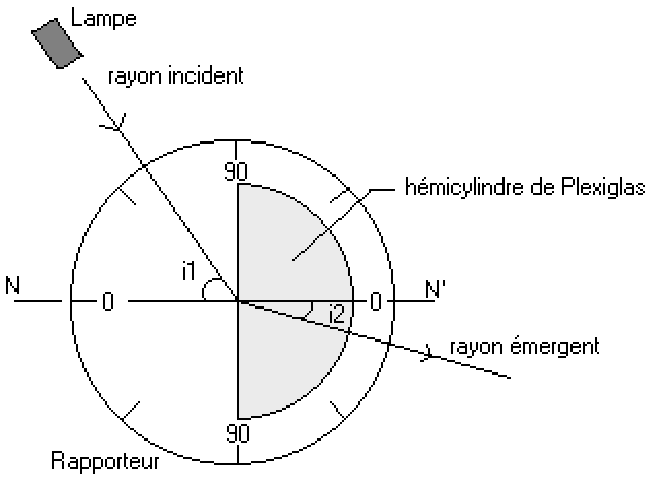
TP – Loi de la réfraction

Objectif : étudier la trajectoire de la lumière, lorsqu'elle traverse une interface air / plexiglas.

L'indice de réfraction de l'air est $n_1 = 1,0$; celui du plexiglas est $n_2 = 1,5$.

Nous disposons d'une lampe munie d'une fente, d'un bloc de Plexiglas hémicylindrique, et d'un rapporteur circulaire gradué en degrés.

- Diriger le faisceau lumineux vers le centre de la face plane de l'hémicylindre.



La droite (NN'), perpendiculaire à l'interface air / plexiglas, est appelée la ***normale*** à la surface de séparation (appelée aussi ***interface***) entre l'air et le Plexiglas.

Le phénomène de déviation du rayon lumineux lors de la traversée de l'interface est appelé ***réfraction***.

L'angle i_1 entre le rayon incident et la normale est appelé **angle d'incidence**. L'angle i_2 entre la normale et le rayon pénétrant dans le plexiglas est **l'angle de réfraction.**

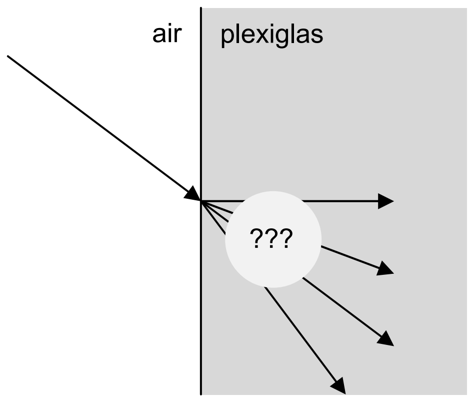
- Faire varier la valeur de i_1, et relever les valeurs de i_2, afin de compléter le tableau du bas de page.
- Sur une feuille de papier millimétré, représenter chaque couple $(\sin(i_1)\,;\sin(i_2))$ du tableau par un point de coordonnées $(\sin(i_1)\,;\sin(i_2))$ (symbolisé par une croix $\times$).
- Effectuer ce que l'on appelle une ***régression linéaire*** : tracer, à la règle, la droite qui passe le plus près possible de l'ensemble des points tracés.
- Placer deux points A et B sur la droite. Ils ne doivent pas correspondre à des points du tableau, et doivent être éloignés l'un de l'autre. Puis, en utilisant les points A et B, déterminer l'équation de la régression linéaire (cette équation est du type $\sin(i_2) = a \times \sin(i_1) + b$).
- Comparer le coefficient directeur *a* de la régression linéaire au quotient $\frac{n_1}{n_2}$ des indices de réfraction de l'air et du plexiglas.
- La relation trouvée entre $\sin(i_1)$ et $\sin(i_2)$ est-elle compatible avec la loi établie par Descartes : $n_1 \times \sin(i_1) = n_2 \times \sin(i_2)$?

i_1(en °)	0°	10°	20°	30°	45°	60°	70°	80°
i_2 (en °)								
sin (i_1)								
sin (i_2)								

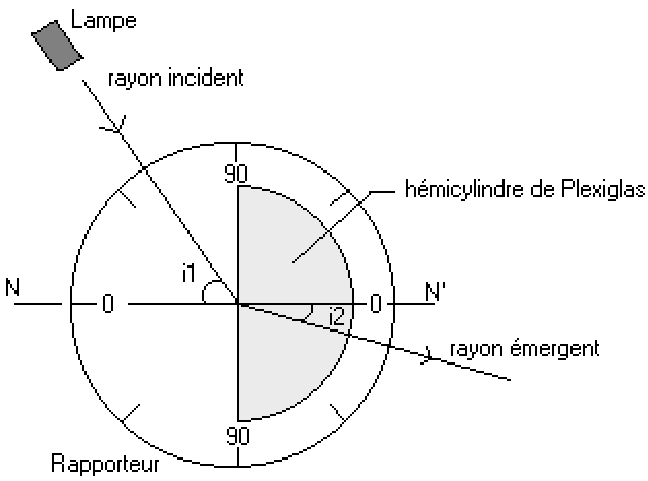
TP – Loi de la réfraction – correction

Nous savons que dans un milieu homogène et transparent, la lumière se propage en ligne droite. Mais que se passe-t-il lorsqu'un rayon lumineux provenant d'un milieu homogène et transparent, pénètre dans un autre milieu homogène et transparent ?

Nous nous intéresserons au cas particulier du passage de l'air vers le plexiglas. L'indice de réfraction de l'air est $n_1 = 1,0$; celui du plexiglas est $n_2 = 1,5$.



Nous disposons d'une lampe munie d'une fente, d'un bloc de Plexiglas hémicylindrique, et d'un rapporteur circulaire gradué en degrés. Nous dirigeons le faisceau lumineux vers le centre de la face plane de l'hémicylindre.



La droite (NN'), perpendiculaire à l'interface air / plexiglas, est appelée la ***normale*** à la surface de séparation (appelée aussi ***interface***) entre l'air et le Plexiglas.

Nous observons que le rayon lumineux est dévié lorsqu'il traverse l'interface air / plexiglas. Ce phénomène de déviation du rayon lumineux lors d'un passage d'un milieu transparent homogène vers un autre milieu transparent homogène porte le nom de ***réfraction***.

L'angle i_1 entre le rayon incident et la normale est appelé ***angle d'incidence***. L'angle i_2 entre la normale et le rayon pénétrant dans le plexiglas est ***l'angle de réfraction.***

Au début, nous réglons i_1 sur 0^o, et observons que l'angle réfracté i_2 vaut lui aussi 0^o.

Puis nous augmentons la valeur de i_1, et notons les valeurs de i_2 correspondantes.

Nous consignons nos mesures dans le tableau en bas de page.

Nous calculons les valeurs de $\sin(i_1)$ et $\sin(i_2)$ en nous assurant bien que notre calculatrice est réglée sur les degrés.

Sur une feuille de papier millimétré, nous représentons chaque couple $\left(\sin(i_1)\,;\sin(i_2)\right)$ du tableau par un point de coordonnées $\left(\sin(i_1)\,;\sin(i_2)\right)$ (symbolisé par une croix $\times$). Voir graphique page suivante. En d'autres termes, nous représentons les valeurs de $\sin(i_2)$ en fonction de celles de $\sin(i_1)$.

Nous nous apercevons que les points sont presque alignés.

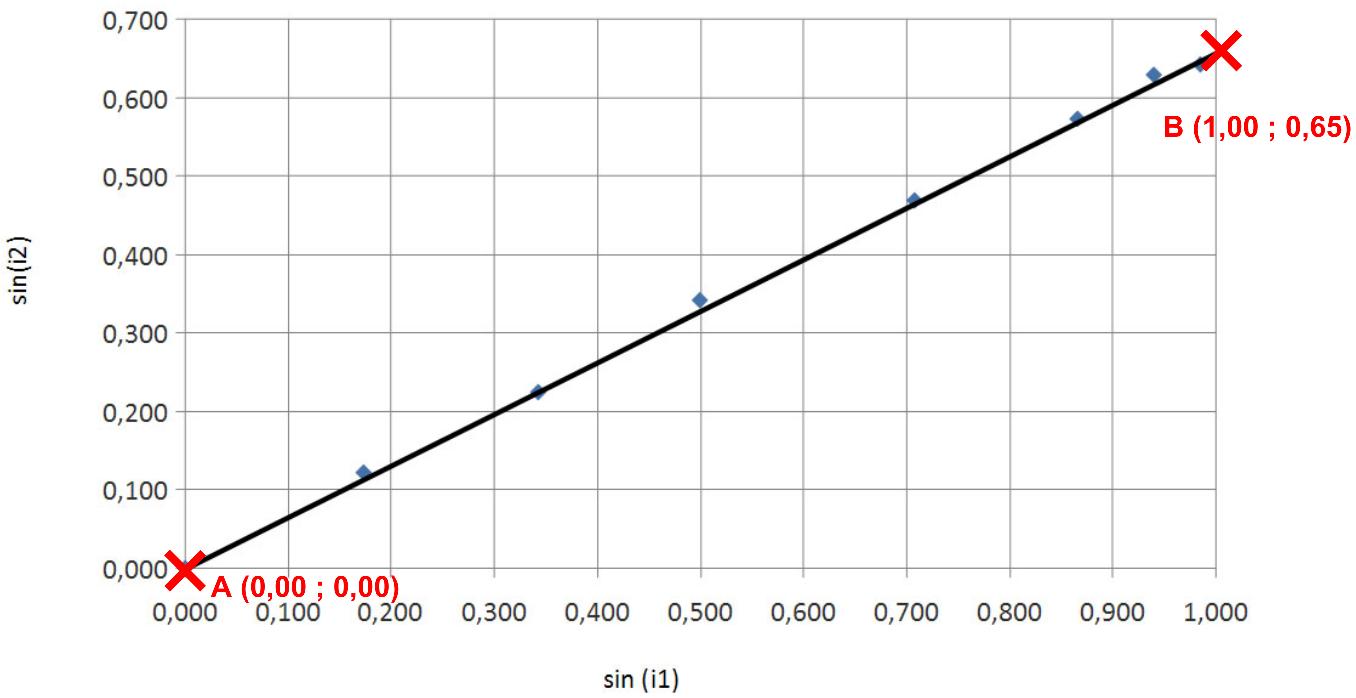
Ensuite, nous effectuons ce que l'on appelle une ***régression linéaire*** : nous traçons à la règle la droite qui passe le plus près possible de l'ensemble des points tracés.

Puis nous plaçons deux points A et B sur la droite, en veillant à ce qu'ils ne correspondent pas à des points du tableau, et qu'ils soient relativement éloignés l'un de l'autre.

Remarque : Choisir deux points éloignés permet de minimiser l'erreur relative du calcul qui suit.

Ces points sont $A(0,00\,;0,00)$ et $B(1,00\,;0,65)$.

i_1(en °)	0°	10°	20°	30°	45°	60°	70°	80°
i_2 (en °)	0°	7^o	13^o	20^o	28^o	35^o	39^o	40^o
sin (i_1)	0	0,174	0,342	0,500	0,707	0,866	0,940	0,985
sin (i_2)	0	0,122	0,225	0,342	0,469	0,574	0,629	0,643



En utilisant les coordonnées de A et de B, nous allons déterminer l'équation de la régression linéaire. Dans le cas général, cette équation est du type $\sin(i_2) = a \times \sin(i_1) + b$). Mais ici, la droite passant par l'origine, nous avons b = 0.

Reste à utiliser A et B pour déterminer le coefficient directeur a. Nous avons :

$a = \dfrac{\sin(i_2)_B - \sin(i_2)_A}{\sin(i_1)_B - \sin(i_1)_A}$ (en cours de mathématiques, nous aurions écrit $a = \dfrac{y_B - y_A}{x_B - x_A}$)

Ainsi nous obtenons : $a = \dfrac{0,65 - 0,00}{1,00 - 0,00} = 0,65$.

La relation entre $\sin(i_1)$ et $\sin(i_2)$ est donc : $\sin(i_2) = 0,65 \times \sin(i_1)$.

Nous remarquons que le coefficient directeur de la régression linéaire est quasiment égal au rapport des indices de réfraction $\dfrac{n_1}{n_2} = \dfrac{1,0}{1,5} = 0,66$. La différence relative entre 0,65 et 0,66 est égale à $\dfrac{0,66 - 0,65}{0,65} \times 100 = 1,5\ \%$, ce qui est très faible.

La relation $\sin(i_2) = 0,65 \times \sin(i_1)$ que nous avons déterminée entre l'angle incident et l'angle réfracté, est donc quasiment équivalente à $\sin(i_2) = \dfrac{n_1}{n_2} \times \sin(i_1)$, c'est-à-dire à la loi de la réfraction établie par Descartes : $n_1 \times \sin(i_1) = n_2 \times \sin(i_2)$.

<u>En conclusion</u>, les manipulations que nous avons effectuées dans le cadre de cette séance de travaux pratiques nous ont permis de confirmer la loi de Descartes portant sur la réfraction :

Lorsqu'un rayon lumineux passe d'un milieu transparent et homogène d'indice de réfraction n_1 vers un milieu transparent et homogène d'indice de réfraction n_2, alors l'angle incident i_1 et l'angle réfracté i_2 sont liés par la relation $n_1 \times \sin(i_1) = n_2 \times \sin(i_2)$.

Cette loi nous permettra de prévoir précisément la déviation des rayons lumineux, par exemple, lorsqu'ils passent de l'air dans l'eau, de l'air dans le verre, du verre dans l'eau, du verre dans l'air, etc. Elle est essentielle à la compréhension des phénomènes d'optique causés par le franchissement d'une interface entre deux milieux transparents.