

## Activité expérimentale AE<sub>14</sub>: LES LOIS DE LA REFRACTION

### Objectifs

- Etudier le comportement de la lumière lors du changement de milieu de propagation.
- Retrouver la loi permettant de relier le changement de direction de la lumière au changement d'indice du milieu de propagation.

Dans ce qui suit, vous trouverez une rapide présentation de trois scientifiques ainsi qu'une présentation de leurs travaux ou convictions sur le phénomène qui nous intéresse aujourd'hui.

### Les hypothèses des savants :

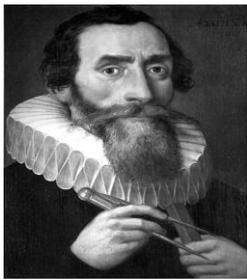


#### Robert GROSSETÊTE

Maître des études à l'université d'Oxford (1168-1253), 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. S'appuyant sur les traités d'optique d'Ibn al-Haytham, il 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.*  $i_2 = \frac{i_1}{2}$



#### Johannes KEPLER

Physicien allemand (1571-1630) était convaincu que la bonne équation devait prendre la forme d'une fonction trigonométrique. Il n'a pas découvert cette équation mais a proposé :

*L'angle de réfraction est proportionnel à l'angle d'incidence pour des valeurs d'angles petites (valeurs comprises entre 0° et 20°) :*  $i_1 = k \times i_2$



#### René DESCARTES

Philosophe et savant français (1596-1650). On lui attribue la loi de la réfraction (1637) qui fait intervenir le sinus de l'angle d'incidence ( $\sin i_1$ ) et le sinus de l'angle de réfraction ( $\sin i_2$ ).

*sin  $i_1$  est proportionnel à sin  $i_2$  :*  $\sin i_1 = k \times \sin i_2$

**Remarque:** Quelques années avant Descartes, un physicien hollandais nommé Snell avait également affirmé la même chose.

### Votre mission : retrouver la loi de la réfraction.

Votre travail consiste à concevoir et réaliser une expérience vous permettant de confirmer ou non les arguments des scientifiques.

Vous disposez du matériel permettant d'étudier le passage d'un faisceau lumineux de l'air dans le plexiglas. Vous ferez attention à ne pas diriger le faisceau laser vers l'œil !!

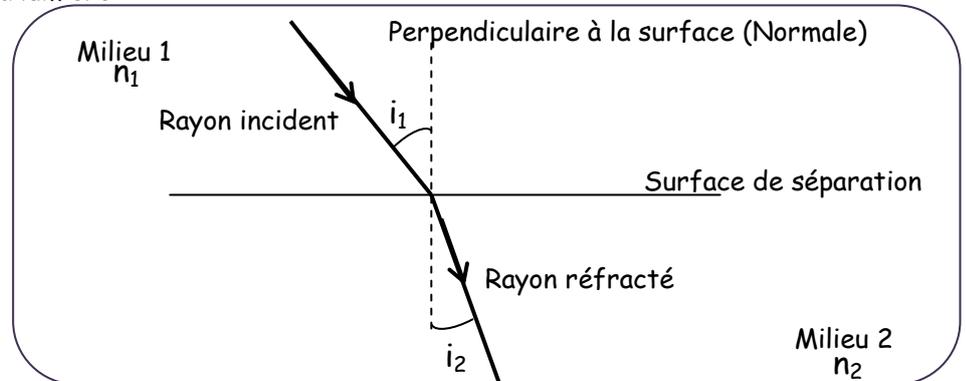
En vous appuyant sur une série d'une dizaine de mesures et en utilisant des représentations graphiques, à vous de déterminer si chacune de ces propositions convient, ou non, pour le passage de la lumière de l'air dans le plexiglas.

**Document 1 :**

Lorsqu'une onde (la lumière est une onde) atteint la surface séparant deux milieux, une partie de l'onde est renvoyée vers le milieu d'origine : c'est le phénomène de **réflexion**. Une autre partie peut traverser la surface de séparation et subir un phénomène de **réfraction**. La réfraction est le changement de **direction** que subit la propagation d'une onde lorsqu'elle traverse la surface de séparation entre deux milieux (application : la  **fibre optique**).

**Document 2 :** Schéma du trajet de la lumière

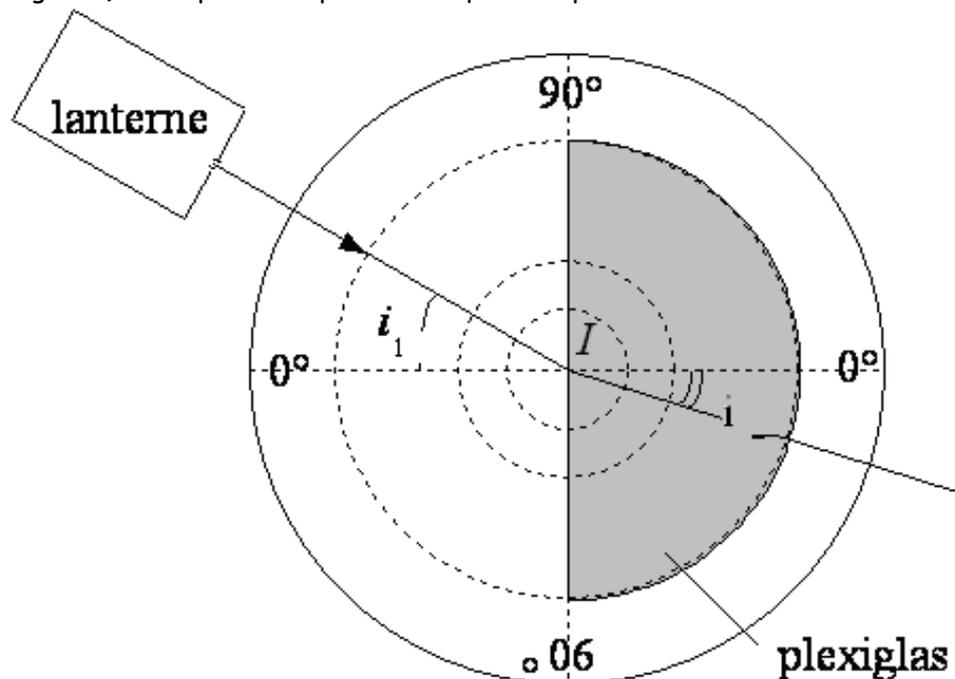
$i_1$  est l'angle d'incidence  
 $i_2$  est l'angle de réfraction

**Document 3 :**

On attribue à chaque milieu transparent un nombre appelé **indice de réfraction** et noté  $n$ . Il correspond au rapport entre la vitesse de la lumière dans le vide et la vitesse de la lumière dans le milieu transparent.

**Exemple**  $n(\text{air}) = 1,0$  : c'est l'indice du premier milieu rencontré par la lumière, on le note  $n_1$ . L'indice du second milieu rencontré par la lumière est  $n(\text{plexiglas}) = 1,5$ , on le note  $n_2$ .

On a aussi  $n(\text{eau}) = 1,33$

**Document 4 :** Schéma (non légendé) du dispositif expérimental que vous pouvez utiliser

Vous rédigerez un compte-rendu comportant :

- Le titre
- Une ou deux phrases décrivant votre expérience et son objectif.
- Un schéma simplifié du dispositif permettant de faire les mesures.
- Le ou les tableau(x) de mesures ainsi que les grandeurs calculées.
- Les différents graphiques tracés et les interprétations de chacun d'eux.
- Une conclusion quant à la validité de chacune des propositions des différents savants au cours des siècles.

### Grille d'évaluation par compétences

Niveau A : J'y suis parvenu(e) sans aucune aide.

Niveau B : J'y suis parvenu(e) après avoir obtenu une aide (de mon binôme, d'un autre groupe, du professeur).

Niveau C : J'y suis parvenu(e) après plusieurs « coups de pouce ».

Niveau D : Je n'y suis pas parvenu(e) malgré toutes les aides et les coups de pouce fournis

Compétences évaluées	Micro-compétences et attitudes		A	B	C	D
Ra : Raisonner et argumenter	Identifier un problème	1 Repérer et formuler le problème.				
	Adopter une démarche de résolution cohérente	2 Formuler une ou plusieurs hypothèse(s). 3 Concevoir une expérience, proposer un protocole.				
	Proposer une solution. Faire preuve d'esprit critique	4 Constater la cohérence ou la divergence des résultats avec l'hypothèse. 5 Interpréter les résultats. 6 Apprécier la cohérence d'un résultat (ordre de grandeur, unité, chiffres significatifs...)				
Ré : Réaliser	S'organiser	1 Respecter les consignes (protocole, sécurité). 2 Construire un montage à partir d'un schéma. 3 Gérer son temps. 4 Réaliser ou compléter un schéma.				
	Effectuer	5 Effectuer une mesure correctement. 6 Mettre en œuvre un protocole donné dans le respect des règles de sécurité... 7 Faire un tableau de mesures et relever des résultats dans un tableau ou graphique				
Mo : Mobiliser des connaissances	Restituer ou réinvestir des connaissances disciplinaires	1 Restituer des connaissances scientifiques (vocabulaire, symboles, définitions, lois, modèles...).				
		2 Ecrire le résultat d'une mesure (unité). 3 Réaliser un schéma d'expérience légendé (avant et après). 4 Utiliser la relation de proportionnalité. 5 Construire un graphique à la main et savoir l'utiliser. 6 Utiliser quelques notions de géométrie simple.				
Co : Communiquer	S'exprimer	1 Rédiger des phrases complètes (orthographe et grammaire). 2 Utiliser les connecteurs logiques (je suppose que, je sais que, j'en déduis, je conclus...). 3 Rendre un travail propre. 4 S'exprimer à l'oral : prendre part à un dialogue, à un débat, prendre la parole en public.				
Inf : S'informer	S'informer	1 Observer le résultat d'une expérience. 2 Extraire d'un document (textes, images, schémas, graphiques...) l'information utile.				
	Traiter l'information	3 Identifier une grandeur physique dans un énoncé, un document ; 4 Comprendre et exploiter un énoncé.				
Att : Attitude	S'investir dans son travail					
	Autonomie	1 Etre autonome, solliciter une aide au moment opportun, faire preuve d'initiative... 2 Participer en respectant les règles, respecter les autres et le matériel.				

**GRILLE D'EVALUATION**

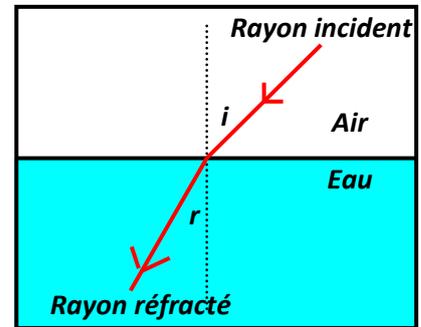
Binôme : ..... Elèves : .....						
Poste : .....		Ré	Ra	Ra	Att	Co
<b>REALISATION DU DISPOSITIF EXPERIMENTAL POUR OBSERVER LA REFRACTION ET MESURES</b>						
Observation en continu	Installation du dispositif pour observer le phénomène de réfraction (Ré2)	**			**	
	Réglage du dispositif pour réaliser une mesure d'angle (Ré6)	*			*	
	Repérage correct de l'angle d'incidence et de l'angle de réfraction (Ré5)	*				
	Choix du domaine pour l'angle $i$ ( $0 < i < 80^\circ$ ) (Ré5)		**			
	Mesure correcte de l'angle $i_2$ (Ré5)	*				
<b>TRAITEMENTS DES DONNEES</b>						
Observation en continu	Proposition de méthodes adaptées pour valider les hypothèses des savants (Ra3)		*		*	
	Exploitation des observations pour infirmer l'affirmation de Grosseteste (Ra4)			**		
	Exploitation des mesures pour valider l'hypothèse de Kepler (Ra4)			***	*	
	Exploitation des résultats pour valider l'hypothèse de Snell-Descartes (Ra4)			***	*	
	Graphiques soignés et légendés (Mo5 ou Ré7)	****				
<b>COMPTE RENDU</b>						
Evaluation du compte-rendu	Schéma détaillé de l'expérience (soin, légende, organisation) (Ré4-Mo3)	**				
	Rendre compte à l'écrit de manière synthétique et structurée (problématique posée, réponse argumentée, conclusion) en utilisant un vocabulaire adapté et une langue correcte (Co1-Co2)					*** *** ***
	Production soignée (Co3)				*	
<b>ATTITUDE</b>						
	Respect du matériel et des consignes de sécurité, rangement de la paillasse à la fin (Att1)				**	
Note /20	Chaque (*) compte 0,5 point	/4,5	/2	/4	/5	/4,5

Les items en bleus correspondent aux aides possibles : ôter les points d'autonomie si l'élève a eu recours aux fiches « coup de pouce ».

**FICHES D'AIDE****Coup de pouce n°1 : Au secours, je suis perdu(e) !**

On étudie le phénomène de réfraction. Rappelez-vous, il s'agit de la déviation de la lumière lorsque qu'elle passe d'un milieu (comme l'air) à un autre (comme le plastique ou l'eau).

Essayez d'installer la lampe et le demi-cylindre pour observer ce phénomène. Si vous êtes perdu(e) avec le matériel, passez au coup de pouce n°2.

**Coup de pouce n°2 : Au secours, je suis perdu(e) avec le matériel**

Il va falloir mesurer des angles. Il faudra utiliser plateau tournant et tourner « la roue de la fortune » !

- Pour cela, alignez la graduation  $0^\circ$  avec le rayon lumineux issu de la lampe. Le rayon doit être fin pour faciliter la lecture des angles. *Pour les dispositifs noirs, le pinceau lumineux peut être affiné en tirant sur la tige métallique à l'arrière de la lampe.*
- Ensuite, placez le demi-cylindre sur le plateau de façon à ce que le rayon lumineux soit perpendiculaire à sa surface plane et qu'il passe par son centre. Faites tourner d'un angle  $i$  le plateau sans toucher au demi-cylindre et mesurez alors l'angle de réfraction  $r$ . Répétez cette opération pour des valeurs de l'angle d'incidence  $i$  que vous aurez choisies et **établir un tableau de mesures**. Si vous êtes bloqué(e) avec vos mesures, demandez le coup de pouce n°3.

*Attention à bien vérifier avant chaque mesure que le rayon incident passe bien par le centre du disque gradué et que la perpendiculaire au demi-cylindre coïncide avec la graduation  $0^\circ$ .*

***Coup de pouce n°3 : Au secours, je ne sais pas quoi faire de mes mesures !***

Pour chaque savant, vous devez vérifier avec les angles mesurés les points suivants :

- Pour Robert Grosseteste, il faut traduire sous forme d'égalité une relation entre  $i$  et  $r$ .
- Pour Johannes Kepler, il faut vérifier que  $r$  est proportionnel à  $i$  pour de petits angles. Vous pouvez réaliser un graphique à la main ou utiliser un tableur-grapheur (Open Office). Demandez de l'aide si vous êtes bloqué(e).
- Pour W. Snell et R. Descartes, il faut vérifier que  $\sin r$  est proportionnel à  $\sin i$ . Là aussi vous pouvez réaliser un graphique à la main ou utiliser un tableur-grapheur.

***Coup de pouce n°4 : Je voudrais bien vérifier les affirmations de Kepler en traçant un graphique mais lequel !***

- Il faut tracer sur papier **millimétré** le graphique représentant les variations de  $i$  en fonction de  $r$ .
- Analysez ensuite la courbe obtenue et déterminez alors la valeur limite pour laquelle le modèle n'est plus valable.
- En cas de difficulté, une fiche pour vous aider à réaliser le graphique est disponible (fiche n°5).

***Coup de pouce n°5 : Je voudrais bien réaliser un graphique à la main mais je ne sais plus comment faire !***

- Vous devez d'abord repérer sur quel axe reporter les grandeurs mesurées. Rappelez-vous, en mathématiques, lorsque l'on trace « y en fonction de x », sur quel axe se trouve y ? Sur quel axe se trouve x ?
- N'oubliez pas qu'un graphique doit être bien présenté : il doit comporter un titre, des axes renseignés avec noms et unités.

***Coup de pouce n°6 : Je voudrais réaliser un graphique à la main pour vérifier les***

### *affirmations de Snell et Descartes mais .....*

Il faut tracer sur papier **millimétré** le graphique représentant les variations de ***sin i*** en fonction de ***sin r*** (***sin*** désignant ici le sinus de l'angle).

- Quelle est l'allure de la courbe obtenue ?
- Que peut-on dire des grandeurs ***sin i*** et ***sin r*** ?

### *Coup de pouce n°7 : Je voudrais bien utiliser un tableur pour vérifier les affirmations de Kepler mais je ne sais pas comment faire !*

Il faut lancer le tableur **OpenOffice.Org Calc** et créer le tableau suivant :

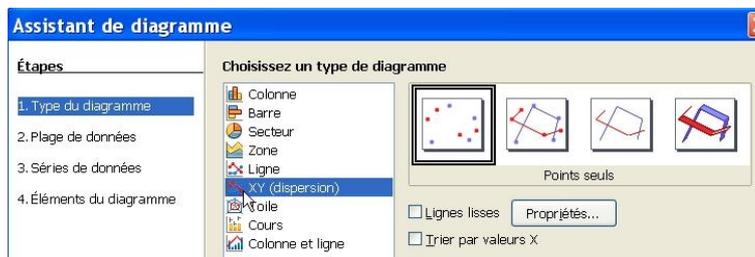
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	<b><i>i</i></b> (degrés)	<b>0</b>								
2	<b><i>r</i></b> (degrés)	<b>0</b>								

*(les cellules grisées seront complétées avec le tableur)*

Il faut ensuite y reporter les mesures précédentes.

Remarque : pour éviter la majuscule automatique en début de phrase, décocher la case  Majuscule en début de phrase dans le menu **Outils Autocorrection Options**.

Sélectionner les deux lignes contenant les valeurs de ***i*** et ***r*** et dans le menu **Insertion** choisir **Diagramme**. Une fenêtre apparaît il faut d'abord choisir le type de diagramme **XY** et faire **Suivant**.



Etapes 2 : cocher **Sélectionner série de données en ligne** puis faire **Suivant**.

Etapes 3 : faire **Suivant** sans rien modifier.

Etapes 4 : renseigner les rubriques et faire **Terminer**.

Le diagramme s'affiche.

## Coup de pouce n°8: Je voudrais bien utiliser un tableur pour vérifier les affirmations de Snell et Descartes mais je ne sais pas comment faire !

Il faut lancer le tableur **OpenOffice.Org Calc** et créer le tableau suivant :

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	<i>i</i> (degrés)	0								
2	<i>r</i> (degrés)	0								
3	<i>i</i> (radians)									
4	<i>r</i> (radians)									
5	$\sin(r)$									
6	$\sin(i)$									

*(les cellules grisées seront complétées avec le tableur par des formules)*

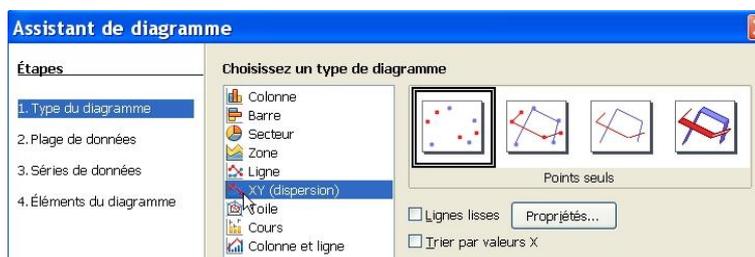
Il faut ensuite y reporter les mesures précédentes.

Remarque : pour éviter la majuscule automatique en début de phrase, décocher la case  Majuscule en début de phrase dans le menu **Outils Autocorrection Options**.

Il faut calculer *i* et *r* en radians (les angles doivent être exprimés en radians pour que le tableur puisse calculer les sinus). En B3 placer la formule  $=B1*\pi()/180$ , à l'aide de la **poignée de copie** compléter les lignes 3 et 4 (il faut pointer avec la souris le coin inférieur droit de la cellule à copier puis étendre en maintenant le bouton gauche appuyé).

Pour calculer  $\sin(r)$  et  $\sin(i)$  [ $\sin(r)$  doit être au dessus de  $\sin(i)$ ], en B5 placer la formule  $=\sin(B4)$ , en B6 placer la formule  $=\sin(B3)$  compléter les lignes avec la poignée de copie.

Sélectionner les deux lignes contenant les valeurs de  $\sin(i)$  et  $\sin(r)$  et dans le menu **Insertion** choisir **Diagramme**. Une fenêtre apparaît il faut d'abord choisir le type de diagramme **XY** et faire **Suivant**.



Étapes 2 : cocher **Sélectionner série de données en ligne** puis faire **Suivant**.

Étapes 3 : faire **Suivant** sans rien modifier.

Étapes 4 : renseigner les rubriques et faire **Terminer**.

Le diagramme s'affiche.

Double-cliquer sur le digramme puis faire un clic droit l'un des points : une fenêtre s'ouvre. Il faut choisir Insérer une courbe de tendance. La fenêtre ci-contre apparaît alors.

Cocher le type de régression linéaire et Afficher l'équation. Vous obtenez alors l'équation de cette droite et vous pouvez déterminer son coefficient directeur et son ordonnée à l'origine.

On peut alors imprimer sa feuille de calcul après vérification par le professeur.

