

1 Situations déclenchantes

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

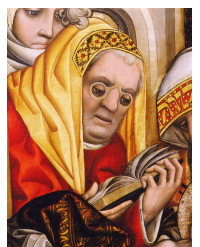
Claude PTOLÉMÉE Claudius PTOLEMAEUS, communément appelé PTOLÉMÉE, était un astronome grec qui vécut à ALEXANDRIE (aujourd'hui en Égypte) au II^e siècle après JC. Il est également l'un des précurseurs de la géographie. PTOLÉMÉE fut l'auteur de plusieurs traités scientifiques.



Au sujet de ses résultats, PTOLÉMÉE 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 est été établie quelques années auparavant par le physicien néerlandais Willebrord SNELL.

Cette loi s'écrit sous la forme :

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

avec i_1 l'angle d'incidence et i_2 l'angle de réfraction.

Les nombres n_1 et n_2 sont appelés respectivement « indice de réfraction du milieu d'incidence (milieu 1) » et « indice de réfraction du milieu de réfraction (milieu 2) ». L'indice n d'un milieu transparent s'écrit :

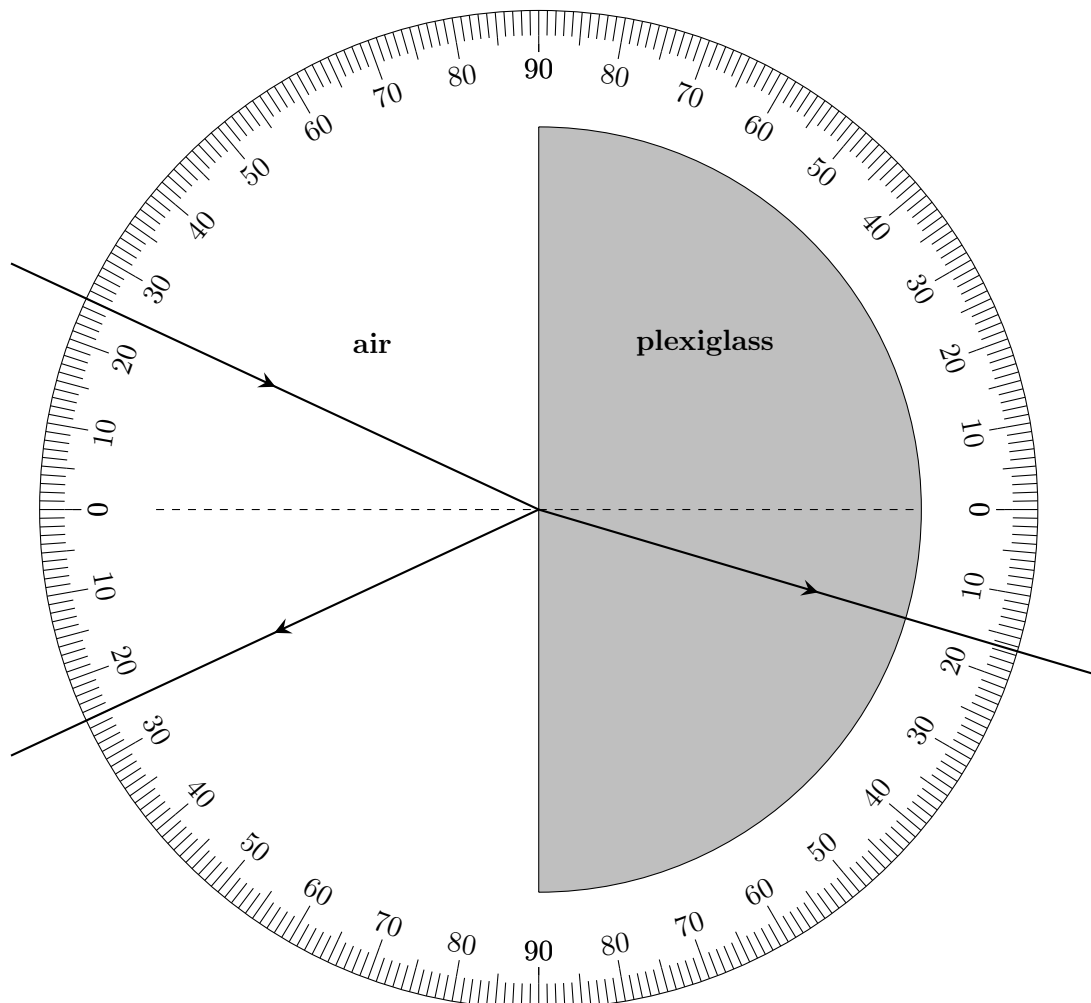
$$n = \frac{c}{v}$$

où c est la célérité de la lumière dans le vide, et v la vitesse de la lumière dans le milieu transparent considéré.

Remarque : Comme n_1 et n_2 sont des constantes, la loi de DESCARTES revient à dire que $\sin(i_1)$ et $\sin(i_2)$ sont proportionnels.

2.2 Lequel de ces savants avait raison ?

Pour répondre à cette question, nous allons utiliser les mesures réalisées en séance 4.3 avec l'hémicylindre de plexiglass.



Rappels

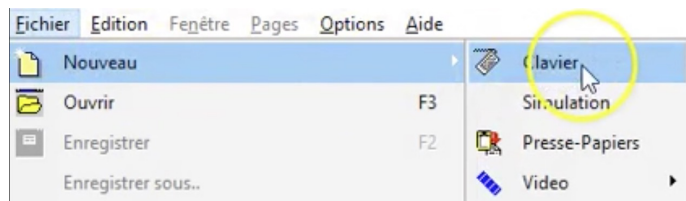
- Sur le schéma de l'hémicylindre page précédente, repasser en rouge la surface de séparation, ou interface de séparation entre l'air et le plexiglass.
- Repasser en vert la normale à la surface de séparation.
- L'angle d'incidence, noté i_1 , est l'angle entre le rayon incident et la normale : le placer sur la figure précédente.
- L'angle de réfraction, noté i_2 , est l'angle entre le rayon réfracté et la normale : le placer sur la figure.

Analyse des mesures sous Regressi

- Sur le bureau : ouvrir le dossier « Logiciels physique », double-clic sur le raccourci « Regressi nouvelle version ».

Remarque : si ce dossier Logiciels physique n'existe pas, le créer une bonne fois pour toutes : explorer les dossiers Ordinateurs > Progs > ro > PhysChimie, effectuer un clic-droit sur le dossier Logiciels physique et cliquer sur Envoyer vers puis sur Desktop (create shortcut).

- Une fois Regressi ouvert, cliquer sur Fichier > Nouveau > Clavier.



- Entrer les variables expérimentales :
Symbole : i_1 , Unité : $^\circ$, Signification : angle d'incidence, et inutile de changer ou de remplir Minimum et Maximum ;
Symbole i_2 , Unité $^\circ$, Signification : angle de réfraction ;
Valider par Ok.

Entrée de données au clavier

Commentaire

Variables expérimentales				
Symbole	Unité	Signification	Minimum	Maximum
i_1	$^\circ$		0	
i_2	$^\circ$		0	
			0	
			0	

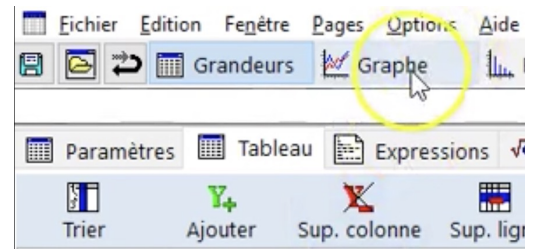
La première variable est la variable de tri et par défaut l'abscisse du graphe
 Tri automatique selon la première variable Incrémentation automatique
 Chacune des autres variables définit par défaut une ordonnée
 Essayez de travailler en S.I. sans préfixe m k ... (sauf kg !)
 Paramètres expérimentaux

OK

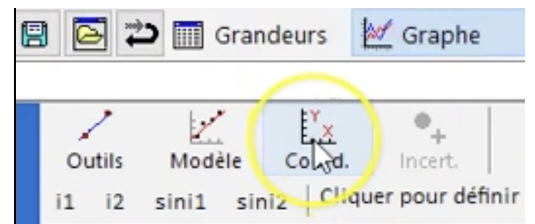
- Remplir les valeurs de i_1 et i_2 avec le premier tableau de mesure dressé lors de la séance 4.3 (« arrivée côté plat », c'est-à-dire passage de l'air au verre).

i	i_1	i_2
0	0,00	0,00
1	10,0	5,00
2	20,0	10,0
3		

- Cliquer sur « Graphe ».



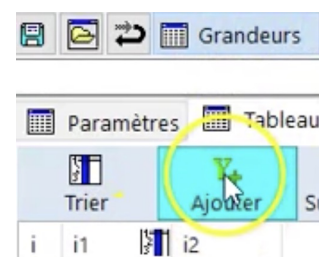
Par défaut, le logiciel trace la deuxième valeur expérimentale entrée au clavier en fonction de la première.



Cliquer sur Coord. permet d'afficher les options du graphique. Cochez l'option « Ligne » si vous souhaitez relier les points par une ligne brisée. Si vous faites cela, vous devez vous rendre compte qu'une ligne brisée n'est pas une courbe physiquement acceptable (les variations en physique sont en général continues). Cochez alors Points afin d'avoir toujours les points expérimentaux en évidence.

a. Les angles d'incidence i_1 et de réfraction i_2 sont-ils proportionnels ?

- Afin d'obtenir deux grandeurs proportionnelles, nous allons mener des calculs sur les angles. Retourner sur Grandeurs et Tableau. Créer une nouvelle grandeur (bouton Y+).



Choisir « Grandeur calc. » pour créer une grandeur calculée. Comme symbole, entrer par exemple $\sin i_1$, sans unité, et comme expression, entrer exactement $\sin(i_1)$. Cliquer sur OK. Une nouvelle colonne apparaît dans le tableau. Recommencer avec la grandeur $\sin i_2$, et la formule $\sin(i_2)$.

- Retourner sur Graphe. Cliquer sur Coord. pour changer les coordonnées de la courbe qui est tracée. Choisir de tracer $\sin(i_2)$ en Abscisse et $\sin(i_1)$ en ordonnée. Décocher Ligne, car nous allons modéliser ce tracé. Valider par Ok.
- Cliquer sur Modélisation. Cliquer sur Modèles. Automatiquement, Regressi choisit le modèle le mieux adapté à la courbe, mais on peut choisir. Ici, cliquer sur Linéaire. Regressi trace alors la fonction linéaire qui passe au mieux par les points, et donne sous Expression du modèle l'équation de la fonction. Cliquer sur Ajuster si jamais le modèle n'est pas bien ajusté. Le coefficient directeur ou pente de la droite est directement donné.
- Imprimer le résultat (Grandeurs, Modélisation et Graphe), un exemplaire par élève, à joindre au compte-rendu.

b. Les grandeurs calculées $\sin(i_1)$ et $\sin(i_2)$ sont-elles proportionnelles ?

c. Utiliser la loi de la réfraction de SNELL-DESCARTES pour interpréter la valeur de la pente obtenue par la modélisation.

Interprétation des résultats historiques

d. À l'aide du logiciel Regressi, proposer une méthode pour vérifier les énoncés de GROSSETESTE et de KÉPLER. Mener à bien les calculs et tracés nécessaires, à imprimer.

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

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

Complément : Simulation de la réfraction

- Ouvrir une session sur les ordinateurs. Aller à l'adresse :

<https://goo.gl/1cGyvM>

Sources

cordouan.physique.free.fr

www.youtube.com/watch?v=LJfdrhrGpmc

www.youtube.com/watch?v=AV14eUi0IUU

www.youtube.com/watch?v=7uGKqY_0kfo

www.walter-fendt.de/html5/phfr/refraction_fr.htm

www.futura-sciences.com/sciences/dossiers/physique-prisme-newton-597

education.meteofrance.fr/college/activites-experimentales/la-couleur/

la-diffusion-de-la-lumiere

Exercices du chapitre 18

18.1 N° 1 p. 130

18.2 N° 2 p. 130

18.3 N° 3 p. 130

18.4 N° 6 p. 130

18.5 N° 8 p. 130

18.6 N° 13 p. 131