réglée sur l'infini.

3.2 réglage du collimateur

Un collimateur sert à produire un faisceau de rayons parallèles.

- Amener la lampe spectrale tout près de la fente.

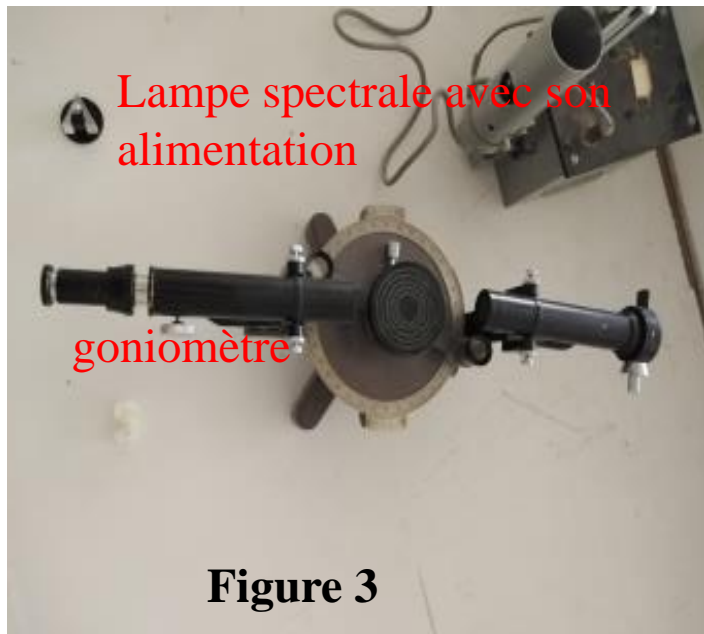


Figure 3

- (1) Lunette
- (1.1) Vis d'ajustage pour compensation des défauts d'alignement
- (2) Vis de réglage de netteté
- (3) Oculaire de Gauss coulissant
- (5) Vis d'ajustage pour décalage latéral de la lunette
- (6) Vis de réglage en hauteur de la lunette (1) blocable
- (7) Vis calante de l'embase du prisme
- (8) Vis de blocage de l'embase du prisme
- (9) Vis de blocage du disque gradué
- (10) Disque gradué
- (11) Réglage fin de la rotation de la lunette
- (12) Vis de blocage de la lunette (1)

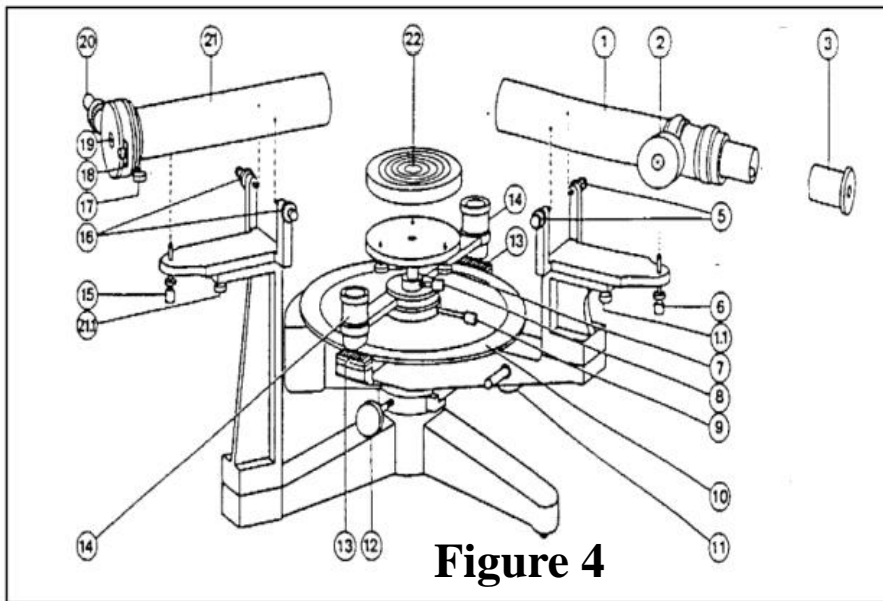


Figure 4

- (13) Verniers
- (14) Loupes
- (15) Vis de réglage en hauteur du collimateur
- (16) Vis d'ajustage pour décalage latéral du collimateur (21)
- (17) Vis de blocage du coulisseau porte-fente
- (18) Lmitateur de fente réglable
- (19) Fente réglable
- (20) Vis micrométrique de réglage de la largeur de la fente
- (21) Collimateur
- (21.1) Vis d'ajustage pour compensation des défauts d'alignement
- (22) Embase du prisme.

goniomètre et schéma détaillé

source de lumière

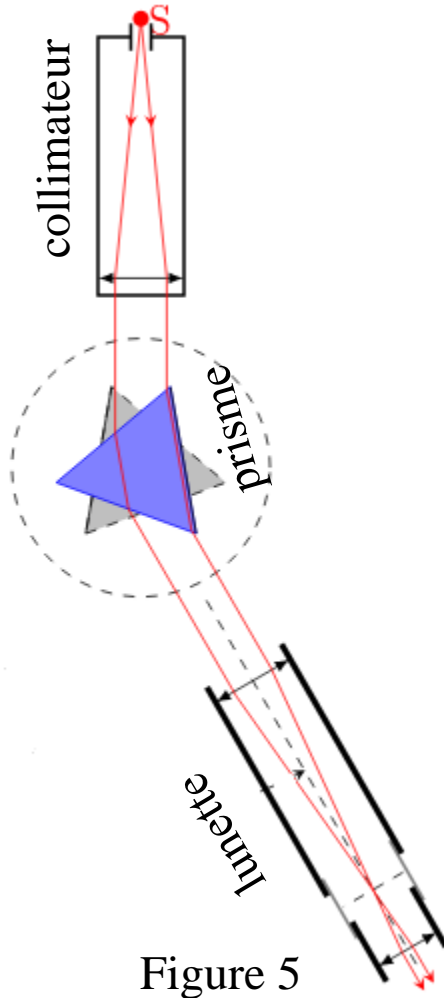


Figure 5

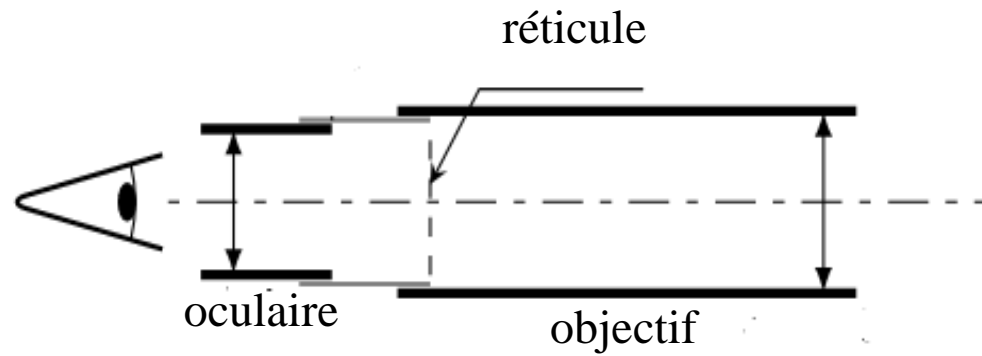


Figure 6

La lunette est réglée pour une vision à l'infini.
L'objet/lunette est à l'infini et l'image formée par
La lunette est aussi à l'infini (lunette afocale)

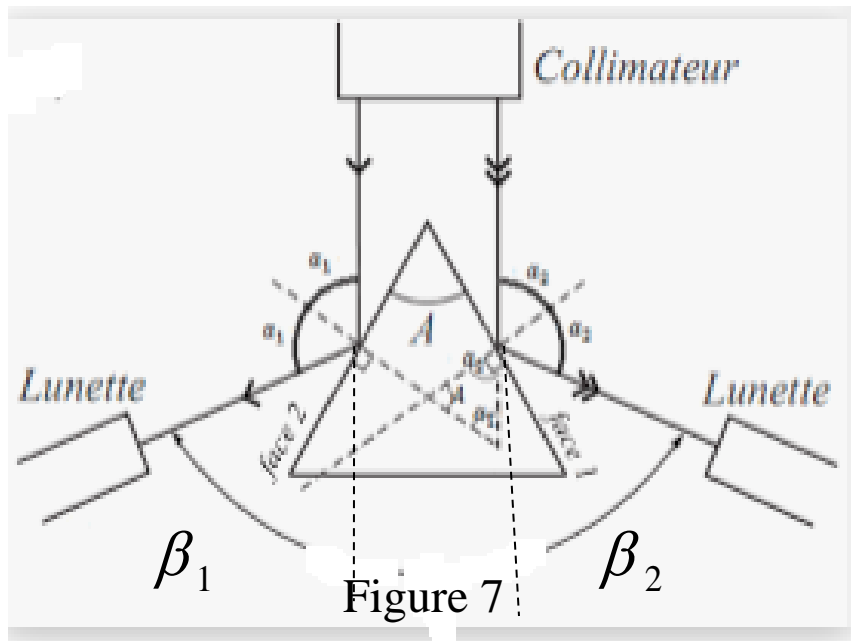
La figure 6 montre le schéma d'une lunette

- Visez le collimateur avec la lunette en confondant à peu près leurs axes optiques respectifs. Déplacer le coulisseau porte-fente du collimateur de façon à voir une image nette de la fente. l'image de la fente est à l'infini. Le collimateur est réglé !

4. Mesures avec le goniomètre

4.1- détermination de l'angle au sommet A du prisme

On peut sans peine démontrer: $\frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2} = A$ On demandera aux étudiants de démontrer cela.



Placer le prisme sur le plateau tournant, de manière à faire coïncider l'arête du prisme avec la direction du faisceau issu du collimateur (réglage approximatif).

Faire déplacer lentement la lunette dans la direction du faisceau réfléchi par la face 2.

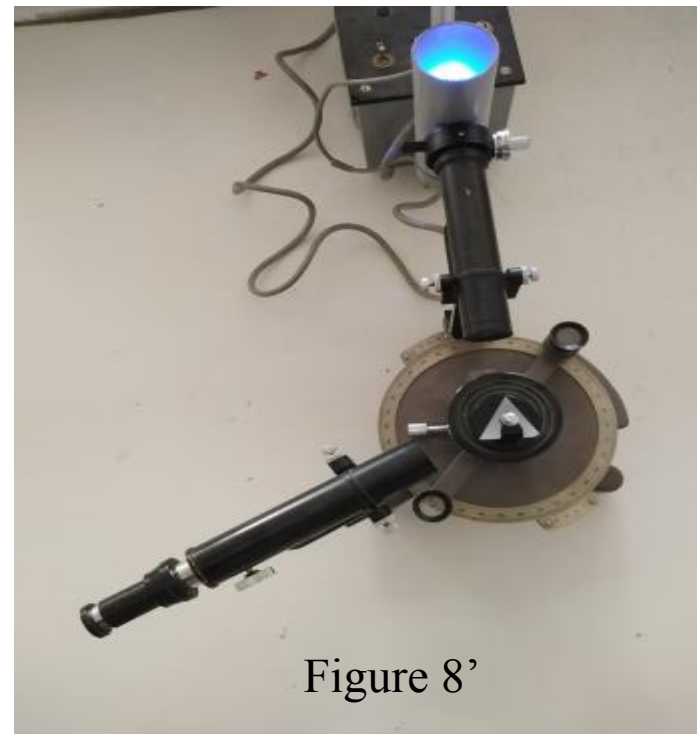
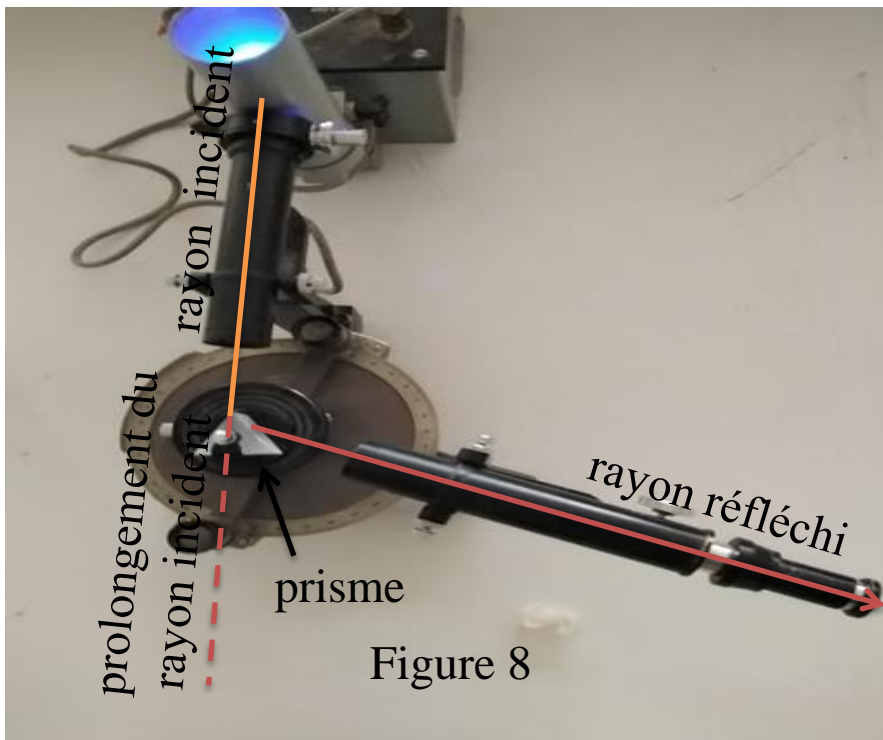
Une fois la raie recherchée est dans le champ de la lunette, il faut la centrer, bloquer la lunette sur cette position et lire la valeur de l'angle correspondant α_2 en degré et en minute d'angle.

Procéder de la même façon sur la face 1 pour rechercher le faisceau réfléchi, lire la valeur de α_1

Déduire la valeur de l'angle A du prisme en degré et minute. Comparer avec la valeur de 60° (par construction la section droite du prisme est un triangle isocèle)

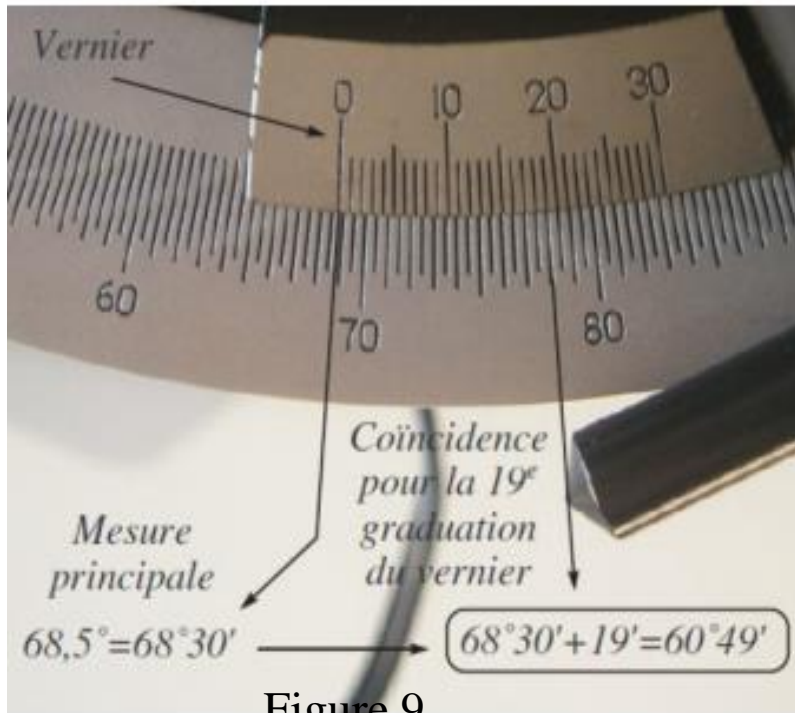
La figure 8 montre la visée de l'image de la fente par réflexion à travers la face

2. La figure 8' montre la visée de l'image de la fente à travers la face 1.



La lunette est pointée vers une face du prisme (figure 8). Une fois que la raie par réflexion est centrée on bloque la lunette avec la vis de blocage. On fait une lecture en degré sur la plateforme graduée et la précision en minute à l'aide du vernier. On opère de la même façon sur l'autre face du prisme (figure 8'). La lecture du zéro du goniomètre se fait avant de poser le prisme sur le plateau, en visant le faisceau incident. On centre l'image de la fente et on mesure sur la plateforme graduée.

Lecture avec le vernier



Sur l'exemple de la photographie ci-dessus :
à la mesure principale fournie par l'angle mesuré au demi degré près qui précède le « zéro » du vernier (68,5°), il faut ajouter le nombre de minutes d'angle correspondant à la première graduation du vernier qui entre en coïncidence avec une des graduations principale du cercle gradué (19')

La position du zéro du vernier est située au-delà de 68,5°. On compte alors

$68,5^\circ = 68^\circ$ et $30'$ on cherche la coïncidence de la première graduation du vernier avec les graduations de la plateforme (i.e graduations alignées). La lecture se fait en considérant la graduation du vernier en coïncidence. La précision est de l'ordre de la minute d'angle. On rappelle que $1' = (1/60)^\circ$

Si le zéro est situé avant la graduation du demi degré on ne considère pas $0,5^\circ = 30'$ et on n'ajoute que le nombre de minutes correspondant à la première coïncidence.

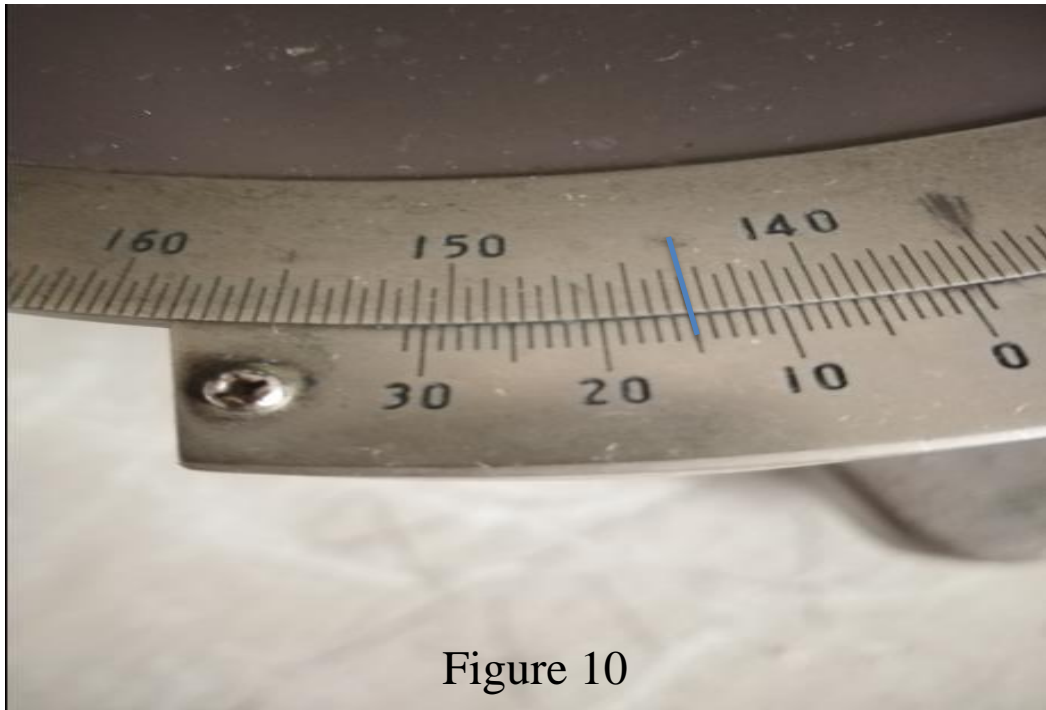


Figure 10

La lecture à travers la position du zéro du vernier (figure 10) donne 136° ; le zéro est situé avant la graduation qui correspond à 0.5° , on n'ajoute pas donc $0.5^\circ = 30'$. il faut ajouter uniquement le nombre de minutes d'angle correspondant à la première graduation du vernier qui entre en coïncidence avec une des graduations principale du cercle gradué. On hésite entre une graduation et sa voisine. Dans notre cas on peut tout aussi bien choisir les graduations 14 que 16. On a donc pour lecture $136^\circ 15' \pm 1'$

Si on veut faire une lecture en chiffre décimal on convertit de cette manière:

$$136^\circ 15' = 136^\circ + 15/60 = 136^\circ + 0.25 = 136.25^\circ$$

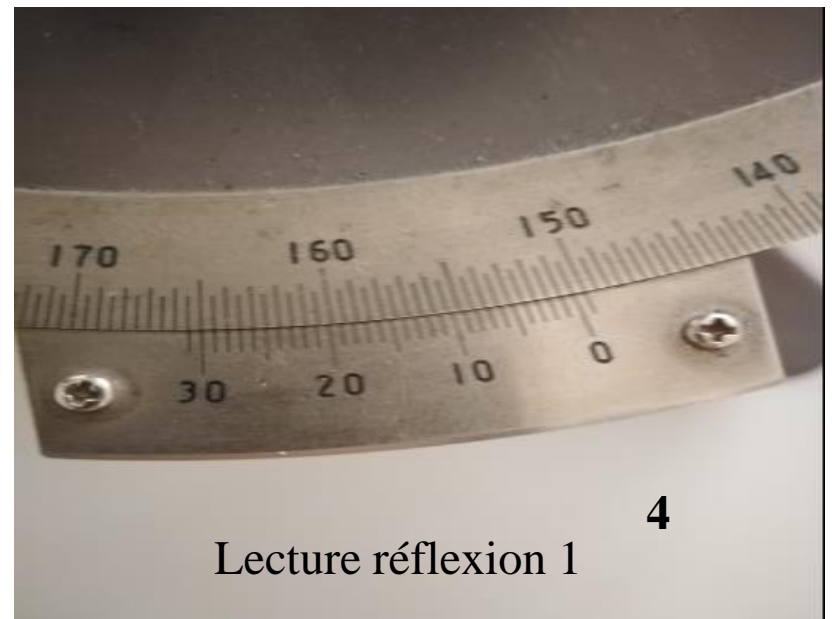
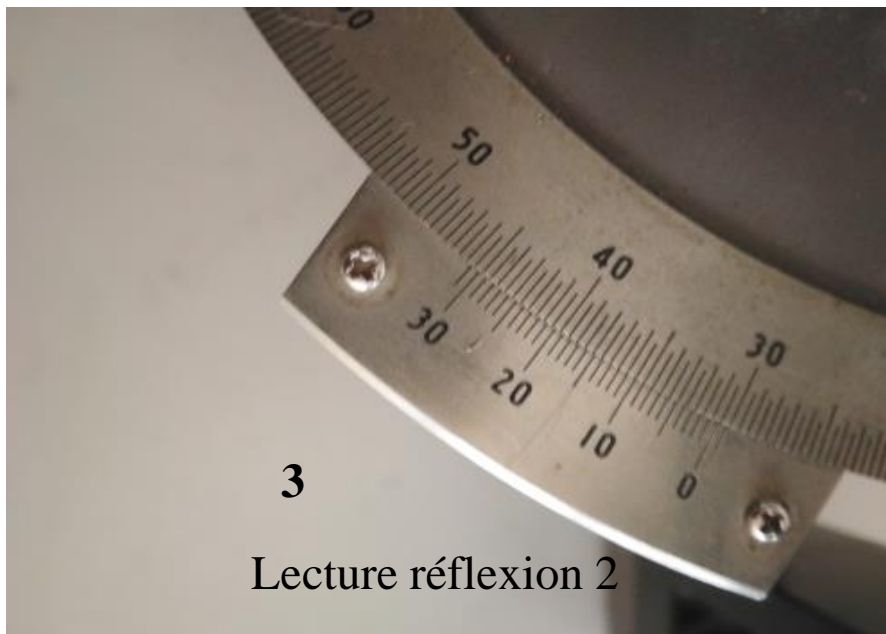


Figure 11

Travail à effectuer par l'étudiant

À partir des images 2 et 3 de la page précédente des lectures des réflexions sur les face 1 et 2 du prisme, calculer l'angle A du prisme en degré et minute.

Indication: on peut relier $\alpha_1 + \alpha_2$ à la différence de lecture $L_{\text{réflexion 1}} - L_{\text{réflexion 2}}$ et de là on peut déterminer A.

$$\alpha_1 + \alpha_2 = L_{\text{réflexion1}} - L_{\text{réflexion2}}$$

4.2- Détermination du minimum de déviation

1. Eclairer la lampe à cadmium ou zinc . Placer les instruments dans la configuration de la figure 12.
2. Observer à l'œil nu la face de sortie du prisme. Tourner le support du prisme jusqu'à observer un spectre de raies (on observe les radiations rouge, verte et bleue).
3. Tourner encore le support du prisme et suivre l'image à travers la lunette: on doit constater que l'image change de sens et qu'il existe donc un minimum de l'angle de déviation D.
4. Amener le centre du réticule le plus proche possible du centre de l'image de la raie rouge par exemple et tourner lentement le support du prisme pour affiner la recherche du minimum de déviation.

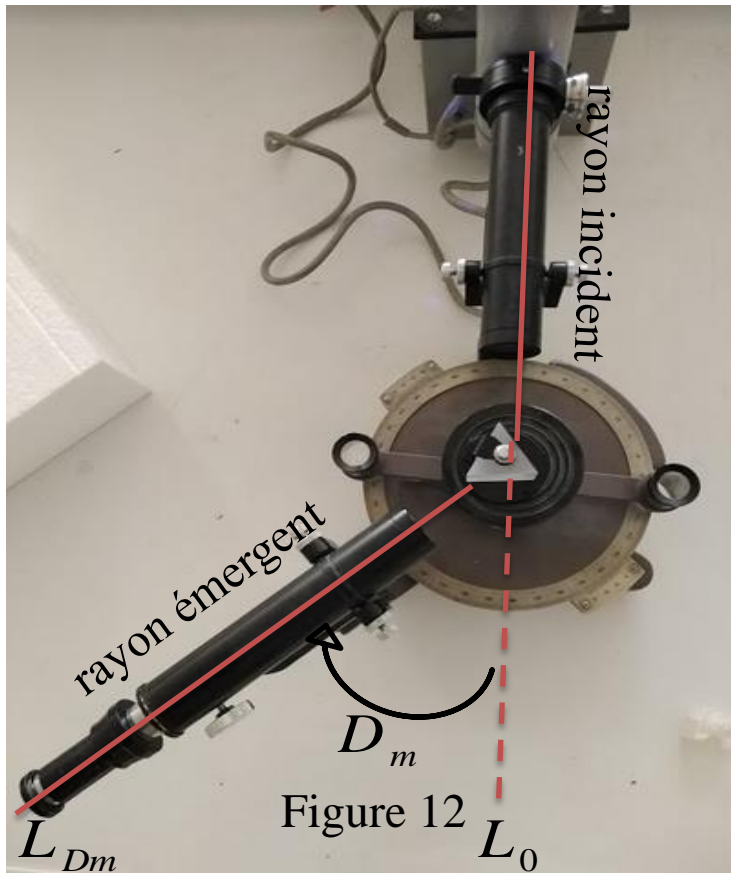


Figure 12

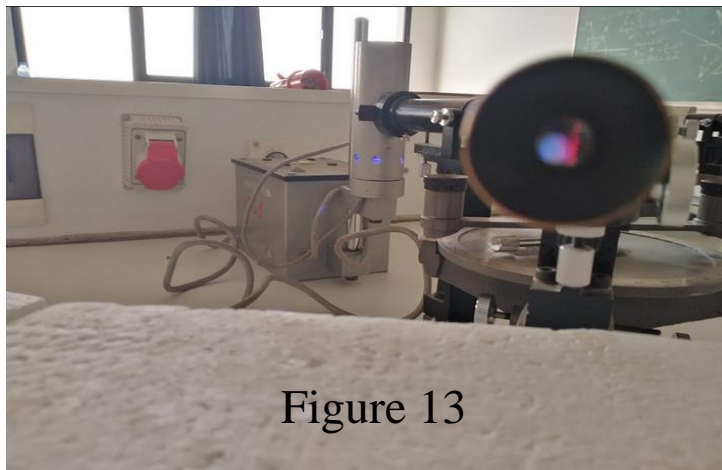


Figure 13

5. Bloquer le support du prisme avec la vis correspondante.
6. Faire coïncider le centre du réticule avec le centre de l'image de la raie, bloquer la lunette en serrant la vis correspondante puis, si besoin ajuster à l'aide de la vis micrométrique.
7. Mesurer la position angulaire (image 1 figure 11).
8. La déviation minimale pour la raie correspondante est donnée par la relation:

Lecture du minimum de déviation – lecture du zéro du goniomètre

$$D_m = |L_{Dm} - L_0|$$

9. Calculer l'indice de réfraction de la raie considérée n à partir de l'expression (5)

La lecture du zéro du goniomètre (image 2; figure 11)

La lecture du minimum de déviation (image 1; figure 11)

On observe (figure 13) la raie rouge du zinc à travers la lunette

Précisions aux étudiants

Les manipulations sur le goniomètre se feront en salle de TP en enseignement en présentiel à partir du 23 /05.

Néanmoins pour préparer ce TP, on demandera aux étudiants de se familiariser avec les lectures des positions angulaires et de déterminer l'angle A du prisme et le minimum de déviation D_m et de là calculer l'indice de réfraction.

Les résultats de la manipulation faite par l'enseignant sont consignés dans les images de La figure 11. Les lectures du zéro, de la réflexion sur les deux faces et du minimum de déviation permettent de calculer l'angle au sommet et l'indice de réfraction correspondant à la raie rouge du zinc. Il faut donc les calculer.