

# Déviation de la lumière par un prisme

Le Goniomètre

PC\*

Théorie



Les lois de Snell-Descartes permettent d'écrire :

$$\sin i = n \sin r$$
  $et$   $\sin i' = n \sin r'$ 

Dans le triangle (ISI') :

$$(\frac{\pi}{2}-r)+A+(\frac{\pi}{2}-r')=\pi$$
 soit  $r+r'=A$ 

Dans le triangle (IMI') : (D est l'angle de déviation du rayon incident)

$$(i-r) + (\pi - D) + (i'-r') = \pi$$

Soit :

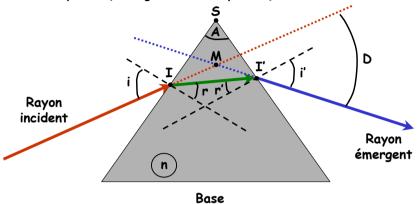
$$D = i + i' - (r + r')$$
  $d'où$   $D = i + i' - A$ 

Théorie



## I - Les relations fondamentales du prisme :

On se place dans le plan d'incidence d'un rayon qui arrive par la face d'entrée du prisme (les angles sont tous positifs).

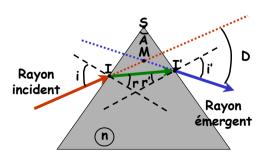


Théorie



## Conditions d'existence du rayon émergent :

Pour que le rayon émergent existe, il faut que  $r \le i_\ell$ ,  $avec \sin i_\ell = \frac{1}{n}$ .



Par conséquent :

 $r \ge A - i_{\ell}$ 

Et:

 $\sin i = n \sin r$ 

Conduit à :

 $\sin i \ge n \sin(A - i_{\ell})$ 

Soit finalement :  $\left| \frac{\pi}{2} \ge i \ge i_0 \quad avec \quad \sin i_0 = n \sin(A - i_\ell) \right|$ 



## Applications numériques :

Animation Rousseau

On choisit  $A = 60^{\circ}$  et n=1,732 ; alors  $i_0 = 46,4^{\circ}$ .

II - Étude de la déviation D(i) en fonction de l'angle d'incidence i du rayon incident :

En utilisant le principe de retour inverse de la lumière, on remarque que les angles d'incidence i et i' = D + A – i donnent le même angle de déviation D.

Ainsi, à une valeur de D correspond deux valeurs de l'angle d'incidence, sauf dans le cas où :

$$i = i' = \frac{D + A}{2}$$

qui correspond à un extremum de D(i) (voir transparent suivant).

4

Théorie



Relation entre l'indice du prisme et le minimum de déviation :

Au minimum de déviation  $\boldsymbol{D}_{\!\!\! m},$  les angles i et i' sont égaux :

$$i = i' = \frac{D_m + A}{2}$$

Les deux relations de Descartes permettent d'en déduire que r = r' = A/2.

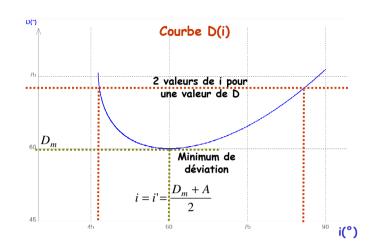
On en déduit :

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

Ainsi, la mesure du minimum de déviation permet d'en déduire l'indice du prisme. Calculer théoriquement l'incertitude absolue sur n.

Théorie





5

Théorie



## III - Dispersion de la lumière :

L'indice du prisme, donc la déviation, dépend de la longueur d'onde (phénomène de dispersion de la lumière).

La relation phénoménologique de Cauchy :

$$n(\lambda) = n_0 + \frac{B}{\lambda^2}$$

montre que l'indice est une fonction décroissante de la longueur d'onde.

La déviation croit avec l'indice du prisme

Animation Rousseau

La déviation croît du rouge au violet dans le domaine visible



IV - Étude expérimentale ; utilisation du goniomètre à prisme
1 - Présentation du goniomètre : (voir également l'annexe)

Le goniomètre permet de mesurer des angles de déviations D(i) en fonction de l'angle d'incidence.

## Animation Cabri

En se plaçant au minimum de déviation, on en déduit l'indice du prisme par la relation :

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



On peut ensuite vérifier la loi de Cauchy en traçant l'indice en fonction de  $1/\lambda^2$  (afin de tracer une droite !).

8

Expérience

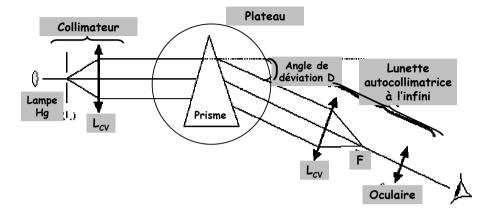


- · Le faisceau incident est fourni par une source lumineuse (lampe à vapeur de Mercure, de Sodium, ...) éclairant la fente d'entrée d'un collimateur réglé sur l'infini, donc fournissant un faisceau de lumière parallèle. Ce collimateur est fixe, d'axe perpendiculaire à l'axe du goniomètre.
- · Le faisceau émergent (du prisme) parallèle est examiné à l'aide d'une lunette autocollimatrice fixée sur un socle mobile.
- · Le prisme est placé sur un plateau qui peut tourner et dont on peut régler l'inclinaison de façon à ce que l'arête du prisme soit parallèle à l'axe du goniomètre.
- · Le déplacement du socle mobile est repéré sur une graduation en degrés, munie d'un vernier et que l'on observe au moyen d'un viseur ou directement à l'œil nu (selon les modèles de goniomètre).

Expérience



## Principe du goniomètre à prisme



9

Expérience



## Schéma simplifié du goniomètre à prisme

Collimateur

Lunette

Vis de réglage de l'horizontalité V'

Plateau

Viseur

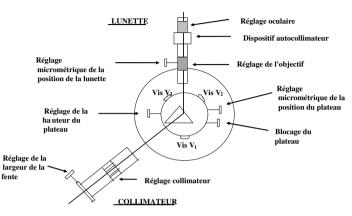
Socle mobile

Vis de blocage de la lunette

#### Expérience



## Schéma simplifié du goniomètre à prisme (vue de haut)



12

#### Expérience



## \*\*\* Réglage de la lunette autocollimatrice :

- Allumer l'ampoule permettant d'éclairer le réticule.
- Régler l'oculaire pour voir net le réticule ; ce réglage dépend de l'observateur et pourra être modifié en fonction de l'œil de celui-ci.
- Mettre une face du prisme contre la lunette pour réaliser l'auto collimation. Régler l'objectif de la lunette pour voir nette l'image de retour du réticule. La lunette est alors réglée à l'infini.

Expérience



## 2 - Réglage du goniomètre :

Le goniomètre est un appareil de précision ; il doit être manié avec beaucoup de soin ! Notamment, ne jamais aller en butée pour les vis de réglage et, surtout, ne jamais forcer !

## \*\*\* A l'œil nu, régler grossièrement :

- L'horizontalité de la lunette autocollimatrice, au moyen de la vis de réglage V' (voir figures précédentes).
- L'horizontalité du plateau, au moyen des vis  $V_1,\ V_2$  et  $V_3,$  en observant le plateau lorsqu'il tourne.

On peut aussi, en introduisant une lame métallique mince entre le plateau et son support au niveau des trois vis, assurer un quasi-parallélisme entre ces deux éléments. Penser à laisser aux vis la possibilité d'être tournées dans les deux sens par la suite.

13

#### Expérience



## \*\*\* Réglage du parallélisme de la lunette et du plateau :

- Mettre la vis  $V_1$  face à la lunette.
- Mettre le prisme sur le plateau, face à la lunette.
- Faire coı̈ncider l'image du réticule avec le réticule en agissant pour moitié sur  $V_1$  et pour moitié sur V'.
- Amener la vis  $V_2$  face à la lunette et replacer la lame ou le prisme face à la lunette. On observe un décalage entre le réticule et son image. Agir sur  $V_2$  et sur V' pour les faire coı̈ncider.
- Faire de même avec  $V_3$ .
- Recommencer avec  $V_1$ ,  $V_2$  puis  $V_3$  si nécessaire.

On a ainsi réalisé, de proche en proche, le parallélisme de la lunette et du plateau. Dans la suite, éteindre l'ampoule de la lunette autocollimatrice.



## \*\*\* Réglage du collimateur :

- Éclairer la fente du collimateur avec une lampe à vapeur de mercure (choisir une largeur de fente fine)
- Viser l'image de la fente au moyen de la lunette.
- Régler le tirage du collimateur de façon à voir l'image de la fente nette. La fente est alors au foyer du collimateur.

Attention : une lampe à vapeur métallique est fragile. Elle ne doit jamais être rallumée chaude!

16

Expérience



## 3 - Étude de la courbe D(i) :

Choisir une raie bien lumineuse du spectre de la lampe à Mercure. Regarder, dans les tables, la valeur de la longueur d'onde  $\lambda$  de cette raie monochromatique ( $\lambda = \mu m$ ).

Pour mesurer l'angle d'incidence i, on observe le rayon réfléchi sur la face d'entrée ; l'angle (rayon incident - rayon réfléchi) vaut alors 2i. On fera varier i en faisant tourner le plateau sur lequel repose le prisme (sans toucher au prisme). Vérifier que l'angle d'incidence doit être supérieure à une valeur i<sub>0</sub> pour qu'il y ait émergence. Comparer avec la valeur attendue théoriquement.

La mesure de l'angle de déviation s'effectue en pointant la lunette sur la raie et en lisant la déviation correspondante.

Vérifier l'existence d'un minimum de déviation, noté  $\mathbf{D}_{\mathbf{m}},$  pour un angle d'incidence i…

Expérience



## \*\*\* Positionnement du prisme sur le plateau :

- Disposer l'arête utile du prisme au voisinage du centre du plateau de manière à ce que les vis  $V_1$  et  $V_2$  permettent le réglage fin de la verticalité des faces  $(F_1)$  et  $(F_2)$  non noircies du prisme.
- Modifier éventuellement les réglages des vis  $V_1$  et  $V_2$  pour que l'auto collimation soit parfaite sur les faces  $(F_1)$  et  $(F_2)$  du prisme.
- Ne plus déplacer le prisme une fois ces réglages effectués!

17

Expérience



## Remplir le tableau de valeurs :

(Radiation de longueur d'onde :  $\lambda$  =

i (°)					
D (°)					

um)

Tracer sur un logiciel graphique (Regressi) la courbe expérimentale D = D(i).







20

#### Expérience



## 5 - Vérification expérimentale de la loi de Cauchy :

Déterminer expérimentalement, pour plusieurs longueurs d'onde (lampe à vapeur de Mercure, lampe à vapeur de Sodium, lampe à vapeur de cadmium) l'angle minimum de déviation  $D_m$ . Compléter le tableau de valeurs :

λ (nm)					
D <sub>m</sub> (°)					
n					
$1/\lambda^2$ (nm <sup>2</sup> )					

Tracer, en utilisant un logiciel graphique, la courbe  $n=n(1/\lambda^2)$  et déterminer les constantes  $n_0$  et B qui permettent de modéliser n sous la forme  $n=n_0+$  B /  $\lambda$   $^2$ .

#### Expérience



## 4 - Indice du prisme pour la longueur d'onde étudiée :

## a) Mesure de l'angle au sommet du prisme :

Cette mesure s'effectue au moyen de la lunette autocollimatrice : plus précisément, elle s'effectue par auto collimation, successivement sur les deux faces du prisme.

Le prisme étant immobile, régler la lunette normalement à une des faces, puis normalement à la seconde.

L'angle dont il a fallu tourner la lunette est  $\pi$  - A.

## b) Détermination de l'indice du prisme :

Déduire de ces mesures l'indice n du prisme pour la longueur d'onde considérée en utilisant la relation :

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

21