

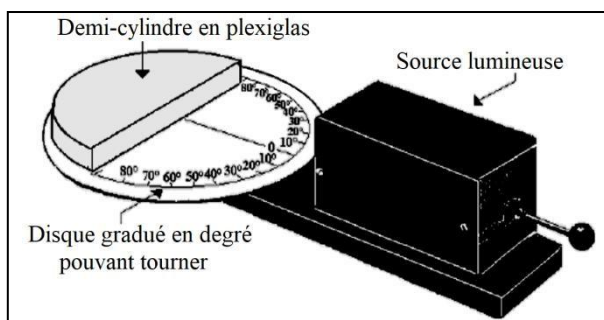
Indice optique du plexiglas

Le but de ce TP est d'utiliser la 2^{ème} loi de Snell-Descartes sur la réfraction pour déterminer la valeur de l'indice optique du plexiglas par deux méthodes différentes.

Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental est constitué par :

- ♦ Une source lumineuse monochromatique qui laissera s'échapper un faisceau de lumière monochromatique au travers d'une fente. On assimilera ce faisceau à un seul rayon ;
- ♦ Une plateforme tournante graduée en degrés ;
- ♦ Un demi-cylindre en plexiglas, d'indice de réfraction n_p , posé sur la plateforme tournante. Ce demi-cylindre présente deux types de faces verticales : une face plane (on l'appellera dioptré plan D1) et une face cylindrique (on l'appellera dioptré cylindrique D2).

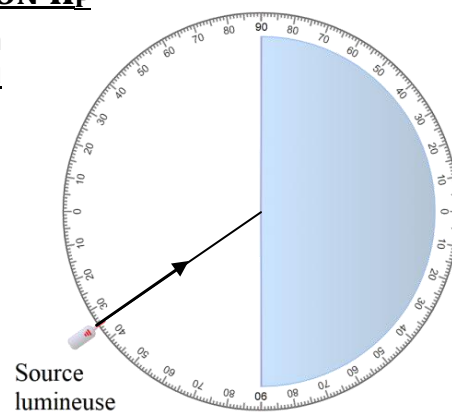


- 1- Sur la figure ci-dessus, surligner le dioptré plan D1 en rouge et le dioptré cylindrique D2 en vert.

I- UNE PREMIERE DETERMINATION DE L'INDICE DE REFRACTION n_p

Dans cette partie, nous disposerons le demi-cylindre pour que le rayon lumineux sortant de la source vienne directement frapper le centre du dioptré plan D1 (voir figure ci-contre).

- Régler la source lumineuse pour que le faisceau en sortie soit dirigé exactement sur le centre du demi-cylindre.
- Tourner le plateau afin que le rayon lumineux soit approximativement dans la même disposition que celle de la figure ci-contre.



- 2- Compléter la figure ci-contre :
- # en surlignant le dioptré D1 en rouge, le dioptré D2 en vert ;
 - # en indiquant où se trouve le point d'incidence I pour le dioptré D1 puis en traçant en pointillés la normale au point I ;
 - # en traçant qualitativement le rayon réfracté et le rayon réfléchi au niveau du dioptré D1 ;
 - # en indiquant où se trouvent l'angle d'incidence i_A , l'angle de réflexion r et l'angle de réfraction i_p .
- 3- Quelle mesure faut-il faire pour vérifier si la 2^{ème} loi de Snell-Descartes sur la réflexion est vérifiée ?
- 4- Le rayon lumineux réfracté en I atteint le dioptré D2 : quelle direction ce rayon a-t-il par rapport au dioptré D2 ? Quelle est alors la conséquence sur le rayon qui émergera du dioptré D2 ?
- 5- On note n_A l'indice de réfraction de l'air ($n_A = 1,000$). Etablir l'expression de $\sin(i_A)$ en fonction de n_A , n_p et $\sin(i_p)$ et en déduire le type de graphique attendu si on trace $\sin(i_A)$ en fonction de $\sin(i_p)$.

► Pour huit valeurs d'angles d'incidence i_A réparties entre 10° et 80° , mesurer les valeurs des angles de réfraction i_p correspondantes et regrouper les résultats dans le tableau ci-dessous.

!!! Attention à ce que le rayon incident vienne toujours frapper l'hémicylindre EN SON CENTRE !!!

i_A (en $^\circ$)								
i_p (en $^\circ$)								

On souhaite tracer le graphique $\sin(i_A) = f(\sin(i_p))$ pour vérifier si les mesures précédentes valident ou non la 2^{ème} loi de Snell-Descartes sur la réfraction. Pour cela, nous allons utiliser une programmation Python envoyé par mail par votre professeur.

- ☐ Copier-coller le programme dans un logiciel de programmation Python (Pyzo ...) ou sur le site www.basthon.fr.
- ☐ Compléter le fichier Python sur ce lien et dans les différents cadres ci-dessous en lisant attentivement les différentes consignes qui suivent.

```

# Importation des bibliothèques utiles :
..... # Importe la bibliothèque pour faire des calculs, des tableaux
..... # Importe la bibliothèque pour tracer des graphiques

# Valeur de l'indice de réfraction de l'air :
nA = ..... # Indiquer la valeur de l'indice de réfraction de l'air

# Tableau des différentes valeurs d'angles d'incidence iA et d'angle de réfraction iP :
iA = ..... # Tableau des différentes valeurs d'angle d'incidence (en °)
iP = ..... # Tableau des différentes valeurs d'angle de réfraction (en °)
N = len(iA) # Décompte le nombre N de valeurs rentrées dans le tableau des angles d'incidence

# Calcul des grandeurs sin(iA) et sin(iP) : (Rappel sur la conversion DEGRES → RADIANS : 360 ° = 2π rad)
sin_iA = ..... # Formule qui donne l'expression de sin(iA) avec iA en RADIANS !
sin_iP = ..... # Formule qui donne l'expression de sin(iP) avec iP en RADIANS !

# Tracé du graphique sin(iA) = f(sin(iP)) :
..... # Choix des axes du graphique et du style de points (croix rouges)
plt.xlabel('.....') # Titre de l'axe des abscisses
..... # Titre de l'axe des ordonnées
plt.title('.....') # Titre du graphique
plt.show() # Commande pour afficher le graphique

```

➤ **6-** Exécuter le programme Python puis commenter la disposition des points sur le graphique.

On souhaite déterminer la valeur de l'indice de réfraction « n_P » du plexiglas. Pour cela, nous allons faire calculer cette valeur de n_P pour les différents couples de données relevées expérimentalement puis nous allons en réaliser une étude statistique afin de déterminer la valeur moyenne, l'écart-type et l'incertitude-type associée.

```

# Calcul de l'indice de réfraction du plexiglas pour chaque couple de mesure :
nP = ..... # Ecrire la formule permettant de calculer nP en fonction de nA, sin_iA et sin_iP

# Calcul de la valeur moyenne, de l'écart-type et de l'incertitude-type de nP :
nP_moy = np.mean(nP) # Formule pour calculer la valeur moyenne des différentes valeurs de nP
ecart_nP = np.std(nP, ddof = 1) # Formule pour calculer l'écart-type des différentes valeurs de nP
u_nP = ..... # Formule pour calculer l'incertitude-type sur la moyenne de nP

# Affichage de la valeur moyenne et de l'incertitude-type de nP :
print("Valeur moyenne de nP (sans unité) = ", ..... ) # Affiche la valeur moyenne de nP
print("Incrtitude-type sur nP (sans unité) = ", ..... ) # Affiche l'incertitude-type sur nP

```

➤ **7-** Après avoir validé l'intégralité du programme Python, annoncer la valeur de n_P en l'accompagnant de son incrtitude-type $u(n_P)$ arrondie à 1 chiffre significatif.

➤ **8-** Calculer l'écart normalisé de cette valeur de n_P avec la valeur de référence $n_P(\text{ref}) = 1,510$ dont on négligera l'incrtitude par rapport à celle de la valeur expérimentale. Conclure.

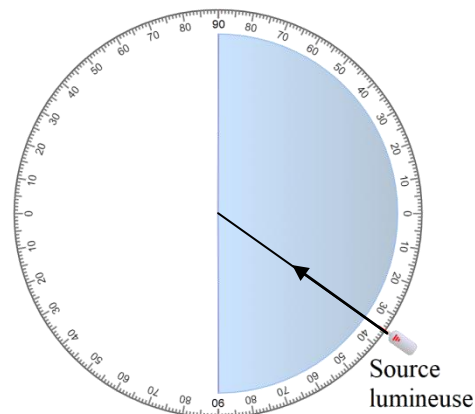
II-DEUXIEME DETERMINATION DE L'INDICE DE REFRACTION n_P

Dans cette partie, nous disposerons le demi-cylindre pour que le rayon lumineux sortant de la source traverse le dioptre cylindrique D2 sans être dévié puis atteigne le dioptre D1 exactement en son centre (voir figure page suivante).

➤ *Régler la source lumineuse pour que le faisceau en sortie soit orienté tel que décrit précédemment.*

» Tourner le plateau afin que le rayon lumineux soit approximativement dans la même disposition que celle de la figure ci-contre.

- 9- Compléter la figure ci-contre :
- # en surlignant le dioptre D1 en rouge, le dioptre D2 en vert ;
 - # en indiquant où se trouve le point d'incidence I pour le dioptre D1 et en traçant en pointillés la normale au point I ;
 - # en traçant qualitativement le rayon réfracté et le rayon réfléchi au niveau du dioptre D1 ;
 - # en indiquant où se trouvent l'angle d'incidence i_p , l'angle de réflexion r et l'angle de réfraction i_A .



- 10- Le rayon lumineux traverse le dioptre D2 sans être dévié. Proposer une explication.

» Faire tourner le plateau afin que l'angle d'incidence varie de 0° à 90° et observer le rayon réfracté ...

- 11- Que constate-t-on concernant le rayon réfracté quand l'angle d'incidence passe de 40° à 50° ?

» Faire tourner le plateau afin de pouvoir mesurer l'angle d'incidence limite $i_{p,LIM}$ à partir duquel le phénomène précédent est observé.

$$i_{p,LIM} = \dots\dots\dots$$

- 12- Convertir cet angle $i_{p,LIM}$ en radian puis déterminer son incertitude-type $u(i_{p,LIM})$ en radian en vous référant à l'Exemple 5a de la Fiche OUTIL 02 « Mesures et Incertitudes ». Annoncer le résultat de $u(i_{p,LIM})$ avec 3 chiffres significatifs.

- 13- On note n_A l'indice de réfraction de l'air ($n_A = 1,000$). Quelle relation unit les grandeurs n_A , n_p et $i_{p,LIM}$? En déduire la valeur de n_p par cette nouvelle méthode.

- 14- L'incertitude-type $u(n_p)$ sur cette valeur de n_p est reliée à l'angle $i_{p,LIM}$ et à son incertitude-type $u(i_{p,LIM})$ par la relation suivante, obtenue en manipulant les formules d'incertitudes composées :

$$u(n_p) = \frac{\cos(i_{p,LIM})}{\sin^2(i_{p,LIM})} \times u(i_{p,LIM}) \quad \text{avec } i_{p,LIM} \text{ et } u(i_{p,LIM}) \text{ en radian}$$

En déduire l'expression de n_p sous la forme $n_p = \dots \pm \dots$, en se limitant à 2 chiffres significatifs pour l'incertitude-type.

- 15- Calculer l'écart normalisé de cette valeur de n_p avec la valeur de référence $n_p(\text{ref}) = 1,510$ dont on négligera l'incertitude par rapport à celle de la valeur expérimentale. Conclure.

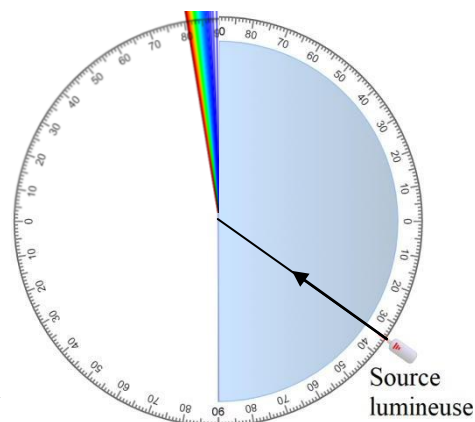
III- ET SI ON UTILISAIT DE LA LUMIERE BLANCHE ...

☞ Aller sur le site :

https://www.hatier-clic.fr/miniliens/mie/9782401020658/Simulateur_refraction_p7-243/index.html

☞ Disposer la source lumineuse du côté du dioptre cylindrique D2 pour que l'angle d'incidence sur le dioptre plan D1 soit très légèrement inférieure à l'angle d'incidence limite $i_{p,LIM}$ déterminé précédemment.

☞ Observer le rayon lumineux en sortie du dioptre D1 et compléter la figure ci-contre rendant compte de vos observations.



- 16- A l'aide de vos observations, répondre par VRAI ou FAUX aux affirmations ci-dessous.

- a) Au niveau du dioptre D1, l'angle de réfraction est le même pour toutes les radiations visibles :
- b) Au niveau du dioptre D1, l'angle d'incidence est le même pour toutes les radiations visibles :
- c) On admet que l'indice optique de l'air n_A ne dépend pas de la radiation visible. On en déduit donc que l'indice optique du plexiglas n_p ne dépend pas non plus de la radiation visible :
- d) Cette expérience prouve que le plexiglas est un milieu dispersif pour les ondes lumineuses, c'est-à-dire que la célérité des ondes lumineuses dans le plexiglas dépend de leur fréquence :

