TP3 : Réflexion-Réfraction – Corrigé

2 Étude de la réflexion et de la réfraction sur un dioptre air-altuglas

1. On utilise un second dioptre de forme circulaire afin d'éviter une seconde déviation sur cette interface. En effet, comme le rayon passe par le centre du cercle il arrive suivant la normale à la surface et n'est pas dévié.

2. On effectue plusieurs mesures de l'angle d'incidence et de l'angle de réfraction :

Angle d'incidence $\pm 1°$	10	20	40	70
Angle de réfraction $\pm 1°$	10	20	40	70

   L'incertitude sur la mesure de les angles d'incidence et de réfraction est une incertitude aléatoire due à la largeur du faisceau laser 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.

3. 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 laser.

   On remarque également que lorsqu'on tourne le demi-disque d'altuglas, celui-ci a tendance à être décalé par rapport aux repères d'angles. Pour minimiser les déréglages, nous avons pour chaque mesure corrigé l'alignement du demi-disque pour que l'angle de réflexion soit identique à l'angle d'incidence.

Dans cette partie, on peut ajouter tous les commentaires que l'on trouve pertinents à propos du protocole de mesure et des sources d'erreur.

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

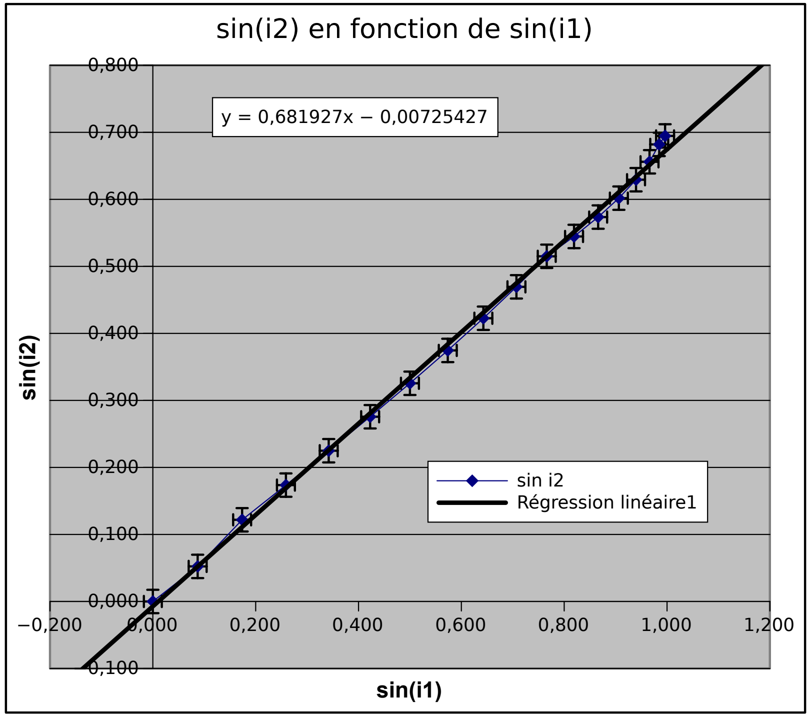
$$\delta q = \sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial x}\right)^2 \delta x^2}$$

en prenant $f(x) = \sin(x)$ et $\delta x = \pi * \delta i/180$. On trouve finalement $\delta q = |\cos(i)|\delta x$ que l'on peut majorer par $\delta q \leq \delta x$. On prendra donc une incertitude de $\delta x = 0\ .017$ sur l'ensemble des points de mesure.

Ci-contre on présente les données mesurées ainsi que leur représentation graphique.

i1 (degrés)	i2(degrés)	i1 (rads)	i2 (rads)	sin i1	sin i2
0	0	0,000	0,000	0,000	0,000
5	3	0,087	0,052	0,087	0,052
10	7	0,175	0,122	0,174	0,122
15	10	0,262	0,175	0,259	0,174
20	13	0,349	0,227	0,342	0,225
25	16	0,436	0,279	0,423	0,276
30	19	0,524	0,332	0,500	0,326
35	22	0,611	0,384	0,574	0,375
40	25	0,698	0,436	0,643	0,423
45	28	0,785	0,489	0,707	0,469
50	31	0,873	0,541	0,766	0,515
55	33	0,960	0,576	0,819	0,545
60	35	1,047	0,611	0,866	0,574
65	37	1,134	0,646	0,906	0,602
70	39	1,222	0,681	0,940	0,629
75	41	1,309	0,716	0,966	0,656
80	43	1,396	0,750	0,985	0,682
85	44	1,484	0,768	0,996	0,695

Incertiture sur i1 et i1 (deg)	1
Incertitude sur sin(i1) et sin(i2) :	0,017



La seconde loi de Snell-Descartes indique que $\sin(i_1) = n_2 \sin(i_2)$. En notant $y = \sin(i_2)$ et $x = \sin(i_1)$ on obtient l'équation $x = ny$ soit $y(x) = \frac{1}{n}x$. 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 :

$$y(x) = 0.6819x - 0.0073$$

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 $a = 0.6819 = \frac{1}{n}$. On trouve donc la valeur de n :

$$n = \frac{1}{0.6819} \simeq 1.47$$

Il est assez compliqué de déterminer l'incertitude sur la valeur de l'indice donnée par cette méthode, il faudrait trouver les coefficients directeurs des deux droites extrêmes passant dans les barres d'erreur des points de mesure. Certain logiciel la calculent directement à partir des points de mesure. Dans le cas présent on pourrait l'estimer à $\delta n \simeq 0.01$. On trouve donc

$$n = 1.47 \pm 0.01$$

3 réflexion totale

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

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

2. L'angle limite i_l de réflexion totale est relié à l'indice n de l'altuglas 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 $n = \frac{1}{\sin i_l} \simeq 1.46$. 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.