

### Compétences

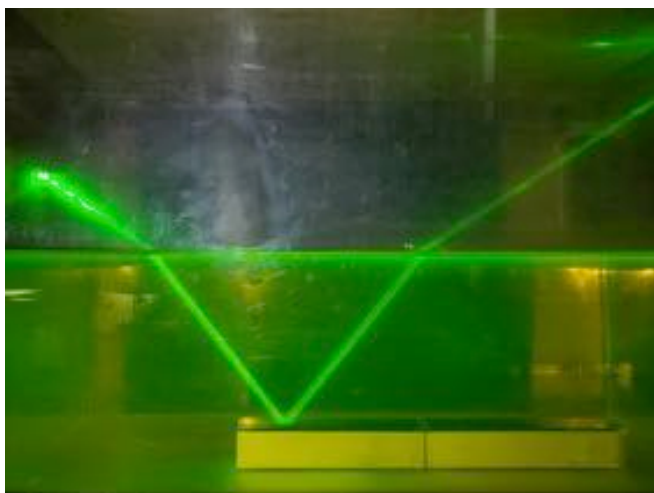
Voici les compétences que vous devez acquérir à l'issue de ce cours :

- Citer la valeur de la vitesse de la lumière dans le vide ou dans l'air, et la comparer à d'autres valeurs de vitesses couramment rencontrées.
- Connaître et savoir appliquer les lois de Snell-Descartes pour la réflexion et la réfraction.

## 1 Quelques observations

### 1.1 Où apparaît le rayon lumineux

On dispose d'une cuve remplie de fluorescéine, un colorant qui émet une lumière verte par fluorescence lorsqu'elle est excitée par un faisceau laser.



### 1.2 L'expérience de Newton

On dispose d'un prisme de verre et d'une source de lumière blanche. La lumière est déviée et dispersée par le prisme.



## 2 La découverte des lois de la réfraction

De nombreux savants se sont intéressés au phénomène de réfraction des rayons lumineux. Ils ont cherché à déterminer la loi physique qui permet de calculer l'angle de réfraction quand on connaît l'angle d'incidence.

### 2.1 Une longue maturation

**Claude Ptolémée** Claudius PTOLEMAEUS, communément appelé PTOLEMÉE, était un astronome grec qui vécut à ALEXANDRIE (aujourd'hui en Égypte) au II<sup>e</sup> siècle apr. J.-C.. Il est également l'un des précurseurs de la géographie. PTOLEMÉE fut l'auteur de plusieurs traités scientifiques.



Au sujet de ses résultats, PTOLEMÉE s'est livré à des commentaires d'ordre qualitatif. Il a observé que :

1. le rayon incident et le rayon réfracté sont situés dans un plan perpendiculaire à la surface du milieu de séparation ;
2. les rayons perpendiculaires à la surface ne sont pas réfractés ;
3. l'importance de la réfraction dépend de la densité des milieux.

**Robert Grosseteste** Maître des études à l'université d'OXFORD (1168-1253), il fut l'un des pionniers de la méthode expérimentale en affirmant : « L'expérimentation est le meilleur moyen de l'étude de la réflexion et de la réfraction de la lumière. »



En s'appuyant sur les traités d'optique d'IBN AL-HAYTHAM (965-1039), mathématicien, philosophe et physicien persan, GROSSETESTE étudie les rayons directs, les rayons réfléchis, les rayons déviés. Il s'intéresse à la formation de l'arc-en-ciel et travaille sur les lentilles et les miroirs.

La loi de la réfraction qu'il a proposée est :

« L'angle de réfraction est égal à la moitié de l'angle d'incidence. »

**Johannes Képler** Physicien allemand (1571-1630), KÉPLER était convaincu que la bonne équation devait prendre une forme trigonométrique. Il n'a pas découvert cette équation, mais a proposé : « Pour des valeurs d'angles petites, l'angle de réfraction est proportionnel à l'angle d'incidence. »



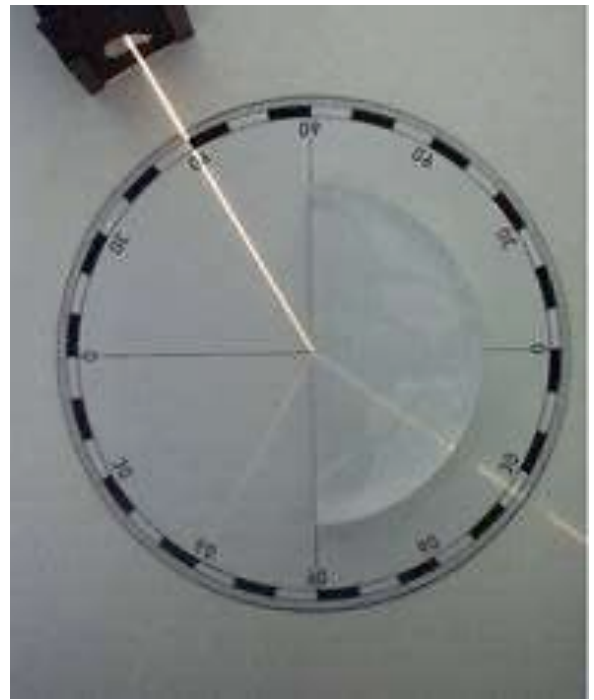
**René Descartes** Philosophe et savant français (1596-1650), on attribue à DESCARTES la loi de la réfraction (1637) qui fait intervenir le sinus de l'angle d'incidence et le sinus de l'angle de réfraction. Et cela, malgré une erreur de signe dans sa démonstration (qu'il faut donc considérer comme fallacieuse).

Cette loi a été établie quelques années auparavant par le physicien néerlandais Willebrord SNELL.

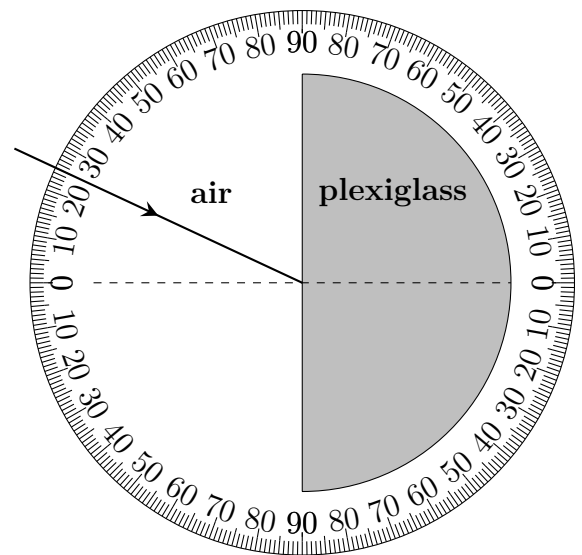
La loi de DESCARTES revient à dire que les sinus des deux angles sont proportionnels.

## 2.2 Expérience avec l'hémicylindre

Un faisceau de lumière incident passe de l'air au plexiglass.



On schématise la situation, avec un rayon lumineux incident à  $25^\circ$ .



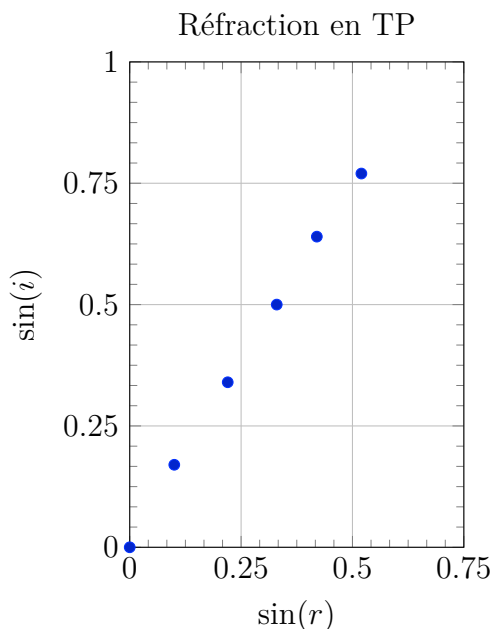
- Sur le schéma, faire apparaître l'angle d'incidence, noté  $i_1$ .
- Sur le schéma, tracer le rayon réfracté, sachant qu'il émerge avec un angle  $i_2 = 16,5^\circ$ . Indiquer l'angle de réfraction  $i_2$ .
- Que remarque-t-on ?

## 2.3 Résultats expérimentaux

Dans le tableau suivant, on a regroupé les résultats des calculs du sinus de l'angle d'incidence  $i_1$  et du sinus de l'angle de réfraction  $i_2$ .

$\sin(i_1)$	0	0,17	0,34	0,5	0,64	0,77
$\sin(i_2)$	0	0,10	0,22	0,33	0,42	0,52

Voici le tracé de la courbe de  $\sin i_1$  en fonction de  $\sin i_2$  :



d. Vérifie-t-on expérimentalement que les sinus des angles d'incidence et de réfraction sont proportionnels ?

e. Trouver la pente  $\frac{\sin i_1}{\sin i_2}$  de la droite précédente.

## 2.4 Lequel de ces savants avait raison ?

f. Parmi les quatre scientifiques, quelles « lois » peut-on directement écarter ?

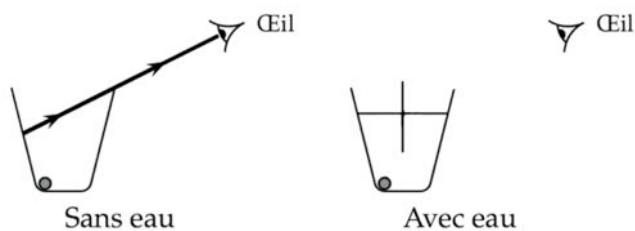
g. Quelle est la loi vérifiée par l'expérience ? Justifier.

## 2.5 Application : Apparition de la pièce dans un bol

On place une pièce dans un bol, que l'on recouvre d'eau.



h. Consigne : tracez le rayon lumineux dans le deuxième cas (à droite).



i. Que remarque-t-on ?

# 3 La propagation de la lumière

## 3.1 Le modèle du rayon lumineux

- Dans un milieu **transparent** et homogène, la lumière se propage en **ligne droite** depuis la source (source primaire ou objet diffusant) jusqu'à l'œil de l'observateur.
- Son trajet est modélisé par un **rayon lumineux**, représenté par une droite fléchée.

## 3.2 La vitesse de propagation

- La vitesse de propagation de la lumière dans le vide et dans l'air, appelée **célérité**, est souvent arrondie à la valeur :

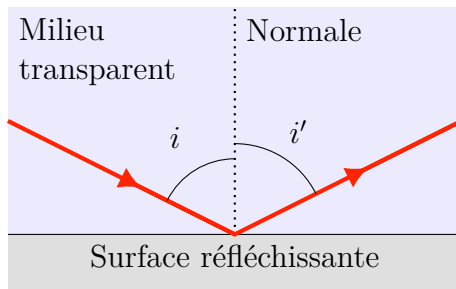
$$c = 3,00 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

- Sa valeur ne peut jamais être dépassée. Cette vitesse est bien plus élevée que les vitesses que nous rencontrons au quotidien (activité 1 du livre).

## 4 Le phénomène de réflexion

### 4.1 Description

- Le phénomène de **réflexion** se produit lorsque la lumière est renvoyée par une surface réfléchissante et reste dans le même milieu.



- La **normale** est la droite perpendiculaire au miroir passant par le point d'incidence.
- L' **angle d'incidence**  $i$  est l'angle formé par le rayon incident et la normale. Le **plan**

**d'incidence** contient le rayon incident et la normale.

- L' **angle de réflexion**  $i'$  est l'angle formé par le rayon réfléchi et la normale à la surface réfléchissante au point d'incidence.

### 4.2 Lois de Snell-Descartes pour la réflexion

#### Lois de Snell-Descartes pour la réflexion

**Première loi** : les rayons incidents et réfléchis sont situés dans le plan d'incidence.

**Seconde loi** : les angles d'incidence  $i$  et de réflexion  $i'$  sont tels que :

$$i = i'$$

## 5 Le phénomène de réfraction

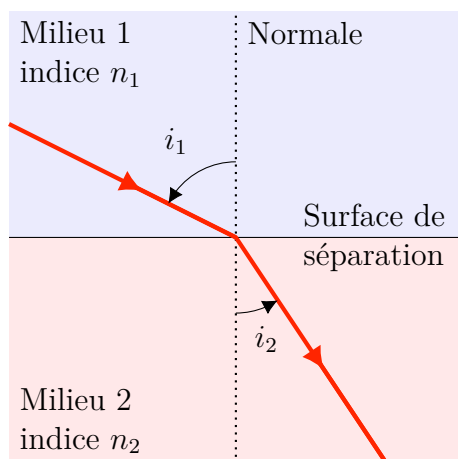
### 5.1 Description

Lorsque la lumière traverse la surface séparant deux milieux transparents différents (un dioptre), elle subit généralement un changement de direction. Ce phénomène est appelé la **réfraction**.

#### Remarque

La réfraction s'accompagne toujours d'une réflexion partielle.

### 5.2 Les lois de Snell-Descartes pour la réfraction



- On appelle **angle de réfraction**  $i_2$  l'angle

formé par le rayon réfracté et la normale à la surface de séparation. L'angle d'incidence est noté  $i_1$ .

- Le rayon **incident** et le rayon **réfracté** sont situés de part et d'autre de la normale à la surface de séparation.

#### Lois de Snell-Descartes pour la réfraction

**Première loi** : le rayon incident et le rayon réfracté sont contenus dans le plan d'incidence.

**Seconde loi** : les angles incident  $i_1$  et réfracté  $i_2$  vérifient la relation :

$$n_1 \sin i_1 = n_2 \sin i_2$$

où  $n_1$  et  $n_2$  sont les indices de réfraction des milieux 1 et 2.

Dans le cas où le milieu 1 est l'air,  $n_1 = 1$  et la relation devient :

$$\sin i_1 = n_2 \sin i_2$$

#### Remarque

Un rayon qui arrive perpendiculairement à la surface de séparation n'est pas dévié : si  $i_1 = 0^\circ$ , alors  $i_2 = 0^\circ$ .

## 6 L'indice de réfraction

- Un milieu transparent est caractérisé par son **indice de réfraction**.
- L'indice est **sans unité** et il est noté  $n$ .

Milieu	Indice
Eau	1,33
Plexiglass	1,51
Verre	1,50
Diamant	2,42

- Par définition, l'indice de réfraction du vide est égale à 1 ; tous les autres milieux ont un indice de réfraction supérieur.
- L'indice de réfraction de l'air est égal à  $n_{\text{air}} = 1,00$ .

### Correction des exercices du chapitre 15 (fin)

#### 15.6 N° 13 p. 139 – Synthèse d'une cétone

- Blouse, gants, lunettes, hotte aspirante, absence de flamme.
- Refroidir le mélange réactionnel, éviter un emballement de la réaction.
- On en déduit que la transformation est exothermique.
- Les réactifs sont le butan-2-ol et l'acide hypochloreux (l'eau de Javel).
- Elle l'est.
- Il faut l'identifier, par exemple par une chromatographie, en comparant avec une espèce pure de référence.

#### 15.7 N° 14 p. 139 – Éthanoate d'éthyle

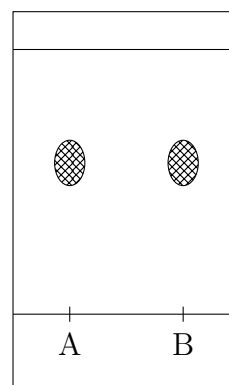
- Dans l'étape 1, le mélange réactionnel est préparé, les réactifs sont introduits dans le ballon. Dans l'étape 2, le mélange réactionnel est chauffé, afin d'augmenter la vitesse de réaction.
- Blouse, gants, lunettes, hotte aspirante, absence de flamme.
- Montage B.
- Le montage à reflux permet de chauffer à ébullition sans perte de matière. L'acide sulfurique est le catalyseur de cette réaction, il accélère la réaction sans être lui-même consommé.

- Calculons la masse volumique de l'espèce obtenue :

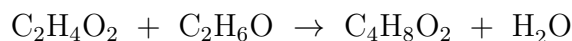
$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{4,05}{4,5} = 0,90 \text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$$


La masse volumique est en accord avec l'indication de l'énoncé. Étant une caractéristique physique d'un corps pur, elle permet de prouver que l'espèce obtenue est bien l'éthanoate d'éthyle.

- Le chromatogramme doit présenter une tâche pour B au même niveau que celle du corps de référence pur A :



- Équation-bilan de la transformation :



 QCM p. 240. Exercices n° 10, 12, 13, 16 et 18 p. 241. Bon courage, bon travail!