Nom:............................ Prénom:............................ Classe:.................... Date: ....

La réfraction de la lumière

Objectifs	Classe
☐ Lois de Snell-Descartes pour la réflexion et la réfraction. Indice optique d'un milieu matériel. ☐ *Tester les lois de Snell-Descartes à partir d'une série de mesures et déterminer l'indice de réfraction d'un milieu.*	2^{nde}
	Durée
	1,5 h

La réfraction est le changement de direction de propagation que subit un rayon lumineux quand il passe d'un milieu de propagation à un autre.
Une formule permet de prévoir la déviation de la lumière suivant les milieux de propagation traversés par la lumière. Le but de ce TP est de réaliser une série de mesures pour vérifier cette loi.

Sur la paillasse

- un banc optique,
- un laser,
- un rapporteur,
- un demi-cylindre de plexiglas,
- un ordinateur avec accès à un tableur.

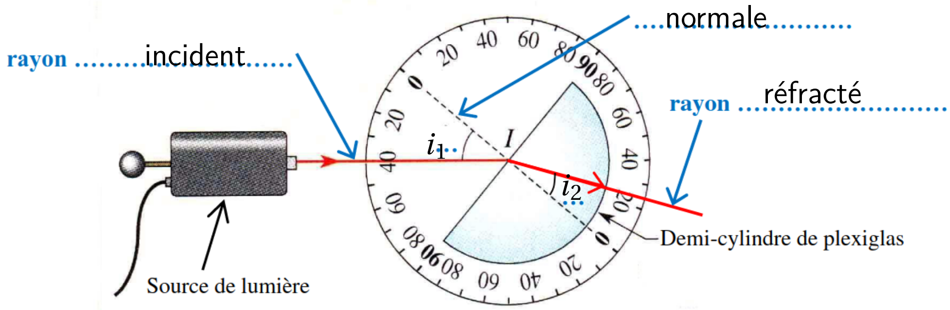
Document 1: Du vocabulaire

- **Rayon incident** : rayon lumineux qui arrive sur la surface de séparation entre deux milieux.
- **Rayon réfracté** : rayon lumineux passé dans le second milieu et ayant subi une réfraction.
- **Point d'incidence I** : point d'intersection entre le rayon incident et la surface de séparation des 2 milieux.
- **La normale** : droite perpendiculaire à la surface de séparation et passant par I.
- **Angle d'incidence** i_1 : angle entre la normale et le rayon incident.
- **Angle de réfraction** i_2 : angle entre la normale et le rayon réfracté.

1 Mesures de l'angle de réfraction

1. En utilisant les définitions précédentes, ajouter les annotations suivantes sur le montage ci-dessous : i_1 / *la normale* / i_2 / *incident* / *réfracté*.

Solution:



2. Suivre le protocole expérimental suivant puis remplir le tableau ci-dessous :

☐ Brancher le laser rouge à la multiprise reliée au secteur.
☐ Placer le petit accessoire permettant d'obtenir un trait lumineux bien visible sur le rapporteur.

- ☐ Placer le laser sur le plateau le plus près possible du disque gradué et de telle sorte que le rayon lumineux se confonde avec l'axe $(0° - 0°)$ du rapporteur.
- ☐ Vérifier que le rayon lumineux ressorte bien du plexiglas à $0°$, régler si nécessaire.
- ☐ Faire varier lentement l'angle d'incidence i_1 en faisant tourner l'ensemble rapporteur/plexiglas et mesurer l'angle de réfraction i_2.

Solution:

Angle i_1 (°)	0	10	20	30	40	50	60	70	80
Angle i_2 (°)	0	6	13	19	24	30	32	35	39

3. Ranger le matériel.

2 Modélisations mathématiques

2.1 Les hypothèses historiques

Depuis longtemps des scientifiques ont recherché s'ils pouvaient trouver une relation mathématique entre les angles d'incidence i_1 et de réfraction i_2.

Document 2: Grossetête

Robert Grossetête (maître d'études à l'université d'Oxford, 1168 – 1253) fut l'un des pionniers de la méthode expérimentale moderne en affirmant que l'expérimentation était le meilleur moyen d'étudier la réflexion et la réfraction de la lumière. Il avait proposé que l'angle de réfraction soit égal à la moitié de l'angle d'incidence : $i_2 = \frac{i_1}{2}$.

Document 3: Kepler

Johannes Kepler (physicien allemand, 1571 – 1630) était convaincu que la bonne équation devait forcément prendre la forme d'une fonction trigonométrique. Il n'a pas découvert cette équation mais a proposé que les deux angles d'incidence i_1 et de réfraction i_2 soient proportionnels entre eux : $i_1 = k \times i_2$.

Document 4: Snell

Willebrord Snell (mathématicien et physicien néerlandais, 1591 – 1626) et **René Descartes** (philosophe et savant français, 1596 – 1650) : Snell établit expérimentalement qu'il existe une relation de proportionnalité entre les sinus des angles d'incidence i_1 et de réfraction i_2 : $sin(i_1) = k \times sin(i_2)$. k étant un nombre caractéristique du milieu dans lequel le rayon se réfracte. Cette loi porte le nom de loi de Snell dans les pays anglo-saxons. Peu de temps après les résultats de Snell, en 1637, Descartes donne une démonstration, assez controversée, de cette loi des sinus, qui porte en France le nom de loi de Descartes.

4. D'après les valeurs d'angles de réfraction i_2 mesurés, l'hypothèse de Grossetête est-elle vérifiée ? Si non, donner un contre-exemple (exemple qui prouve que son hypothèse est fausse).

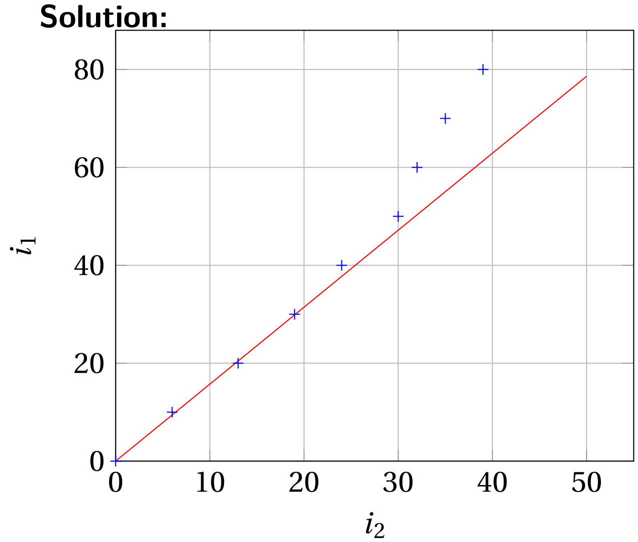
Solution: L'hypothèse de Grossetête n'est pas vérifiée. Un contre-exemple est le couple $(i_1, i_2) = (20°, 13°)$ pour lequel $i_1 = \frac{i_2}{2}$ n'est pas vérifié.

Pour vérifier les deux hypothèses suivantes, on va utiliser le tableur d'Excel pour tracer des graphiques.

2.2 Tracé de la courbe représentant i_1 en fonction de i_2

5. Dans un tableur, rentrer les valeurs de i_1 et i_2 sur deux lignes différentes puis tracer i_1 en fonction de i_2.

Solution:



Appel 1	Appeler le professeur pour qu'il vérifie le graphique, puis l'imprimer en un seul exemplaire.

6. D'après l'allure générale du graphique, i_1 et i_2 sont-ils proportionnels ? Justifier.

Solution: Si i_1 et i_2 étaient proportionnels, alors le graphique $i_1 = f(i_2)$ serait une droite passant par l'origine (fonction linéaire), ce qui n'est pas le cas.

7. La loi de la réfraction proposée par Kepler est-elle donc valable ?

Solution: La proposition de Kepler n'est donc pas valable, puisque $i_1 = k \times i_2$ est l'équation qui lie deux grandeurs proportionnelles.

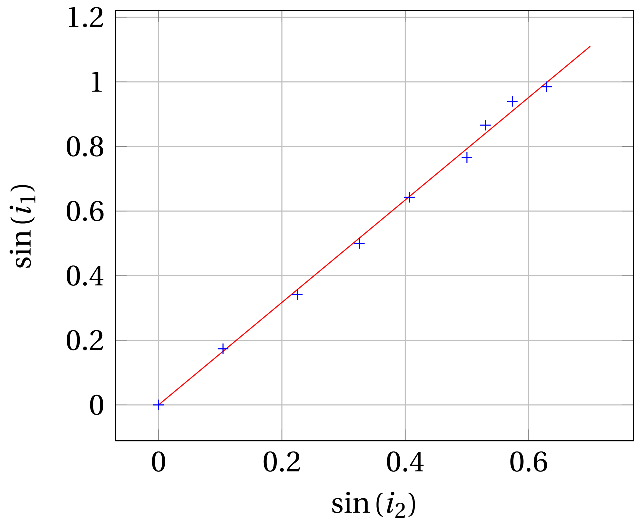
On peut parfois considérer que cette loi est valable pour les « petits angles », c'est-à-dire que i_1 et i_2 sont proportionnels jusqu'à une certaine valeur de i_1. Pour quelle valeur maximale de l'angle d'incidence i_1 la proportionnalité vue par Kepler est-elle respectée ?

Solution: On remarque que pour $i_1 < 30°$, alors les points sont alignés sur le graphique $i_1 = f(i_2)$ et donc le la loi est valable pour ces petits angles.

2.3 Tracé de la courbe représentant $sin(i_1)$ en fonction de $sin(i_2)$

8. Ajouter deux lignes dans excel pour calculer $sin(i_1)$ et $sin(i_2)$, puis tracer $sin(i_1)$ en fonction de $sin(i_2)$.

Solution:



9. Ajouter une droite de tendance, pour vérifier si les points sont alignés.

Appel 2	Appeler le professeur pour qu'il vérifie le graphique, puis l'imprimer en un seul exemplaire.

10. « $sin(i_1)$ » et « $sin(i_2)$ » sont-ils proportionnels ? Justifier.

Solution: « $sin(i_1)$ » et « $sin(i_2)$ » sont proportionnels car les points sont alignés, formant une droite passant par l'origine. Le coefficient de corrélation $R^2 = 0{,}997$, très proche de 1, confirme ce résultat.

11. Recopier l'équation de la droite calculée par le logiciel.

Solution: $y = 1{,}57 \times x$ c'est-à-dire $\sin(i_1) = 1{,}57 \times \sin(i_2)$

12. Combien vaut le coefficient directeur k ? Arrondir à deux chiffres après la virgule. Rappel : dans $y = k \times x$, le coefficient directeur est « k ». C'est aussi le coefficient de proportionnalité entre y et x.

Solution: Le coefficient directeur k vaut 1,57.

On caractérise un milieu de propagation par un nombre appelé « indice de réfraction » noté n. Il n'a pas d'unité et il est supérieur ou égal à 1. La « référence » est le vide ou l'air dans lequel $n = 1{,}00$.

Le coefficient k vu précédemment est égal à la division de l'indice de réfraction du deuxième milieu (ici le plexiglas d'indice n_2) par l'indice de réfraction du premier milieu (ici l'air d'indice $n_1 = 1{,}00$). On peut donc écrire : $k = \frac{n_2}{n_1}$
On en déduit : $n_2 = k \times n_1$

13. Calculer la valeur de l'indice de réfraction n_2 du plexiglas (arrondir à deux chiffres après la virgule).

Solution: $n_2 = 1{,}57 \times 1{,}00 = 1{,}57$
L'indice de réfraction du plexiglas vaut $1{,}57$.