

LES CHEMINS DE LA LUMIERE

Chacun sait que la lumière va tout droit (sa propagation est rectiligne) et à 300 000 km.s-1. Or, c'est souvent vrai, mais pas toujours. La lumière est réfléchiée quand elle rencontre un miroir, et déviée lorsqu'elle passe d'un milieu (transparent) dans un autre. Dans un cas, comme dans l'autre, une même question se pose: comment la lumière sait-elle où elle doit aller ? La lumière, bien sûr, ne «sait» rien. Elle agit de telle ou telle façon parce qu'elle ne peut pas faire autrement. Quelles sont alors les lois qui la guident ?

1. LA REFRACTION DE LA LUMIERE.

1.1. UNE OBSERVATION.

Dispositif.

Une pièce de monnaie est placée au fond d'une tasse: le fond est visible mais la pièce quasi invisible.

Observation.



On verse alors de l'eau dans le bol et la pièce apparaît peu à peu. Elle n'a pourtant pas bougé d'un poil !

Interprétation.

La lumière change de direction en passant de l'eau à l'air. Elle révèle ainsi la présence de la pièce, autrement cachée par le rebord. Pour l'eau, le rayon issu de la pièce a voyagé en ligne droite (trajet en pointillés). L'image de la pièce ne correspond plus à sa position réelle, d'où l'impression qu'elle est apparue comme par magie.

Conclusion.

Notre oeil reçoit par deux chemins différents la lumière émise par la pièce de monnaie. Le rayon lumineux, passant de l'eau dans l'air, change de direction. C'est le phénomène de réfraction. La propagation, ne se faisant plus dans un unique milieu homogène, n'est plus rectiligne.

1.2. VOCABULAIRE.

Le plan qui sépare deux milieux est le *plan de séparation*.

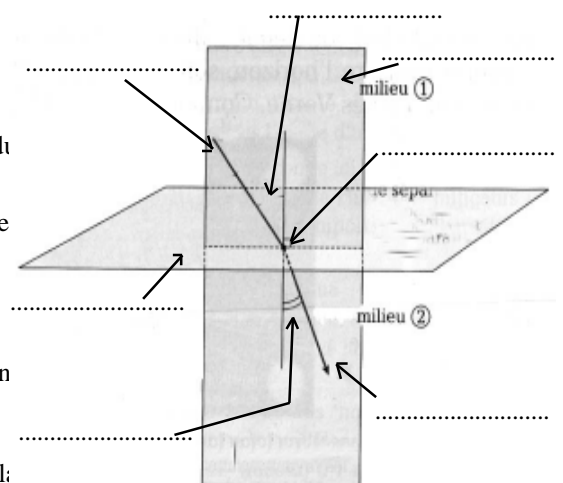
Exemple:

La surface d'un bassin (sépare l'air - de l'eau) ou celle d'une fenêtre (sépare l'air - du verre).

Le rayon lumineux qui arrive sur la surface de séparation entre les deux milieux est le *rayon incident*. Le point où le rayon incident arrive sur la surface est le *point d'incidence I*. Le rayon lumineux qui se propage dans le deuxième milieu, après réfraction, est le *rayon réfracté*.

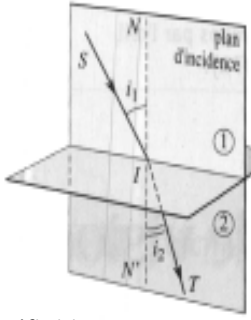
Pour étudier les trajets des rayons lumineux, on schématise toujours, à l'intersection du rayon et de la surface de séparation, une droite perpendiculaire en I à la surface de séparation appelée la *normale* au point d'incidence. L'angle entre le rayon incident et la normale est l'*angle d'incidence i*; l'angle entre le rayon réfracté et la normale est l'*angle de réfraction*.

Le plan contenant le rayon incident et la normale au point d'incidence est le *plan d'incidence*.



1.3. SECONDE LOI DE DESCARTES.

Dispositif. Voir fiche Tp.



Conclusion: LOI DES ANGLES POUR LA REFRACTION.

Lorsqu'un rayon lumineux est réfracté à travers le plan séparant l'air d'un autre milieu transparent, les angles i_1 et i_2 qu'il forme avec la normale au plan, dans l'air et dans l'autre milieu, vérifient la relation

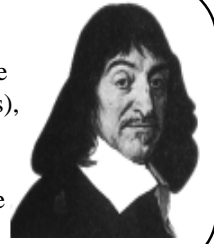
$$n_1 \times \sin i_1 = n_2 \times \sin i_2,$$

où n est une constante caractéristique du milieu ($n > 1$) appelée son indice de réfraction par rapport à l'air.

René Descartes
(1596 - 1650)

Né à La Haye (appelée aujourd'hui Descartes), en Touraine.

Il fait ses études chez les jésuites à la Flèche



Définition.

L'indice de réfraction n 'étant rien d'autre que le rapport de la vitesse de la lumière dans le premier milieu à la vitesse de la lumière dans le deuxième milieu. En général un des deux milieux est l'air (ou le vide) de sorte que l'indice de réfraction a pour formule:

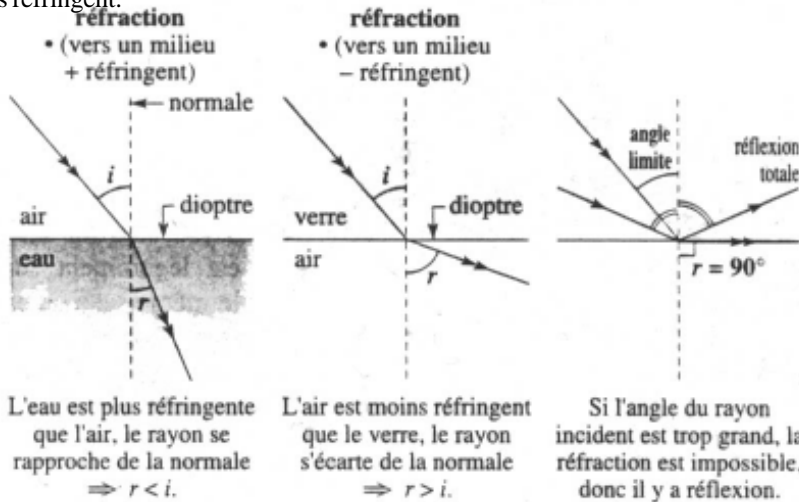
$$n = \frac{\text{vitesse de la lumière dans l'air ou dans le vide}}{\text{vitesse de la lumière dans le deuxième milieu}} = \frac{c}{v}$$

milieu	n
eau	1,33
éthanol	1,36
altuglas	1,50
verre	1,50
diamant	2,42

L'indice de réfraction est bien une grandeur sans unité.

Remarques.

- ❑ Si l'un des angles i_1 ou i_2 est nul, il en est de même de l'autre: un rayon incident normal à la surface séparant les milieux n 'est pas dévié.
- ❑ Si le rayon réfracté se rapproche de la normale, on dit qu'il est passé dans un milieu plus réfringent.



- ❑ Si le rayon passe dans un milieu moins réfringent, alors il s'écartera de la normale. On voit que dans ce dernier cas si le rayon qui arrive sur la surface de séparation est trop incliné, la réfraction ne pourra pas se faire et il y aura réflexion totale: la lumière ne peut pas pénétrer. Ce phénomène est utilisé dans les fibres optiques où la lumière est piégée dans la fibre et se réfléchit sur les parois sans pouvoir en sortir.



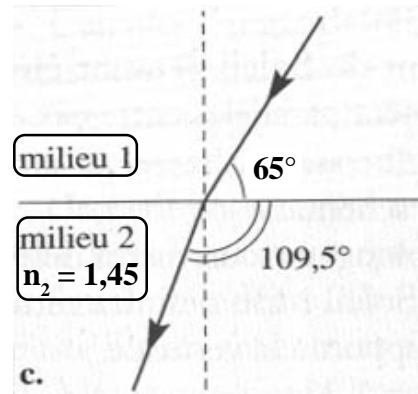
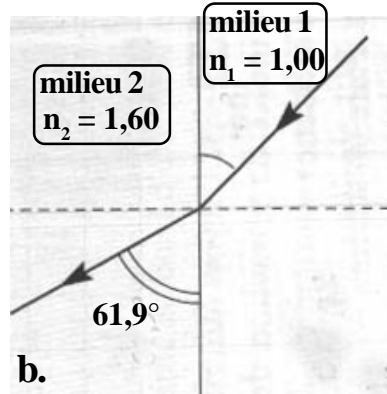
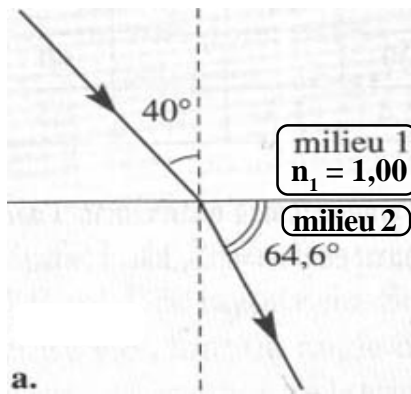
Juste avant les vendanges, les experts vérifient que le raisin atteint bien le degré d'alcool potentiel requis, à l'aide d'un réfractomètre.

Pour sauver quelqu'un qui se noie, le plus rapide n'est pas d'aller tout droit, mais de dévier votre trajet pour courir un peu plus longtemps. Car on court plus vite qu'on ne nage. Ce chemin est aussi celui que parcourt la lumière quand elle traverse de l'eau ou du verre

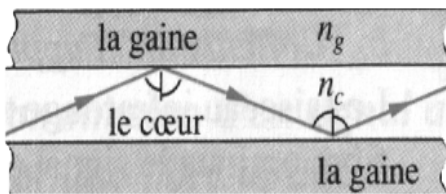


Soit une ligne droite pour sauver une personne en danger n'est pas forcément la meilleure idée. Dans la mesure où on court plus vite qu'on ne nage, le chemin 3 est plus judicieux que le 1 et le 2, car il minimise le temps passé dans l'eau.

- 1°) Indiquer, dans chaque cas, sur le schéma: - en vert l'angle d'incidence i et sa valeur;
- en bleu l'angle de réfraction r du rayon lumineux et sa valeur.
- 2°) Pour chaque schéma, déterminer la valeur inconnue.



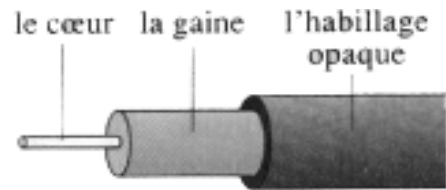
2. APPLICATIONS: LES FIBRES OPTIQUES



Les fibres optiques sont constituées de très fins fils de matière transparente, gainés de telle manière que la lumière pénètre dans la fibre s'y propage sans pouvoir s'en échapper (sauf à l'extrémité), grâce au phénomène de la réflexion totale.

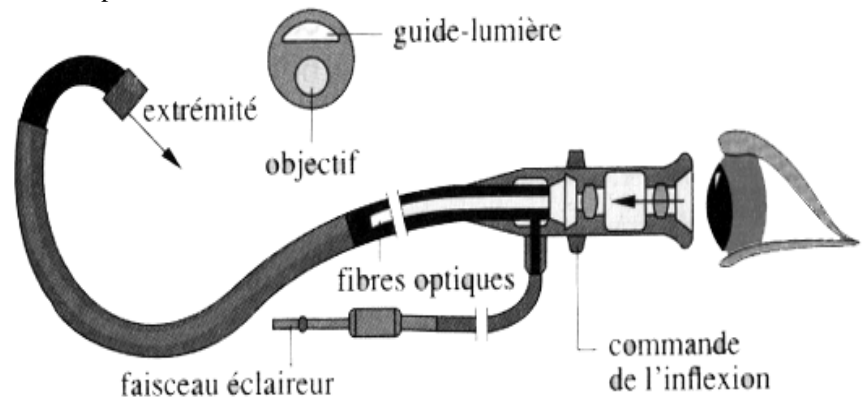
Les fibres optiques sont utilisées dans de nombreuses applications :

- les réseaux de télécommunications (le câble TAT8 traversant l'Océan Atlantique transmet autant d'informations que huit satellites géostationnaires !);
- et l'endoscopie médicale.



Il y a verre et verre...

L'essor des télécommunications optiques, depuis le début des années 1980, a été rendu possible par les progrès techniques effectués dans le domaine de la transparence du verre des fibres au rayonnement infrarouge. Une vitre faite de verre de fibre optique, épaisse d'un kilomètre, serait plus transparente qu'une vitre de verre ordinaire de quelques millimètres !!



L'endoscope est un «cordon» de fibres optiques permet à la fois d'éclairer un objet inaccessible et de l'observer. L'endoscope est utilisé en médecine pour certains examens (bronches, estomac, colon...). Il est également utilisé dans l'industrie.

14 téraoctets par seconde, soit 14 000 milliards de 0 et de 1 ! C'est le nouveau record de transmission d'information obtenu par l'opérateur japonais NTT. Un débit époustouffant maintenu sur une distance de 160 kilomètres grâce à une fibre optique spécifique. Pour y parvenir, les ingénieurs de NTT ont réuni au sein d'une même fibre 140 canaux, chacun étant capable de véhiculer l'information à 111 gigabits par seconde.

3. LES MIRAGES: UN AUTRE PHENOMENE PHYSIQUE QUI S'EXPLIQUE PAR LA REFRACTION.

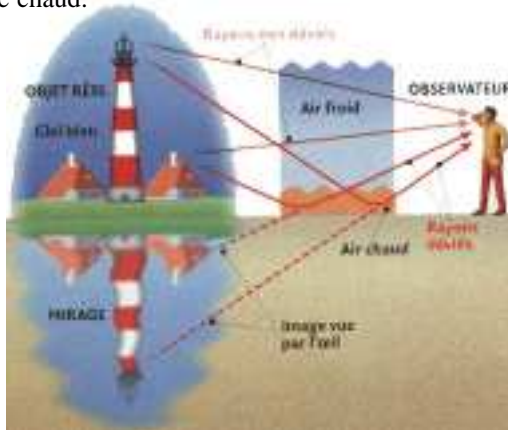
Le mirage chaud.

Le sol, qui absorbe les rayons du Soleil, devient très chaud et réchauffe l'air autour de lui.

La température de l'air n'est donc pas partout la même: elle est plus élevée près du sol; l'air n'est plus homogène. Les rayons lumineux ne se propagent plus en ligne droite. Ainsi, les rayons lumineux provenant du ciel et se dirigeant vers le sol, se courbent avant de parvenir à l'oeil de l'observateur.

Ce dernier croit que la lumière qu'il reçoit provient du sol, en ligne droite. Il voit donc devant lui une étendue bleue, image du ciel, qu'il peut confondre avec une nappe d'eau.

Ce phénomène apparaît dans le désert qui comporte de grandes surfaces de sable chaud.



Le mirage froid.

Mais les mirages existent aussi dans les régions polaires ou sur les océans.

L'air au contact de l'eau est plus froid qu'en altitude; les rayons lumineux se courbent alors vers le haut.

L'observateur voit l'image d'un objet surélevé par rapport à l'horizon.

