

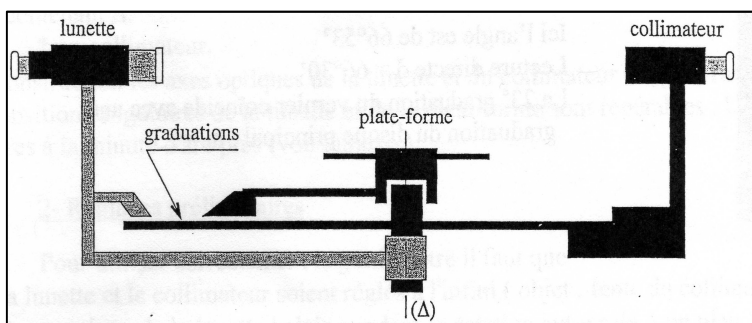
ETUDE DU PRISME : UTILISATION D'UN GONIOMETRE - CORRECTION

INTRODUCTION :

Dans ce TP, on utilise nos connaissances acquises au cours des TP précédents sur les instruments d'optique (lunette autocollimatrice, collimateur) afin de régler un goniomètre (I). Ce nouvel instrument d'optique nous permettra d'étudier la déviation de la lumière par un prisme (II) dont l'analyse théorique a été faite en DS. Grâce au caractère dispersif du prisme, nous utiliserons le goniomètre comme spectroscopie optique (III).

I. GONIOMETRE : DESCRIPTION ET REGLAGE

Un **goniomètre** permet d'effectuer des **mesures d'angles**.



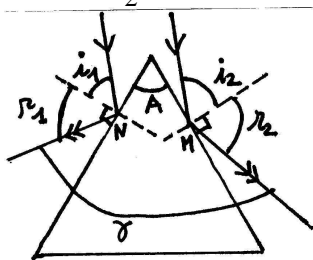
Il est constitué de trois sous-ensembles dont il faut connaître le nom et la fonction :

- 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 (Δ). Elle supportera l'élément étudié provoquant la déviation du faisceau incident (miroir, prisme, réseau...).
- une **lunette** (ici autocollimatrice) pouvant recevoir le faisceau dévié. Un vernier angulaire permet de mesurer l'angle de déviation D à la minute près.

II. ETUDE DU PRISME

1) Mesure de l'angle A du prisme

- Montrer que $A = \frac{\alpha + \beta}{2}$



→ rayons incidents parallèles issus du collimateur
→ rayons réfléchis par le prisme vus à travers la lunette.

Loi de Descartes de la réflexion aux points d'incidences :

$$\begin{array}{l} \underline{N}: i_1 = r_1 \\ \underline{M}: i_2 = r_2 \end{array} \quad \left. \vphantom{\begin{array}{l} \underline{N}: i_1 = r_1 \\ \underline{M}: i_2 = r_2 \end{array}} \right\} (1)$$

$$\bullet \quad 2\pi = \gamma + i_1 + r_1 + i_2 + r_2 \quad \text{soit d'après (1): } \underline{2\pi = \gamma + 2i_1 + 2i_2} \quad (2)$$

$$\bullet \quad \gamma = A + \frac{\pi}{2} - r_1 + \frac{\pi}{2} - r_2 \quad \text{soit d'après (1): } \underline{\gamma = \pi + A - (i_1 + i_2)} \quad (3)$$

• En combinant (2) et (3) pour faire disparaître $i_1 + i_2$ il vient : $2\pi = \gamma + 2 \times (\pi + A - \gamma)$

$$\Rightarrow \underline{2A = \gamma} \quad (4)$$

• Sachant que $\gamma = \alpha + \beta$ il vient $\boxed{A = \frac{\alpha + \beta}{2}}$ CQFD

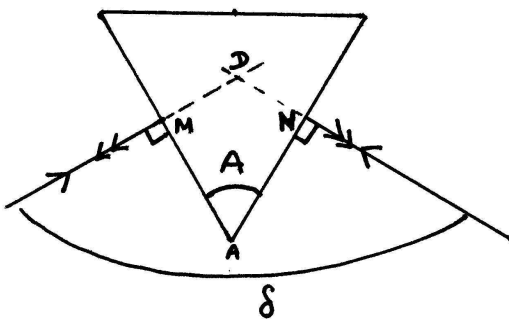
- Déterminer l'incertitude de mesure ΔA .

$$\Delta A = \left| \frac{\partial A}{\partial \alpha} \right| \Delta \alpha + \left| \frac{\partial A}{\partial \beta} \right| \Delta \beta = \frac{\Delta \alpha + \Delta \beta}{2}$$

avec $\Delta \alpha = \Delta \beta \sim 10'$ il vient $\Delta A \sim 10'$: $A_{\text{m}} - \Delta A \leq A \leq A_{\text{m}} + \Delta A$ où $A_{\text{m}} = \frac{\alpha + \beta}{2}$.
 appréciation de la lecture du vernier

On peut également utiliser le fait que la lunette de visée soit autocollimatrice pour déterminer A sans l'aide du collimateur. Pour cela :

- basculer la lame semi-réfléchissante et allumer la lampe de la lunette autocollimatrice.
- Pointer à la lunette la direction normale à deux faces du prisme qui réfléchit en partie la lumière émise par la lampe : le réticule et son image nette doivent se superposer.



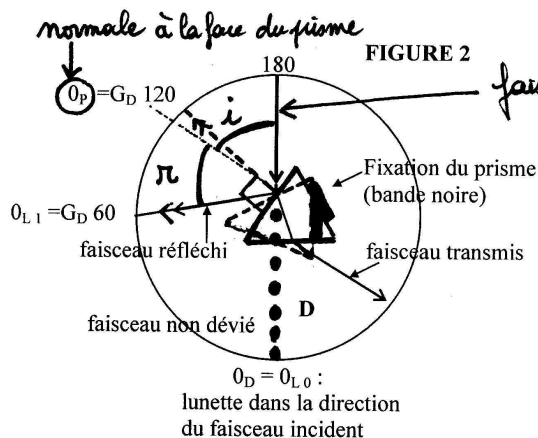
- rayons incidents issus de la lunette (lampe)
- rayons réfléchis par la face du prisme

Dans le quadrilatère $AMDN$: $2\pi = \frac{\pi}{2} + \frac{\pi}{2} + A + \delta$

soit $A = \pi - \delta$

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

a) Réglage préliminaire



faisceau incident issu du collimateur dont la position a été fixée précédemment.

Loi de Descartes de la réflexion: $i = r$

Lorsque $i = 0$, le rayon incident est confondu avec la normale ($O_p = G_D 180$)

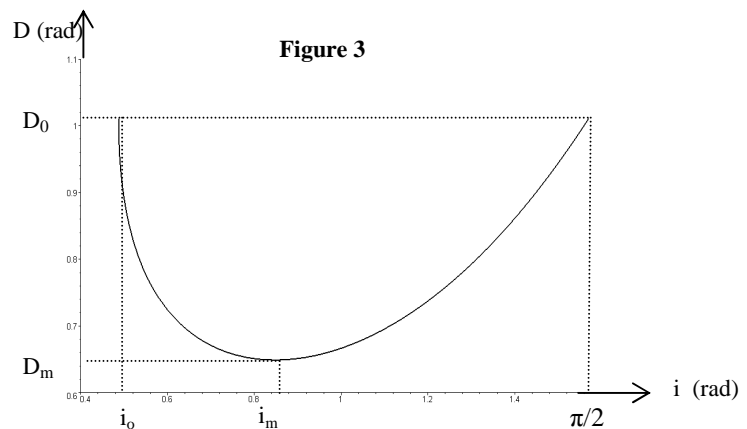
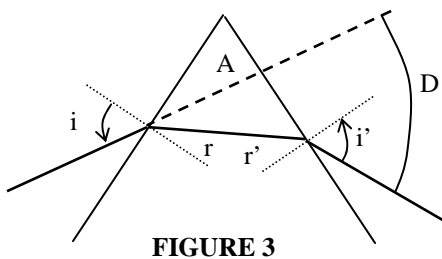
Par construction la lunette, la plate forme support

le prisme et le collimateur sont fixes. Il suffit alors de bouger le prisme (--- au départ; — une fois le prisme bien positionné) pour observer à la lunette l'image de la fente du collimateur centrée sur le trait vertical du réticule.

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

Pour la raie jaune du sodium ($\lambda \cong 589 \text{ nm}$) en faisant croître l'angle d'incidence à partir de $i=0$:

- on n'observe aucun faisceau dévié jusqu'à $i = i_0$ angle incident à partir duquel le deuxième rayon réfracté existe.
- à partir i_0 la déviation D décroît jusqu'à son minimum D_m , correspondant à l'angle incident i_m . On vérifie que $D_m = 2 \cdot i_m - A$.
- à partir de i_m la déviation D croît (aller-retour de l'image de la fente quand i varie dans le même sens au voisinage du minium de déviation) jusqu'à $i = \pi/2$. On vérifie que $D(\pi/2) = D(i_0)$.

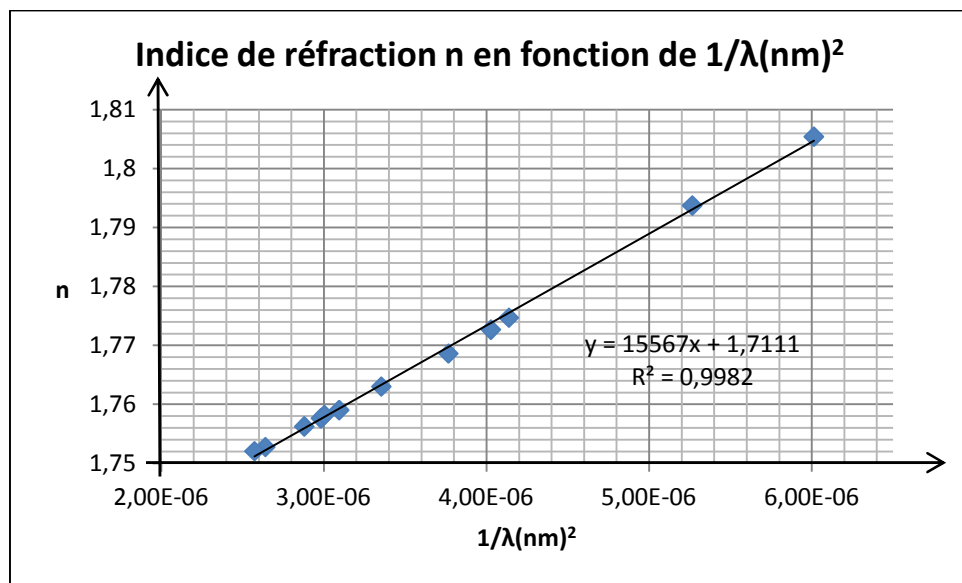


3) Application : mesure de l'indice n du prisme

Pour les principales raies du sodium puis du mercure on a mesuré le minimum de déviation D_m afin de

calculer l'indice de réfraction $n(\lambda)$ à l'aide de la formule :
$$n(\lambda) = \frac{\sin\left(\frac{D_m + A}{2}\right)}{\sin\left(\frac{A}{2}\right)}$$

Voici la courbe obtenue en traçant n en fonction de $1/\lambda^2$:



La courbe obtenue est une droite (coefficient de corrélation R^2 proche de 1).

La loi de Cauchy : $n(\lambda) = B + \frac{C}{\lambda^2}$ (B et C constantes positives) est donc vérifiée.

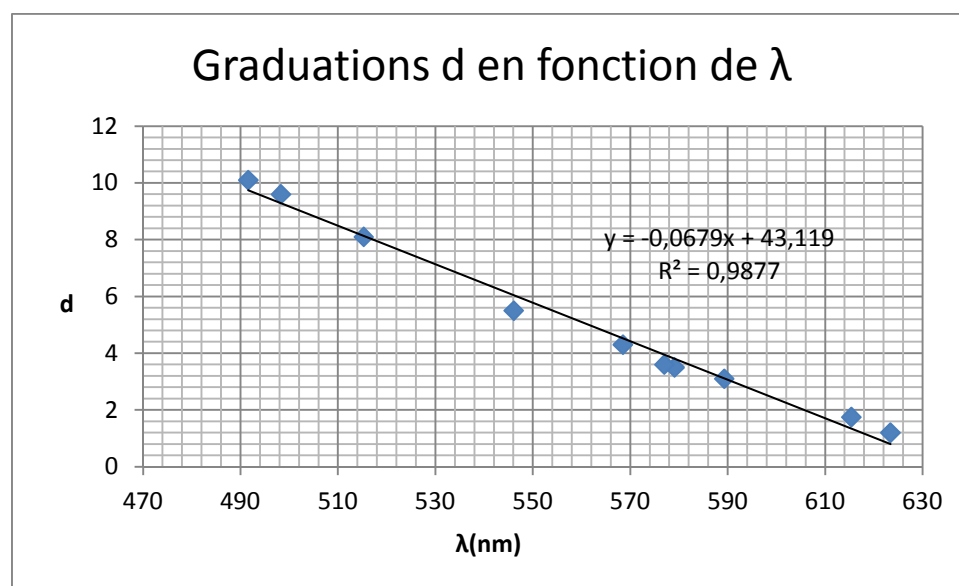
Remarque : D'après la loi de Cauchy, l'indice croît du rouge au violet (inversement proportionnel à la longueur d'onde). De plus, on peut montrer que la déviation D est une fonction croissante de n . Par conséquent la déviation croît du rouge au violet. C'est ce que l'on constate expérimentalement.

III. REALISATION D'UN SPECTROSCOPE A PRISME

2) Utilisation d'un collimateur micrométrique

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.

Pour les principales raies du sodium puis du mercure voici la courbe donnant la graduation du collimateur micrométrique en fonction de la longueur d'onde de la raie observée :



La courbe obtenue peut se modéliser par une droite (coefficient de corrélation R^2 proche de 1). Cette courbe d'étalonnage tracée, la mesure de d d'une radiation inconnue permet de déterminer sa longueur d'onde.

CONCLUSION :

Le réglage des instruments d'optique constituant le goniomètre doit être fait avec précision et permettre une lecture pratique des angles d'incidence et de déviation.

Une fois ce réglage terminé, la mesure précise des angles (à qqs minutes près) nous permet d'étudier la déviation du faisceau incident après traversée du prisme, de déterminer l'indice en fonction de la longueur d'onde et de vérifier la loi de Cauchy. Le goniomètre associé au prisme et à un collimateur micrométrique constitue un spectroscope à lecture directe et permet l'étude des spectres.

Les principales sources d'erreurs sont :

- le réglage des instruments d'optique (oculaire/objectif, collimateur) et leur positionnement ;
- la lecture du vernier ;
- l'horizontalité des plates-formes.