

Nom :  
Prénom :  
Classe :  
Date :

Physique – Chimie

Thème : L'Univers

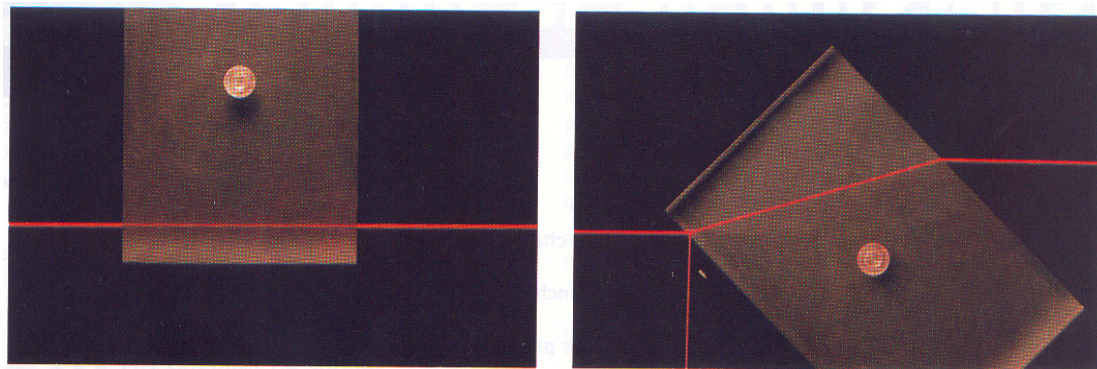
## LA RÉFRACTION : LOIS DE SNELL-DESCARTES

### Objectifs :

- Pratiquer une démarche expérimentale pour établir un modèle à partir d'une série de mesures et pour déterminer l'indice de réfraction d'un milieu.
- Mettre en évidence et expliquer le phénomène de dispersion de la lumière blanche

### I. Situation problème

Observons la photo ci-dessous : que se passe t-il souvent lorsque la lumière passe d'un milieu à un autre ?



*Influence de la direction de la lumière incidente arrivant sur un bloc de verre sur la direction de la lumière émergent de ce bloc*

Depuis longtemps les scientifiques ont constaté que la lumière se divise lorsqu'elle arrive à la surface de séparation, ou interface, entre deux milieux, une partie étant réfléchi, l'autre subissant une déviation au passage dans le second milieu.

Cette déviation s'appelle une « **réfraction** » : la lumière est réfractée lors de la traversée de la surface de séparation des deux milieux, cette surface est appelée « **dioptre** ».

Dès l'antiquité, l'égalité des angles incident et réfléchi est connue.

On trouve une ébauche de description des rayons réfractés dans les essais de PTOLÉMÉE et les savants arabes donnent des tables des angles réfractés en fonction des angles incidents pour l'interface eau-verre. Le savant Robert GROSSETETE (1175-1253) stipule que l'angle de réfraction est égal à la moitié de l'angle d'incidence.

Cette proposition ne tenant pas compte du milieu de propagation a été rapidement abandonnée

C'est en 1611 qu'apparaît une autre loi de la réfraction dans le « Dioptrique » de KEPLER : elle est énoncée sous la forme simplifiée  $n_1 i_1 = n_2 i_2$ .

Il faut attendre le début du XVII<sup>e</sup> siècle avec Willebrord SNELL (1580-1626) puis René DESCARTES (1596-1650) pour qu'une nouvelle loi de la réfraction soit publiée sous la forme :  
 $n_1 \sin i_1 = n_2 \sin i_2$ .

*Peut-on retrouver par des mesures expérimentales, la véritable loi, celle de Kepler ou celle de Snell-Descartes, qui régit le comportement du faisceau de lumière lors d'un changement de milieu ?*

*De quoi dépend la déviation du faisceau de lumière ?*

## II. Principe

### 1. Plan d'incidence

On dirige un faisceau de lumière appelé faisceau incident vers la surface de l'eau en le positionnant de façon à ce qu'il voyage dans un plan perpendiculaire à cette surface.

Une plaque translucide est plongée verticalement dans l'eau de façon à être tangente au faisceau émergent dans le liquide.

Décrire la trajectoire du faisceau de lumière dans l'air et dans l'eau et indiquer ce qui se passe lors du changement de milieu.



Réfraction de la lumière à la surface de l'eau

.....  
.....  
.....

Le plan perpendiculaire au dioptre dans lequel le faisceau incident voyage dans l'air est appelé « plan d'incidence ».

Le plan formé par le rayon réfracté et la normale au dioptre s'appelle le « plan de réfraction ».

Le plan d'incidence et le plan de réfraction sont-ils les mêmes ?

.....  
.....  
.....

### Conclusion

**Le rayon de lumière .....se déplace dans le plan de réfraction confondu avec le plan d'incidence défini par le .....et la .....à la surface de séparation des deux milieux.**

## 2. Vocabulaire de la réfraction

Les lois de la réfraction seront étudiées en utilisant le demi-cylindre en plexiglas® qui possède un indice de réfraction «  $n$  » que l'on va mesurer précisément.

On étudie le comportement des rayons de lumière à l'interface entre les deux milieux d'indices différents que sont l'air et le plexiglas®

On rappelle que par définition, le « dioptré » est la surface de séparation entre deux milieux.

Le point d'incidence  $I$  est l'intersection du rayon incident et du dioptré

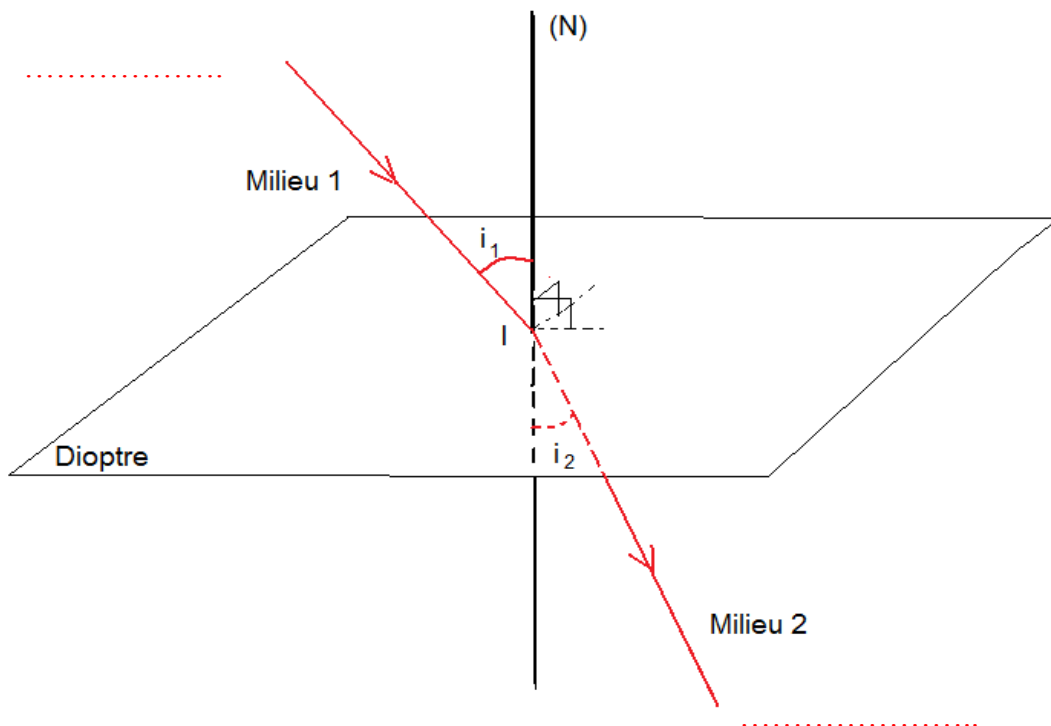
Le plan d'incidence est défini par le rayon incident et la normale à la surface de séparation au point d'incidence.

Le plan de réfraction est défini par le rayon réfracté et la normale à la surface de séparation au point d'incidence.

La normale ( $N$ ) est la droite perpendiculaire en  $I$  à la surface de séparation. Elle sert de référence pour mesurer les angles.

$i_1$  est l'angle d'incidence,  $i_2$  est l'angle de réfraction.

Compléter le schéma ci-dessous avec les mots « rayon incident » et rayon réfracté »

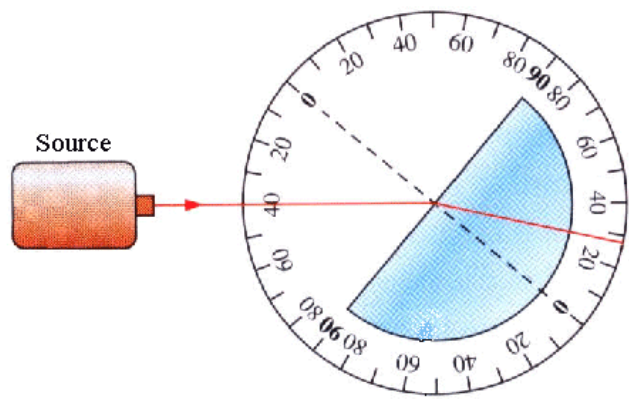


## III. Mise en évidence du phénomène et mesures

### 1. Montage expérimental pour l'étude du passage de la lumière de l'air vers le plexiglas®.

Le matériel se compose de :

- une source de lumière monochromatique,
- un demi-cylindre en plexiglas®,
- un plateau gradué angulairement,



Faire coïncider la normale, c'est-à-dire la perpendiculaire à la surface de séparation du demi-cylindre avec la graduation « 0 » du disque.

Lire directement les angles d'incidence et de réfraction en utilisant la trace des rayons lumineux comme indiqué sur le schéma ou sur la photo. On lit :  $i_1 = 40^\circ$ ,  $i_2 = 28^\circ$ .



## 2. Les mesures

Commencer par éclairer la partie « plate » du demi -cylindre avec le faisceau de lumière *sous incidence normale* : dans ce cas le faisceau de lumière est perpendiculaire à la surface de séparation. Que remarquez-vous ?

.....  
.....

Pourquoi un faisceau lumineux passant par le centre du demi-cylindre ne subit-il pas de réfraction sur la surface bombée ?

.....  
.....

En utilisant le texte du paragraphe I, écrire les relations mathématiques proposées par :

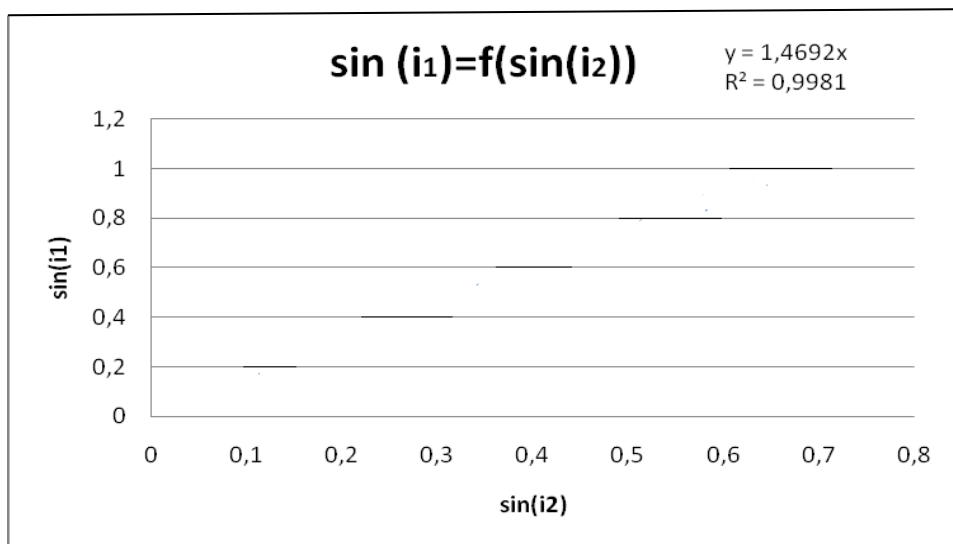
- René DESCARTES et Willebrord SNELL : .....
- Johannes KEPLER : .....

**Le but recherché est la validation du modèle le plus en accord avec les résultats expérimentaux.** Pour cela modifier l'angle d'incidence en lui donnant les valeurs indiquées et compléter le tableau ci-dessous.

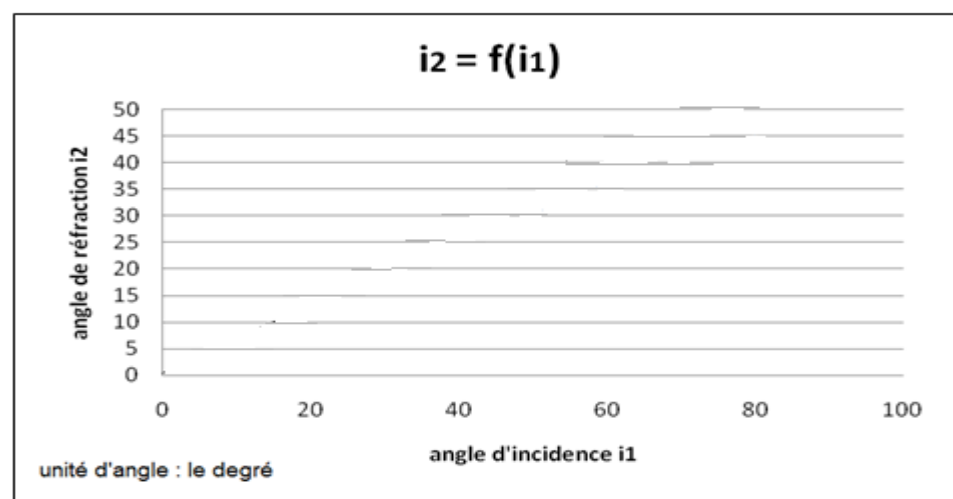
Angle d'incidence	Angle de réfraction			Snell Descartes	Képler
$i_1$	$i_2$	$\sin i_1$	$\sin i_2$	$\sin i_1 / \sin i_2$	$i_1 / i_2$
10°	.....	.....	.....	.....	.....
20°	.....	.....	.....	.....	.....
30°	.....	.....	.....	.....	.....
40°	.....	.....	.....	.....	.....
50°	.....	.....	.....	.....	.....
60°	.....	.....	.....	.....	.....
70°	.....	.....	.....	.....	.....
80°	.....	.....	.....	.....	.....

On peut aussi utiliser un tableur ou une calculatrice graphique pour faire une représentation graphique qui permet de valider l'une des deux propositions, soit celle de Kepler, soit celle de Snell- Descartes. Traçons  $\sin i_1$  en fonction de  $\sin i_2$ , puis  $i_1$  en fonction de  $i_2$  et faisons une régression linéaire quand cela est possible.

L'obtention d'une droite donne la bonne relation car les indices de réfraction des milieux sont constants.



Proposition de Snell-Descartes



Proposition de Kepler

Quel est des deux modèles celui qui semble le plus convenir aux mesures ?

.....

**Compléter la conclusion suivante.**

**Conclusion**

**Le plan d'incidence et le plan de réfraction sont .....**  
**Les directions des rayons incidents et réfractés sont telles que .....**  
**Cette relation constitue la loi de Snell-Descartes pour les angles d'incidence et de réfraction dans laquelle :**

- $n_1$  est l'indice de réfraction .....,**
- $i_1$  est l'angle .....,**
- $n_2$  est l'indice de réfraction .....,**
- $i_2$  est l'angle de .....**

**Remarque :**

Pour les petits angles (jusqu'à 15° environ), on peut confondre  $\sin \langle i \rangle$  avec la valeur de  $\langle i \rangle$  en radian et donc appliquer la loi de Kepler

**3. Calcul de l'indice de réfraction du plexiglas®**

Dans ce TP, les grandeurs indicées « 1 » concernent l'air, et les grandeurs indicées « 2 » le Plexiglas®.

Nous pouvons donc réécrire la loi retenue en remplaçant  $n_1$  par  $n_{\text{air}}$  et  $n_2$  par  $n_{\text{plexiglas}}$  :

.....

Compte tenu des résultats précédents, nous pouvons en déduire la valeur de  $n_{\text{plexiglas}}$ , en sachant qu'en pratique, l'indice de réfraction de l'air est  $n_{\text{air}} = 1$  !

Puisque  $n_{\text{air}} = 1$ , la relation de Snell-Descartes s'écrit : .....

Soit  $n_{\text{plexiglas}} = \dots\dots\dots$

Prendre la moyenne des valeurs du tableau précédent dans la colonne « Snell-Descartes » :

$n_{\text{plexiglas}} = \dots\dots\dots$

Le Plexiglas® est un milieu transparent d'indice de réfraction théorique suivant la fabrication pouvant varier de 1,4 à 1,7. La valeur trouvée est *conforme / non conforme* (rayer la mention inexacte) aux normes de fabrication.

Quelques exemples de valeurs d'indices de réfraction.

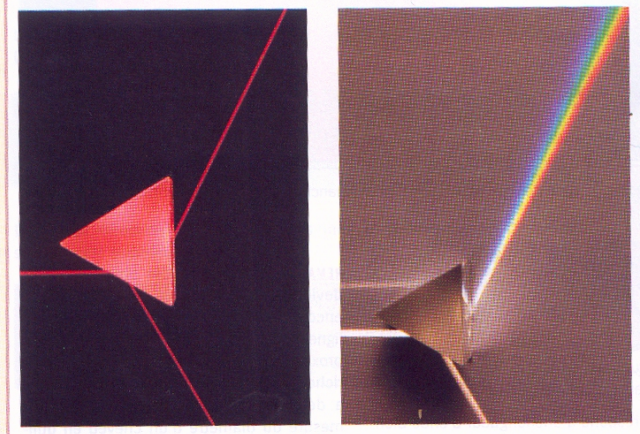
Milieu	vide	air	eau	plexiglass®	verre	diamant
Indice de réfraction	1	1,00	1,33	1,45	1,5 – 1,7	2,43



## IV. Pourquoi utiliser une source de lumière monochromatique ?

### Le phénomène de dispersion :

Éclairé avec un laser, le prisme de verre réfracte le rayon de lumière dans une seule direction. En lumière blanche, le prisme de verre crée un arc-en-ciel de couleurs : c'est la réfraction dans le verre qui est responsable de ce phénomène de dispersion de la lumière dans des directions différentes.



Un faisceau laser et un faisceau de lumière blanche traversent un prisme de verre délimité par deux faces planes faisant un angle de 60° environ. La lumière arrive par la gauche (rayon du bas). On voit aussi en bas à droite le rayon réfléchi par la face du bas.

Les couleurs que l'on observe lors de la traversée par la lumière blanche de la surface d'un prisme de verre sont-elles créées ou bien sont-elles déjà contenues dans la lumière blanche ?

C'est la question fondamentale à laquelle Isaac NEWTON (1642-1727) chercha à répondre lorsqu'il découvrit la décomposition de la lumière blanche par un prisme. Comment ce prisme agit-il sur les rayons de lumière ?

Les différentes radiations lumineuses n'effectuent pas le même trajet dans le prisme : si les angles d'incidence sont les mêmes, l'angle de réfraction des radiations rouges est différent de celui des radiations bleues.

En passant à travers ce prisme en verre, la lumière franchit deux dioptries : le dioptre air/verre, puis le dioptre verre/air.

Puisque le prisme réfracte différemment les radiations qui composent la lumière blanche, cela signifie que l'indice de réfraction du verre n'a pas la même valeur selon les fréquences de ces radiations.

L'indice d'un milieu transparent varie avec la longueur d'onde  $\lambda$  de la radiation qui le traverse, la longueur d'onde étant liée à la fréquence  $\nu$  par la relation  $\lambda = v / \nu$ ,  $v$  étant la vitesse de propagation de la lumière dans le milieu considéré.

Indice de réfraction du verre ordinaire selon la couleur de la lumière

Couleur	longueur d'onde dans le vide (en nm)	Indice n	Vitesse de propagation (en km/s)
Ultraviolet proche	361	1,539	194 797
Bleu sombre	434	1,528	196 198
Bleu-vert	486	1,523	196 840
Jaune	589	1,517	197 621
Rouge moyen	656	1,514	198 013
Rouge sombre	768	1,511	198 406

Cela explique le phénomène de dispersion observé dans le prisme.

Lorsque la lumière blanche traverse le prisme, elle y subit deux réfractions qui obéissent aux lois de Descartes.

L'indice de l'air  $n_{\text{air}}$  est identique pour toutes les couleurs de lumière, ce n'est pas le cas pour l'indice du verre  $n_{\text{verre}}$ , ainsi si  $n_{\text{verre}}(\text{bleu}) > n_{\text{verre}}(\text{rouge})$  alors  $\sin i_2(\text{bleu}) < \sin i_2(\text{rouge})$  donc  $i_2(\text{bleu}) < i_2(\text{rouge})$

La formation du spectre en sortie s'explique donc par une réfraction différente en fonction des couleurs dans le prisme.