Thème : ondes et signaux. *TSI1*

Chapitre P1 : propagation de la lumière.

Activité expérimentale.

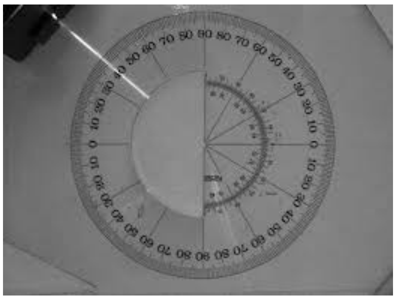
L'indice de réfraction, à une température et une longueur d'onde données, est une caractéristique physique d'un composé pur. La détermination de l'indice de réfraction d'un corps permet donc d'identifier l'échantillon analysé en comparant l'indice mesuré à une valeur tabulée.

A 20°C, l'indice de réfraction du plexiglas est compris entre 1,4 et 1,7 selon les fabricants.

L'objectif de la séance est de déterminer l'indice du Plexiglas.

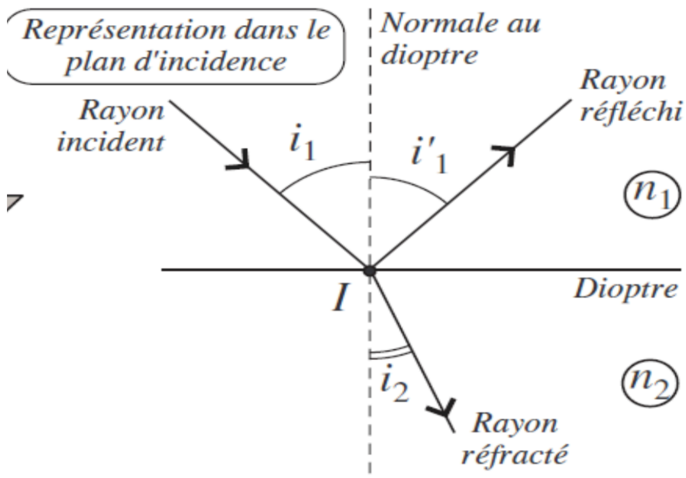
Capacités exigibles :
Procéder à l'évaluation d'une incertitude-type par une approche statistique (évaluation de type A).

Matériel:
Hémi-cylindre de Plexiglas, source lumière + alimentation ; support rapporteur.
Ordinateur avec Python.



Document 1: conditions de réflexion totale.
Lorsqu'un rayon passe d'un milieu plus réfringent à un milieu moins réfringent ($n_1 > n_2$), il peut y avoir une réflexion totale.
Ceci a lieu lorsque l'angle d'incidence i_1 est supérieur à une valeur limite $i_{1,lim}$ tel que $sin(i_{1,lim}) = \frac{n_2}{n_1} => i_{1,lim} = arcsin(\frac{n_2}{n_1})$

Document 2: Lois de Snell-Descartes.



Relation entre i_1 et i_2:

$$n_1 . sin(i_1) = n_2 . sin(i_2)$$

I. Loi de Snell-Descartes.

1. Manipulation 1.

On se place dans le cas où le rayon incident est dans l'air et le rayon réfracté dans le plexiglas.
- Mettre en place le dispositif .
- Pour une valeur de l'angle i_1 que vous aurez choisi, identifier le rayon incident, le rayon réfracté et le rayon réfléchi.
- Mesurer et la valeur de l'angle de réfraction i_2 du rayon réfracté correspondant.

Notez vos valeurs:

$i_1 = \dots\dots\dots\,;\, i_2 = \dots\dots\dots\dots$

- Utiliser la 3ème loi de Snell-Descartes pour en calculer une valeur de l'indice n du plexiglas (ne pas arrondir le résultat pour l'instant).

Recommencer l'expérience pour dix valeurs d'angle d'incidence différents. Compléter le tableau avec vos valeurs:

Nous calculerons les différents indices correspondants avec Python.

N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
i_1 (°)										
i_2(°)										

2. Estimation des incertitudes.

Lorsque l'on détermine une grandeur physique X en TP (indice, longueur, masse, concentration, pH…), **la mesure $x_{mesuré}$** est toujours entachée d'une **erreur,** correspondant à l'écart entre la **valeur mesurée $x_{mesuré}$** de cette grandeur physique et sa **vraie valeur x_{vrai}** (la valeur vraie est la valeur que l'on trouverait si on procédait à une mesure parfaite de cette grandeur, on ne la connait pas par définition).

Tout résultat d'une mesure d'une grandeur physique x doit s'écrire de la forme:

$x = x_{mesure} \pm u(x)$ (unité) où u(x) est l'incertitude-type et x_{mesure} la valeur mesurée.

Par exemple, le résultat de la mesure de l'indice de réfraction se notera $n = 1{,}5 \pm 0{,}2$ (sans unité).

L'**incertitude-type notée u(x)** (uncertainty en anglais) caractérise la **dispersion** des valeurs qui peuvent être attribuées à la grandeur mesurée. On l'exprimera avec 1 chiffre significatif.

Lorsque u(x) est déterminée avec des méthodes statistiques (moyenne, écart-type), on parle d'évaluation de type A.
L'évaluation statistique de l'incertitude repose par définition sur la répétition d'une mesure n fois.
Dans ce cas, $x_{mesuré}$ correspond à la valeur moyenne des n valeurs mesurées.

Afin de procéder à l'évaluation des incertitudes (type A), on utilise le programme Python en annexe afin de :

- calculer les différentes valeurs de l'indice n pour chaque mesure.
- Calculer la valeur moyenne $\bar{n}$ de ces valeurs avec l'instruction `np.mean()`.
- Calculer l'écart-type pour obtenir l'incertitude-type u(n) sur une mesure grâce à l'instruction `np.std()`.
- Calculer l'incertitude-type $u(\bar{n})$ sur la moyenne.

<u>A faire:</u> compléter le fichier avec vos valeurs de i_1 et de i_2 en degrés ainsi que le nombre de mesures effectué. Exécuter la partie correspondante en cliquant sur

```
#%%%%%%%%%%%%%%%
#importation des bibilothèques
import numpy as np # NUMPY : pour la manipulation mathématique des tableaux de valeurs

#valeurs expérimentales- PARTIE à COMPLETER
nombre=        #Indiquer le nombre de mesures effectuées
i1 = np.array([          ])  # COMPLETER les crochets avec vos valeurs de i1 en deg séparés par des virgules
i2 = np.array([         ])   # COMPLETER avec vos valeur de i2 en deg

#calcul de l'indice
n=np.sin(i1*np.pi/180)/np.sin(i2*np.pi/180) #convertir les angles en rad

print('les valeurs de n sont', n)  # Affiche les valeurs calculées des indices

# calcul de la valeur moyenne
n_moy = np.mean(n)
print('La valeur moyenne des indices mesurés vaut ', n_moy)  # Affiche la valeur moyenne des vitesses.
```

Recopier la valeur de la moyenne affichée :

$\bar{n} =$

<u>Calcul de l'incertitude-type sur UNE valeur n de l'indice.</u>

L'incertitude-type noté u(n) d'une valeur n calculée correspond à l'écart-type de la distribution des indices. Elle se calcule avec la formule suivante mais nous allons la calculer avec le programme Python grâce à l'instruction np.std():

$$u(x) = \sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_{k=1}^{n}(x_k - \bar{x})^2}$$

x_k : $k^{ème}$ valeur de X mesurée

$\bar{x}$: valeur moyenne des n valeurs de X mesurées

Exécuter les lignes suivantes:

```
#ecart-type
u_n = np.std(n, ddof = 1)    #Le paramètre ddof = 1 permet d'utiliser l'expression de l'ecart-type experimental.
print('Incertitude-type sur une mesure de n :', u_n) # Affiche l'incertitude-type.
```

Exécuter la partie correspondante.

Recopier la valeur de l'écart-type calculé pour les 10 mesures (=incertitude-type):

$u(n) =$

Ecrire le résultat de la première mesure avec son incertitude (on gardera deux chiffres significatifs):

$n = (\ldots\ldots\ldots \pm \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots)$

Calcul de l'incertitude-type sur la moyenne de l’indice.

- l’incertitude-type sur la moyenne des mesures se calcule grâce à la formule :$u(\bar{c}) = \dfrac{u(c)}{\sqrt{nombre}}$ où « nombre » est le nombre d’observations réalisées (l’idée étant que la répétition de la mesure améliore la précision). La racine carrée s’obtient grâce à l’instruction np.sqrt().

```
#incertitude-type sur la moyenne
u_moy = u_n / np.sqrt(nombre)     # Remplacer "nombre" par le nombre d'observations effectuées.
print('Incertitude-type sur la valeur moyenne des indices:', u_moy)   # Affiche l'incertitude-type.
```

Exécuter le programme puis recopier la valeur de l’incertitude-type de la moyenne:

$$u(\bar{n}) = \frac{u(n)}{\sqrt{(nbmesure)}} =$$

Ecrire le résultat de la valeur de l’indice avec son incertitude :

$$\bar{n} = (\ldots\ldots\ldots \pm \ldots\ldots\ldots)$$

Quelles sont les sources d’incertitudes pour cette manipulation?

II. Réflexion totale.
On se place dans le cas où le rayon incident est dans le plexiglas et le rayon réfracté dans l'air.

Manipulation 1 :

- Proposer un protocole permettant de mettre en évidence le phénomène de réflexion totale avec le matériel.

- Noter votre valeur d'angle d'incidence limite.

$i_{1,lim} =$

- Calculer l'indice optique n du Plexiglas à l'aide de la relation du document 1. On ne se souciera pas des incertitudes. On prendra n_{air}=1,00.