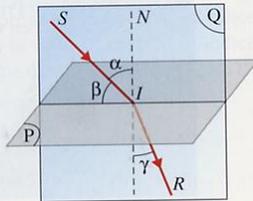


Pour commencer

Réfraction de la lumière

1 Légender un schéma

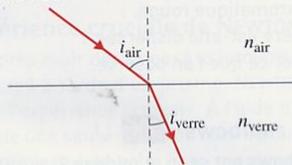
Le schéma ci-contre représente le phénomène de réfraction d'un faisceau lumineux. Identifier :



- le point d'incidence ;
- le rayon incident ;
- le rayon réfracté ;
- l'angle d'incidence ;
- l'angle de réfraction ;
- le plan d'incidence ;
- la normale au point d'incidence ;
- la surface séparant les deux milieux.

2 Connaître les lois de Snell-Descartes

1. Sur le schéma ci-dessous, identifier l'angle d'incidence et l'angle de réfraction :



2. Énoncer les lois de Snell-Descartes relatives au phénomène de réfraction en respectant les notations du schéma.

3 Indice de réfraction

La réfraction d'un faisceau laser rouge passant de l'air dans l'eau est schématisée ci-dessous.

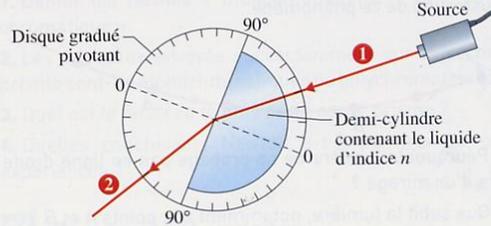
Données : indice de réfraction de l'air : $n_{\text{air}} = 1,00$;
indice de réfraction de l'eau : $n_{\text{eau}} = 1,33$.



- Reproduire et compléter le schéma en indiquant le point d'incidence I , en dessinant la normale et en repérant les angles d'incidence i_{air} et de réfraction i_{eau} .
- Rappeler l'expression de la loi de Snell-Descartes relative aux angles en respectant les notations du texte : n_{air} , n_{eau} , i_{air} et i_{eau} .
- Calculer la valeur de l'angle de réfraction d'un rayon lumineux d'incidence $i_{\text{air}} = 50,0^\circ$.

4 De l'eau dans l'air

On dirige un pinceau de lumière monochromatique rouge vers un demi-disque contenant un liquide.



- Quel est le rayon réfracté ?
- Quelles sont les valeurs de l'angle d'incidence i_1 et de l'angle de réfraction i_2 ?
- En utilisant l'une des lois de Snell-Descartes pour la réfraction, calculer l'indice de réfraction n du liquide. L'indice de réfraction de l'air est égal à 1,00.

Le prisme, système dispersif

5 Connaître les propriétés d'un prisme

On dirige un faisceau de lumière blanche vers un prisme.

- Dessiner ce que l'on observe sur un écran placé derrière le prisme.
- Quelle propriété du prisme est ainsi mise en évidence ?
- De quelle grandeur dépend l'indice de réfraction d'un prisme ?



6 Prisme erroné

Dylan a représenté l'expérience de la décomposition de la lumière blanche par un prisme. Le professeur indique que le dessin est erroné.



- Quelle est l'erreur commise par Dylan ?
- Proposer une représentation correcte.

Applications dans l'atmosphère terrestre

7 L'arc-en-ciel

- Quelle source de lumière naturelle permet, dans certaines conditions, d'obtenir un arc-en-ciel ?
- Quel phénomène physique subit cette lumière au niveau des gouttes d'eau ?
- Quelle propriété de l'eau est mise en évidence par la formation d'un arc-en-ciel ?

8 Les mirages

Lors d'un mirage, la lumière ne se propage pas en ligne droite, elle est déviée. Le schéma ci-dessous est une illustration de ce phénomène.

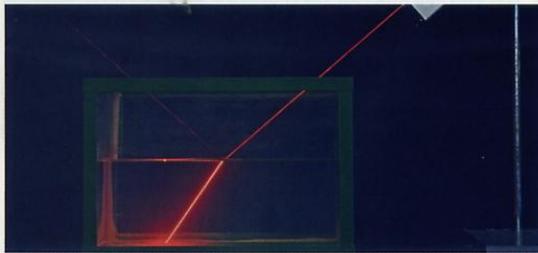


1. Pourquoi la lumière ne se propage pas en ligne droite lors d'un mirage ?
2. Que subit la lumière, notamment aux points A et B ?

Pour s'entraîner

9 À chacun son rythme

Cet exercice est proposé à deux niveaux de difficulté. Dans un premier temps, essayer de résoudre l'exercice de niveau 2. En cas de difficultés, passer au niveau 1. Un faisceau laser se propage dans l'air (d'indice de réfraction $n_{\text{air}} = 1,00$) puis atteint la surface d'un liquide.



Niveau 2

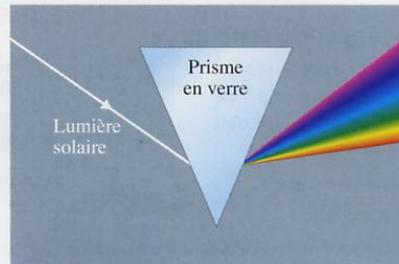
1. Schématiser la situation correspondant à la photographie ci-dessus en respectant les valeurs des angles d'incidence et de réfraction.
2. Calculer l'indice de réfraction n_{liquide} de ce liquide.

Niveau 1

1. a. Décalquer la photographie en faisant apparaître les rayons et la surface de séparation entre l'air et le liquide.
b. Repérer le point d'incidence I , dessiner la normale au point d'incidence, puis les angles d'incidence i_1 et de réfraction i_2 .
2. a. Mesurer l'angle d'incidence i_1 et l'angle de réfraction i_2 .
b. À partir de l'une des lois de Snell-Descartes pour la réfraction, écrire la relation entre i_1 , i_2 , n_{air} et n_{liquide} .
c. Exprimer n_{liquide} en fonction de i_1 , i_2 et n_{air} .
d. Calculer l'indice de réfraction de ce liquide.

10 Exploiter une expérience de dispersion

On réalise l'expérience schématisée ci-dessous en dirigeant un faisceau de lumière blanche provenant du Soleil vers un prisme en verre.



1. Quelle propriété doit avoir un prisme afin de décomposer une lumière ?
2. Utiliser le schéma pour justifier les réponses aux questions suivantes :
 - a. La lumière du Soleil est-elle monochromatique ou polychromatique ?
 - b. Quelles sont les radiations les plus déviées par le prisme ?
3. On remplace le faisceau de lumière solaire par un faisceau monochromatique rouge.
 - a. Cette lumière est-elle dispersée ?
 - b. Représenter ce que l'on observe.

11 About rainbows

Why are rainbows not seen at midday ?

The center of the rainbow's circle is always opposite the sun. At twelve o'clock the sun is always high in the sky so an observer can't see a rainbow at that time as it could only be seen on the ground, where there are no water droplets.

Why are rainbows so frequently seen during summer and so rarely during winter ?

To see a rainbow, one has to have rain and sunshine. In the winter, water droplets freeze into ice particles that do not produce a rainbow but scatter light in other very interesting patterns.

Do two people ever see the same rainbow ?

Since the rainbow is a special distribution of colors, depending on where the observer is, two observers do not, and cannot, see the same rainbow.

Vocabulaire : droplets : gouttelettes ; to freeze : geler ; to scatter : éparpiller ; patterns : figures.

1. Pourquoi observe-t-on rarement un arc-en-ciel vers midi ?
2. Pourquoi observe-t-on plus rarement un arc-en-ciel en hiver ?
3. Deux personnes voient-elles le même arc-en-ciel ?

12 Rédiger correctement une solution

La solution de l'exercice suivant a été rédigée par un élève, puis annotée par un professeur. Lire l'énoncé, les réponses de l'élève et les corrections suggérées, puis rédiger une solution détaillée.

Énoncé de l'exercice

Un faisceau lumineux se propage dans l'air d'indice $n_{\text{air}} = 1,00$, puis pénètre dans le verre d'une vitre. L'indice du verre est $n_{\text{verre}} = 1,45$ et l'angle dans le verre est $i_{\text{verre}} = 31^\circ$.

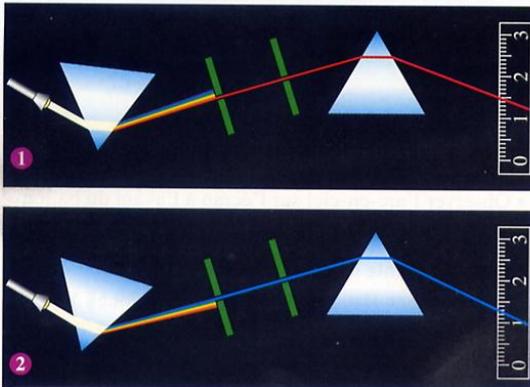
1. Comment se nomme le phénomène observé ?
2. Calculer la valeur de l'angle d'incidence i_{air} .

Copie de l'élève corrigée

1. Dispersion. Faire une phrase et revoir le vocabulaire.
 2. $\sin i_2 = \frac{n_1 \times \sin i_1}{n_2}$ Respecter les notations du texte.
 $\sin i_{\text{air}} = \frac{1,45 \times \sin 31}{1,00}$
 Donc $i_{\text{air}} = 0,75^\circ$. Confusion entre l'angle et le sinus.

13 L'expérience cruciale de NEWTON

Vers 1666, après avoir décomposé la lumière blanche provenant du Soleil à l'aide d'un prisme, NEWTON arrive à ce qu'il appelle l'expérience cruciale. À l'aide d'une planche percée, il isole une seule radiation colorée du spectre produit par le premier prisme. Le faisceau correspondant est envoyé sur un second prisme dans une direction imposée par une seconde planche percée. Ce faisceau est dévié, mais n'est pas décomposé (Schéma 1). Sans toucher aux planches ni au second prisme, il modifie la position du premier prisme. Il peut ainsi envoyer sur le second prisme une autre radiation colorée. Il constate que le faisceau correspondant est dévié différemment du précédent, mais n'est toujours pas décomposé (Schéma 2).

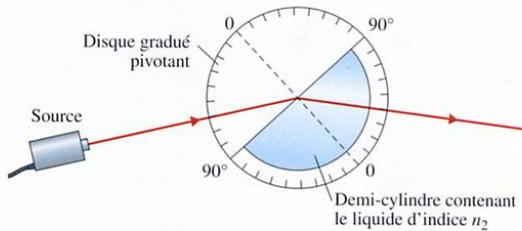


Cette fois NEWTON en est sûr, la lumière blanche du Soleil est un mélange de lumière de toutes les couleurs et le prisme dévie différemment ces diverses lumières.

1. Définir les termes « monochromatique » et « polychromatique ».
2. Les faisceaux envoyés successivement sur le second prisme sont-ils monochromatiques ou polychromatiques ?
3. Quel est le faisceau le plus dévié par le prisme ?
4. Quelles conclusions NEWTON a-t-il pu tirer de ces expériences ?

14 Construire et exploiter une représentation graphique

La détermination de l'indice de réfraction d'un liquide est une méthode permettant l'identification de ce liquide. Un faisceau de lumière monochromatique est dirigé vers un liquide comme indiqué sur le schéma ci-dessous.



On note i_1 l'angle d'incidence dans l'air d'indice $n_1 = 1,00$ et on note i_2 l'angle de réfraction dans le liquide d'indice n_2 . Le tableau ci-dessous regroupe les mesures réalisées pour divers angles d'incidence ainsi que les sinus de ces angles.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	i_1 (en degré)	0	10	20	30	40	50	60
2	i_2 (en degré)	0	7	15	22	29	35	40
3	$\sin i_1$	0	0,17	0,34	0,50	0,64	0,77	0,87
4	$\sin i_2$	0	0,12	0,26	0,37	0,48	0,57	0,64
5								

Données : $n_{\text{eau}} = 1,3$; $n_{\text{glycérol}} = 1,5$.

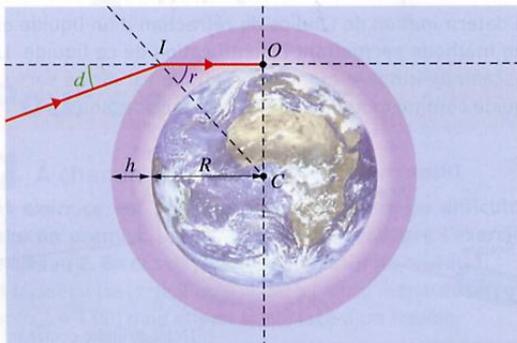
1. Mesurer les valeurs des angles i_1 et i_2 pour la situation schématisée ci-dessus.
2. a. Rappeler l'expression de la loi de Snell-Descartes relative aux angles lors d'une réfraction en respectant les notations du texte.
 b. Construire la représentation graphique de $\sin i_1$ en fonction de $\sin i_2$.
 c. Montrer que les valeurs expérimentales obtenues sont en accord avec la loi de Snell-Descartes.
3. Déterminer la valeur de l'indice de réfraction n_2 du liquide étudié.
4. Le liquide étudié est-il de l'eau ou du glycérol ?

15 Indice de réfraction de l'atmosphère

Le soir, lorsque le Soleil est vu à l'horizon, il est en réalité déjà couché. Ce phénomène est dû à la réfraction de la lumière sur les couches atmosphériques.

Le schéma ci-dessous modélise ce phénomène en considérant que l'atmosphère est une couche homogène de gaz d'épaisseur h située autour de la Terre de rayon R . Le point C correspond au centre de la Terre ; l'observateur est placé en O . Le point I est vu sur l'horizon par l'observateur, il correspond au point d'incidence de la lumière du Soleil lorsqu'elle rencontre l'atmosphère.

La déviation par l'atmosphère des rayons lumineux à l'horizon a pour valeur $d = 0,617^\circ$.



1. a. Le triangle OIC est rectangle en O . Exprimer le sinus de l'angle r en fonction de R et h .
- b. Calculer la valeur de l'angle r .
2. a. Reproduire le schéma ci-dessus et placer l'angle d'incidence i au point I .
- b. Montrer que $i = r + d$.
- c. Calculer la valeur de i .
3. En appliquant l'une des lois de Snell-Descartes, calculer la valeur n de l'indice de réfraction de l'atmosphère en supposant qu'il est constant et que l'indice du vide vaut exactement 1.
4. Expliquer, sans calcul, pourquoi les marins pour se guider ne visent pas les étoiles proches de l'horizon, mais uniquement des étoiles assez hautes au-dessus de l'horizon.

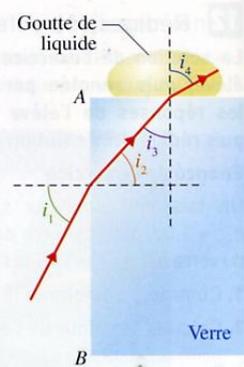
Données :

rayon de la Terre : $R = 6,371 \times 10^3$ km ;
épaisseur de l'atmosphère : $h = 50$ km.

16 Principe du réfractomètre de Pulfrich

Un réfractomètre de Pulfrich sert à mesurer l'indice de réfraction d'un liquide afin de contrôler sa pureté ou sa composition chimique. Le principe est le suivant : sur un bloc de verre de section rectangulaire, d'indice N connu, on dépose une goutte de liquide dont on veut déterminer l'indice n .

Un faisceau lumineux monochromatique jaune pénètre dans le bloc de verre sur la face AB avec un angle d'incidence i_1 ; il se réfracte, puis se propage dans le verre et rencontre la surface de séparation entre le verre et le liquide. Ce faisceau peut alors se réfracter dans la goutte de liquide.



Lors d'une mesure on fait varier i_1 jusqu'à avoir $i_4 = 90,00^\circ$; on peut ainsi déterminer l'indice n en mesurant i_1 avec une grande précision.

L'indice de réfraction de l'air est pris égal à 1,000.

1. Écrire les relations qui existent entre les angles :

a. i_1 et i_2 ; b. i_2 et i_3 ; c. i_3 et i_4 .

2. On a déposé une goutte de glycérine sur le bloc de verre d'indice $N = 1,652$. On mesure $i_1 = 48,06^\circ$.

Calculer l'indice de réfraction de la glycérine pour la radiation jaune utilisée.

17 Retour sur l'ouverture du chapitre



Sur un livre de physique, on a lu l'indication suivante :

- Un écran de carton blanc est percé d'un trou de 5 cm de diamètre. Diriger un faisceau de lumière blanche vers le trou.
- Placer un ballon de 250 mL rempli d'eau dans le faisceau lumineux qui a traversé l'écran.
- Observer l'arc-en-ciel sur l'écran à l'avant du ballon.

1. Que simule le ballon ?
2. Que représente le faisceau de lumière blanche ?
3. Quelles sont les conditions atmosphériques permettant l'observation d'un arc-en-ciel ?
4. Quelles sont les sept couleurs symboliquement attribuées à l'arc-en-ciel ?