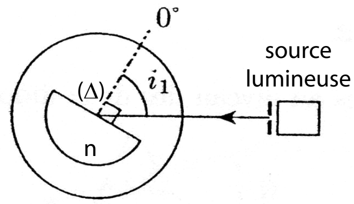
TP 3 - Lois de Snell-Descartes

Objectifs :
- Vérifier expérimentalement la loi de Snell-Descartes pour la réfraction ;
- Réaliser une régression linéaire ;
- Déterminer un angle limite de réflexion totale.

Nous utilisons une plate-forme graduée sur laquelle est fixé un demi-cylindre en plexiglas d'indice n (cf schéma). Cet objet est éclairé par une source lumineuse et la plate-forme peut tourner autour de son axe (Δ). L'emploi d'un filtre rouge permettra d'éliminer, si nécessaire, toute aberration chromatique.

I Réfraction air/plexiglas

On commence par éclairer le demi-cylindre en plexiglas au niveau de sa partie plane. Le faisceau lumineux rencontre un dioptre air/plexiglas, son devenir est alors déterminé par les lois de Snell-Descartes que l'on souhaite ici retrouver.



Question (I.1)
Faire **un schéma clair** de l'expérience où l'on fera figurer le rayon incident, le rayon réfléchi (même si celui-ci n'est pas forcément visible par manque de luminosité...), le rayon réfracté, ainsi que les angles i_1, i_1' et i_2 correspondants. Rappeler les lois de Snell-Descartes pour la réfraction et justifier l'existence du rayon réfracté.

Question (I.2)
Proposer un protocole expérimental permettant de vérifier la loi de Descartes pour la réfraction. On souhaite que la méthode se base sur la réalisation d'une régression linéaire appropriée et que les incertitudes de mesure soient prises en compte. Sur le compte rendu devra figurer le protocole de mesure envisagé ainsi que la façon dont vous avez fait les calculs d'incertitudes.

Remarque : NB : lors de la mesure d'un angle θ, si vous trouvez un intervalle $[\theta_{min}, \theta_{max}]$ dans lequel vous êtes "sûr" de trouver la "vraie valeur" de θ, alors l'incertitude-type associée vaut $u(\theta) = \dfrac{(\theta_{max} - \theta_{min})}{2\sqrt{3}}$.

Question (I.3)
Mettre en œuvre le protocole proposé et conclure.

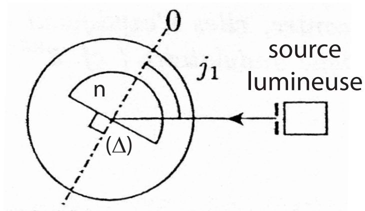
Question (I.4)
Utilisez la régression linéaire pour proposer une valeur de l'indice de réfraction du plexiglas n sous la forme $n = ...$; $u(n) = ...$ On prendra pour l'indice de réfraction de l'air $n_{air} = 1.00$, et on supposera cette valeur parfaitement connue.

Aide à la réalisation d'une régression linéaire à l'aide de Regressi :
- Fichier > Nouveau > Clavier > Définition des variables que vous souhaitez manipuler > Ok.
- L'onglet "Incertitudes" permet de faire apparaître deux nouvelles colonnes correspondant aux incertitudes associées aux variables préalablement déclarées.
- Remplir le tableau de valeurs.
- Basculer dans la fenêtre "Graphe".
- L'onglet "Modèle" permet de réaliser la régression linéaire désirée : choisir le modèle adapté et cliquer sur "Ajuster". Les paramètres de régression sont calculés automatiquement et affichés à l'écran.

Aide à la propagation des incertitudes sur Regressi : Le logiciel Regressi fait automatiquement le calcul de propagation des incertitudes : si vous mesurez expérimentalement un angle i_1, ainsi que son incertitude $u(i_1)$ et que vous avez besoin de $\sin(i_1)$ ainsi que de $u(\sin i_1)$, procédez comme suit :
- créez dans *Regressi* une variable i_1
- dans l'onglet *Expression*, créez une nouvelle variable $y1 = \sin(i_1)$. Lorsque vous renseignerez les valeurs de i_1 dans le tableur (et de $u(i_1)$ en activant l'onglet "incertitudes"), le logiciel remplira automatiquement une nouvelle colonne $y1 = \sin i_1$ (et $u(y1) = u(\sin i_1)$).
- procéder de même pour i_2

II Phénomène de réflexion totale

On éclaire maintenant le demi-cylindre de plexiglas par sa partie sphérique.



Le faisceau lumineux rencontre ensuite un dioptre plexiglas/air, son devenir est déterminé par les lois de Snell-Descartes.

Question (II.1)
Le faisceau lumineux est-il dévié lorsqu'il atteint la partie sphérique du demi-cylindre de plexiglas ? pourquoi ?

Question (II.2)
Faire un schéma de l'expérience en précisant le devenir du rayon lumineux au niveau du dioptre plexiglas/air. On précisera sur le dessin les angles d'incidence j_1, de réflexion j_1' et de réfraction j_2. Le rayon réfracté existe-t-il toujours ? Justifier.

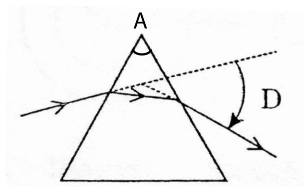
Question (II.3)
Mesurer l'angle d'incidence limite j_{1lim} à partir duquel le rayon réfracté disparaît, ainsi que l'incertitude de mesure associée. On donnera le résultat sous la forme : $j_{1lim} = ...$; $u(j_{1lim}) = ...$

Question (II.4)
En prenant pour l'indice de réfraction de l'air $n_{air} = 1.00$ (valeur supposée parfaitement connue), en déduire la valeur de l'indice de réfraction du plexiglas n sous la forme $n = ...$; $U(n) = ...$

Aide pour la propagation des incertitudes : $u(\sin j_1) = |cos(j_1)|u(j_1)$, tous les angles étant exprimés en radians !

III Etude de la déviation par un prisme (si vous avez du temps)

Chaque face du prisme constitue un dioptre plan entre le milieu extérieur (généralement l'air) et le matériau de fabrication du prisme d'indice n. La section du prisme est un triangle d'angle au sommet $A = 60.0°$. Un rayon incident se réfractant sur la première face peut, dans certaines conditions, émerger par la face de sortie. Le rayon lumineux subit une déviation, notée D.



Pour réaliser l'expérience proposée, on remplacera le demi-cylindre de plexiglas par le prisme, sur la plate-forme tournante utilisée dans les paragraphes précédents.

Question (III.1)
Justifier l'observation d'un spectre lumineux.

Question (III.2)

Comment expliquer que le rayon émergent disparaisse lorsque l'angle d'incidence (sur la première face du prisme) i_1 atteint une certaine valeur ?

On place devant la source lumineuse un filtre rouge pour se ramener à une source quasi-monochromatique.

Question (III.3)

A l'aide de Regressi, tracer la fonction D=f(i_1) en diminuant progressivement l'angle d'incidence. On déterminera l'incertitude de lecture que l'on a lors de la mesure des angles ce qui nous permettra de mettre des barres d'erreur aux points expérimentaux tracés. En déduire la valeur du minimum de déviation D_m, on le donnera sous la forme : $D_m = ...$, $u(D_m) = ...$

Question (III.4)

Au minimum de déviation, les angles d'incidence et d'émergence sont égaux, on peut alors démontrer la relation suivante : $n = \frac{sin(\frac{A+D_m}{2})}{sin(\frac{A}{2})}$. Elle va nous permettre de déterminer l'indice de réfraction n du milieu dans lequel a été taillé le prisme. En déduire la valeur de l'indice de réfraction du prisme **pour la longueur d'onde sélectionnée ici**. On donnera le résultat avec son incertitude (on supposera pour cela que l'angle A est parfaitement connu).

Aide pour la propagation des incertitudes : $u(n) = \frac{\left|cos\left(\frac{A+D_m}{2}\right)\right|}{2|sin(\frac{A}{2})|}u(D_m)$, tous les angles étant exprimé en radians !