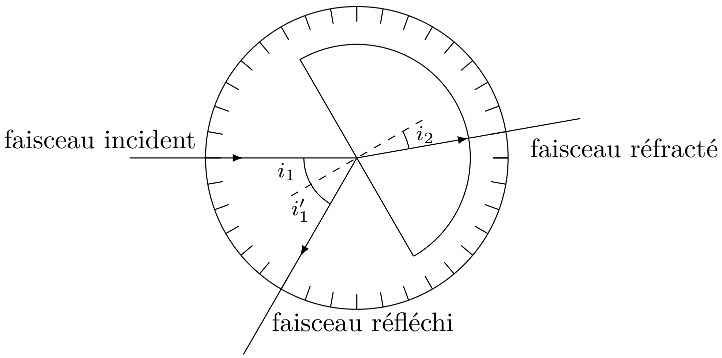
TP1 : Lois de Descartes – Corrigé

1 Introduction

Dans ce TP on se propose d'étudier les lois de Snell-Descartes de la réflexion et de le réfraction. Nous allons tester expérimentalement ces lois et nous les utiliserons pour déterminer de différentes manières l'indice optique d'un milieu.

2 Système utilisé

Le système utilisé est constitué d'un demi disque en plastique posé sur une plateforme portant des graduations pour repérer les angles. La plateforme est également équipée d'une lampe qui produit un faisceau de lumière parallèle dirigé vers le centre du demi disque.



La présence d'un second dioptre de forme circulaire permet d'éviter une seconde réfraction (angle d'incidence nul) et de lire plus facilement l'angle du rayon réfracté.

3 Lois de la réflexion

On commence par ne s'intéresser qu'au rayon réfléchi. On effectue plusieurs mesures de l'angle d'incidence et de l'angle de réfraction :

i_1 ($\pm 1°$)	10	20	40	70
i'_1 ($\pm 1°$)	10	20	40	70

L'incertitude sur la mesure de les angles d'incidence et de réflexion est une incertitude aléatoire due à la largeur du faisceau qui induit une incertitude de lecture de l'angle.

On remarque que ces mesures sont en bon accord avec la loi de Snell-Descartes concernant la réflexion qui prévoit l'égalité des angles d'incidence et de réflexion.

4 Lois de la réfraction

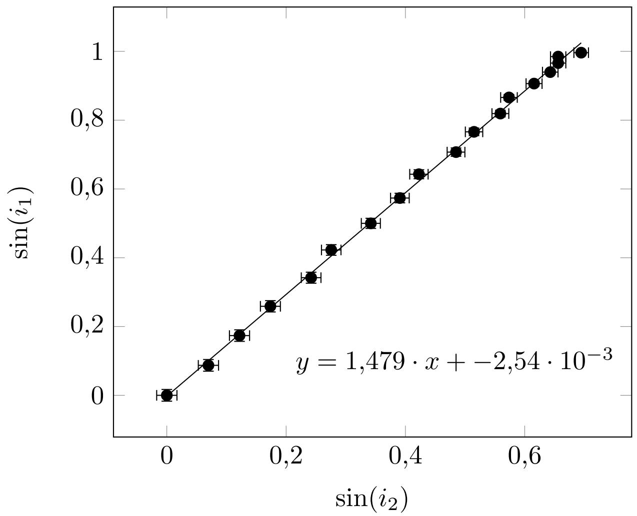
On mesure les angles de réfraction correspondant à plusieurs angles d'incidence mesurés tous les 5°. Pour toutes les mesures, on estime l'incertitude de mesure des angles à $\delta i = \pm 1°$ due à la largeur du faisceau. Pour estimer l'incertitude-type, il faut diviser cette valeur par $\sqrt{3}$.

On calcule l'incertitude δq sur $\sin(i_1)$ et $\sin(i_2)$ en utilisant la formule de propagation des incertitudes :

$$\delta q = \sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial x}\right)^2 \delta x^2}$$

en prenant $f(x) = \sin(x)$ on trouve finalement $\delta q = |\cos(i)|\delta i$ avec i en radians.

Ci-dessous on présente la représentation graphique des données mesurées.(*Il n'est pas forcément nécessaire de mettre le tableau de valeurs*)



La seconde loi de Snell-Descartes indique que $\sin(i_1) = n_2 \sin(i_2)$.

En notant $y = \sin(i_1)$ et $x = \sin(i_2)$ on obtient l'équation $y = nx$. On reconnaît l'équation d'une droite. On essaye donc de trouver la droite qui décrit au mieux les points de mesure, le tableur donne pour équation :

$$y(x) = 1{,}479 \cdot x - 2{,}54.10^{-3}$$

L'ordonnée à l'origine est proche de 0 ce qui est compatible avec la seconde loi de Snell-Descartes. Le coefficient directeur de la droite vaut $a = 1{,}479 = n$. On trouve donc la valeur de n :

$$n \simeq 1{,}48$$

Il faudrait déterminer une incertitude sur la valeur de n. Pour cela on pourrait appliquer une méthode de Monte-Carlo pour déterminer l'incertitude sur le coefficient directeur de la droite. On ne le fera pas ici.

Dans la suite, nous allons mettre en œuvre une seconde méthode permettant de déterminer l'indice du plastique (plexiglas) en utilisant le phénomène de réflexion totale.

On ne peut pas observer de réflexion totale sur une interface air-plexiglas car l'indice de l'air est plus petit que celui de le plexiglas. Pour observer la réflexion totale il faut que $n_1 > n_2$. On peut donc l'observer à l'interface plexiglas-air.

Pour l'oberver il suffit d'envoyer le faisceau sur la surface circulaire de le plexiglas (il n'est pas dévié), la réflexion totale peut être observée sur l'interface plane.

L'angle limite i_l de réflexion totale est relié à l'indice n de le plexiglas par la formule :

$$n \sin(i_l) = 1 \quad \text{donc} \quad n = \frac{1}{\sin(i_l)}$$

On mesure un angle limite $i_l = 43 \pm 2°$. L'incertitude sur sa mesure provient du fait qu'il est difficile de détecter précisément la disparition totale du rayon réfracté.

On obtient alors $n = \dfrac{1}{\sin(i_l)} \simeq 1{,}46$. Comme dans la partie précédente on détermine que l'incertitude sur $\sin(i_l)$ est égale à l'incertitude sur i_l (en radians) donc $\delta \sin(i_l) = 0{,}035$ et l'incertitude δn sur n est (voir poly sur les incertitudes) :

$$\delta n = n \frac{\delta \sin(i_l)}{\sin(i_l)} = 0{,}07$$

On trouve donc :

$$n = 1{,}46 \pm 0{,}07$$

Cette seconde valeur est parfaitement en accord avec la valeur déterminée dans la partie précédente, on remarque également que cette méthode de mesure est moins précise car l'incertitude sur la valeur de n est supérieure.

5 Conclusion

Nous avons confronté les lois de Snell-Descartes de la réflexion et de la réfraction aux résultats expérimentaux et nous avons ,dans les deux cas, montré que les résultats des mesures sont compatibles avec la théorie.

Cela nous a aussi permis de mesurer l'indice de réfraction d'un milieu en utilisant deux méthodes différentes qui ont donné des résultats concordants.

La principale source d'incertitude de nos mesures provenant de la largeur du faisceau et de la lecture des graduations il nous semble difficile d'obtenir un résultat plus précis avec le même système.