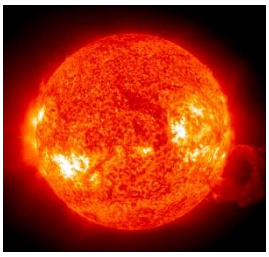
Partie C : Optique

1 Sources lumineuses

Pour voir un objet, il faut que de la lumière venant de cet objet parvienne jusqu'à l'oeil.



On appelle **<u>source de lumière primaire</u>** un corps qui produit lui-même de la lumière à partir d'une autre forme d'énergie. Certaines sources naturelles existent dans la nature d'autre artificielles ont été construit par l'homme.

- Un corps chauffé à une température suffisante émet de la lumière par **incandescence.** *Exemples : étincelle, étoile, chandelle, Soleil.*
- Certaines sources émettent de la lumière par **luminescence** sans température élevée. *Exemples : luciole femelle, LED, aurore boréale*

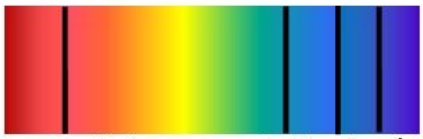
On appelle **source de lumière secondaire** un corps ne fait que réfléchir (miroir) ou diffuser la lumière qu'il reçoit. Un corps clair renvoie plus de lumière un corps sombre en absorbe plus. *Exemples d'objets éclairés : miroir, feuille, lune, saturne, fumée*

Signature des atomes

Dans un gaz excité par une décharge électrique, les couleurs contenus dans le spectre permettent d'identifier l'atome. Ceci fonctionne aussi en sens inverse, c.à.d. le gaz va absorber les mêmes couleurs dans le spectre continue de la lumière blanche.

Simulation: Atome de Bohr Schroedinger

Spectre d'émission de l'hydrogène



Spectre d'absorption de l'hydrogène

Expérience : Observer différents gaz en luminescence, une lampe LED une lampe à incandescence par une fente à travers un prisme qui sépare les couleurs.

2 La vitesse de la lumière

Contrairement aux apparences, la lumière ne se propage pas instantanément entre la source et le récepteur. Depuis le XVIIe siècle, des observations et des expériences ont permis de mesurer avec toujours plus de précision sa valeur.

La vitesse de la lumière dans le vide est une constante universelle qui ne dépend pas du mouvement de la source ou de l'observateur.

c_0 = 299 792 458 m/s

En pratique, on utilise souvent : $c_0 = 3 \cdot 10^8$ m/s

Dans tous les autres milieux transparents (eau, verre, …) la lumière se propage toujours à une vitesse inférieure à c_0. Le rapport $n = c_0/c_{milieu}$ s'appelle indice de réfraction.

Milieu transparent	c (km/s)	Indice de réfraction n
vide	299 792	
air	299 705	
eau	225 000	
éthanol	219 000	
verre quartzeux	205 500	
plexiglas	201 500	
verre flint	187 500	
diamant	124 000	

Rem : Lors d'un orage, nous voyons d'abord la foudre avant d'entendre le tonnerre. Ceci résulte du fait que la lumière (de la foudre) est largement plus rapide que le son (du tonnerre) dans l'air: $v_{Lumière}$ = c = _____ et v_{Son} = _____.

Exercices

1) Regarder dans le ciel, c'est donc regarder dans le passé! Explique.

2) Combien de temps prend la lumière émise par notre soleil pour arriver sur terre, sachant que la distance entre les deux est de 150 millions km. [8'20'']

3) Lors d'un orage, tu comptes 6 secondes entre la foudre et le tonnerre. Détermine ta distance du point d'impact de la foudre! [2 km]

4) Détermine le diamètre de notre Galaxie en al et en km sachant que la lumière prend environ 100 000 années pour parcourir toute la galaxie! [100 000 al = $9{,}467 \cdot 10^{20}$ m]

5) Indique pour les photos de la première page s'il s'agit :

D'une source primaire chaude (C), froide (F) ou d'un corps éclairé (E).

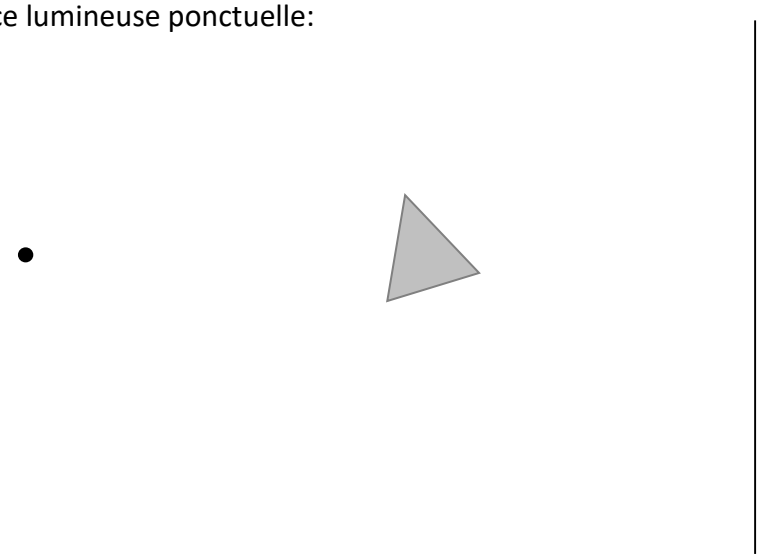
3 Ombres

3.1 Formation d'ombre

Si un corps est illuminé, alors une ombre se crée derrière lui !

Trouve l'ombre portée sur l'écran derrière les objets opaques.

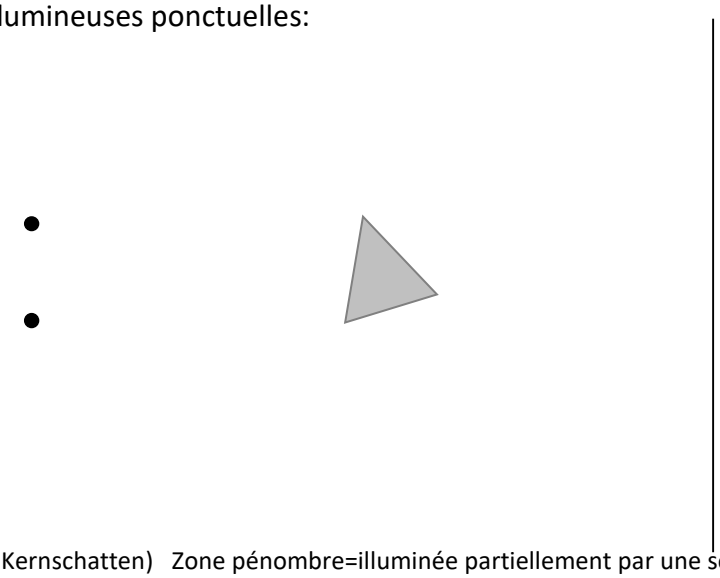
1) 1 source lumineuse ponctuelle:



Dans un milieu transparent et homogène, la lumière se propage de manière rectiligne. On représente les rayons lumineux par des droites allant de la source vers l'écran.

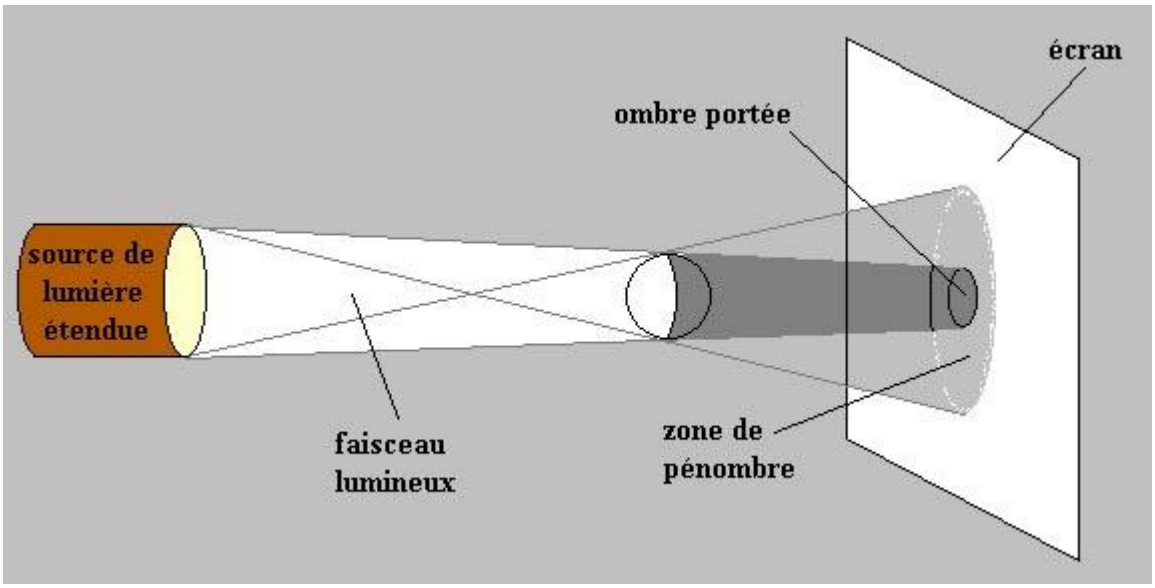
Un objet opaque placé dans un faisceau lumineux constitue un obstacle que la lumière ne contourne pas. Ainsi s'explique la formation de l'ombre portée derrière l'objet et de l'ombre propre sur l'objet.

2) 2 sources lumineuses ponctuelles:



Ombre portée (Kernschatten) Zone pénombre=illuminée partiellement par une source (Halbschatten)
Zone éclairée=illuminée complètement par les deux sources (Licht)

3) Source lumineuse non ponctuelle (Film)



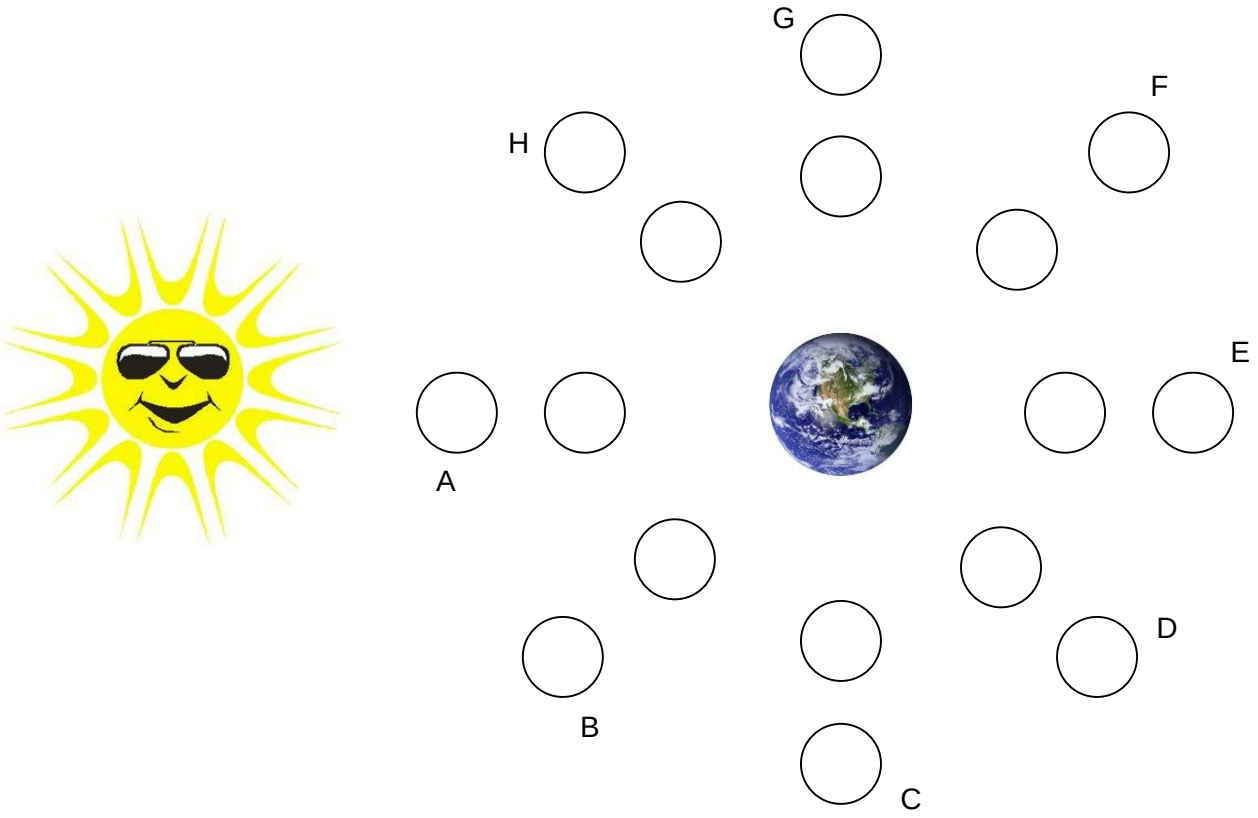
Si la source est étendue, il se forme aussi une ombre de pénombre entourée d'une zone de pénombre sur l'écran. Chaque point de la pénombre n'est éclairé que par une partie de la source ; l'autre partie est occultée par l'obstacle opaque.

3.2 Ombres en astronomie

On peut assimiler le Soleil, la Terre et la Lune à des sphères. La Terre tourne autour du Soleil et la Lune autour de la Terre. Le Soleil apparaît pour la Terre ou la Lune comme une source _____.

Phases de la Lune

Quelle que soient les positions respectives des trois astres, le Soleil éclaire à peu près la moitié de la Lune. Cependant, pour un observateur terrestre, l'aspect observé change selon la position de la Lune sur sa trajectoire autour de la Terre.



Les cercles à l'intérieur représentent la Lune vue de l'espace. Simulation.
Les cercles à l'extérieur représentent la Lune vue de la Terre.

A = _____ B = _____

C = _____ D = _____

E = _____ F = _____

G = _____ H = _____

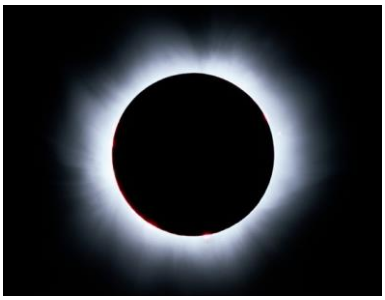
Durée du cycle lunaire = durée entre 2 nouvelle lunes = 30 jours. Précisions : Wikipedia

(La durée de rotation autour de la Terre par rapport aux étoiles fixes vaut 27 jours)

Classer dans l'ordre les différentes photos ci-dessous en partant de nouvelle Lune.

1
2
3
4
5
6
7
8

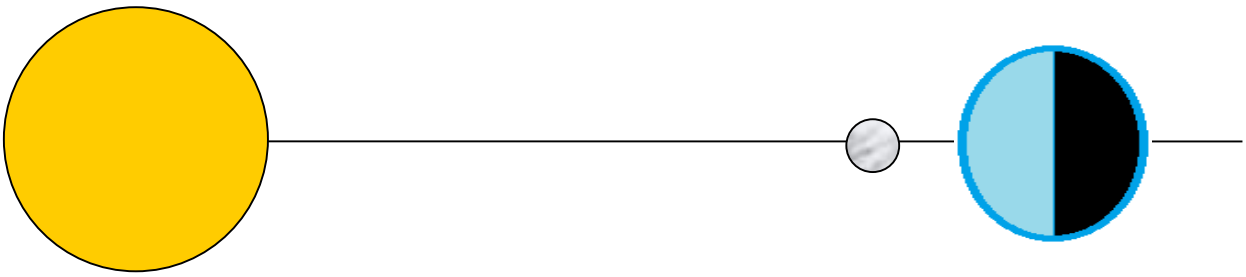
Éclipses



Eclipse de soleil:

Le soleil est considéré comme une source lumineuse non ponctuelle! La Lune éclairée par le Soleil forme un cône d'ombre. Lorsque l'ombre portée de la Lune tombe sur la Terre il y a **éclipse de Soleil**.

Seulement possible lors _____.



Eclipse de Lune:

Le soleil est de nouveau considéré comme une source lumineuse non ponctuelle! La Terre éclairée par le Soleil forme également un cône d'ombre. Il y a **éclipse de Lune** lorsque la Lune traverse ce cône d'ombre.

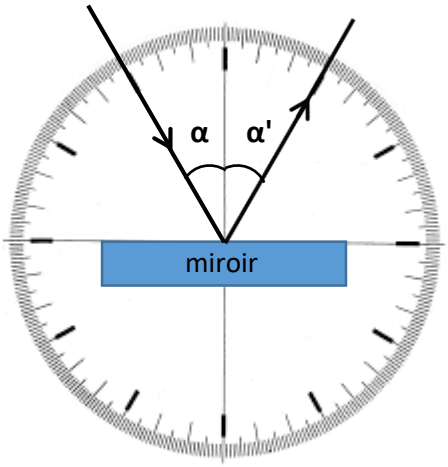
Seulement possible lors _____.

4 La réflexion de la lumière

La réflexion de la lumière est à l'origine de nombreuses applications quotidiennes : du miroir de la salle de bains au rétroviseur de voiture.
Un rayon lumineux « rebondit » sur un miroir ou sur toute surface lisse et polie. On appelle ce phénomène : la réflexion de la lumière.

4.1 Lois de la réflexion :

On mesure pour différents angles d'incidence α et les angles de réflexion α'.

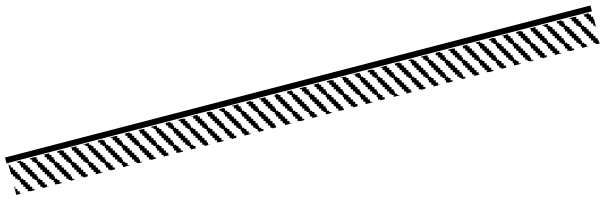


α (°)	α' (°)

1. angle d'incidence α = angle de réfraction α'

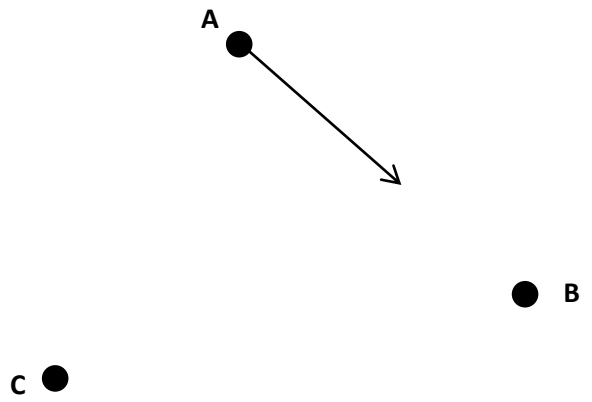
2. Le rayon incident, le rayon réfléchi et la normale au miroir se trouvent dans un même plan. Visualiser la normale par un trait fin ou pointillé !

Schéma :

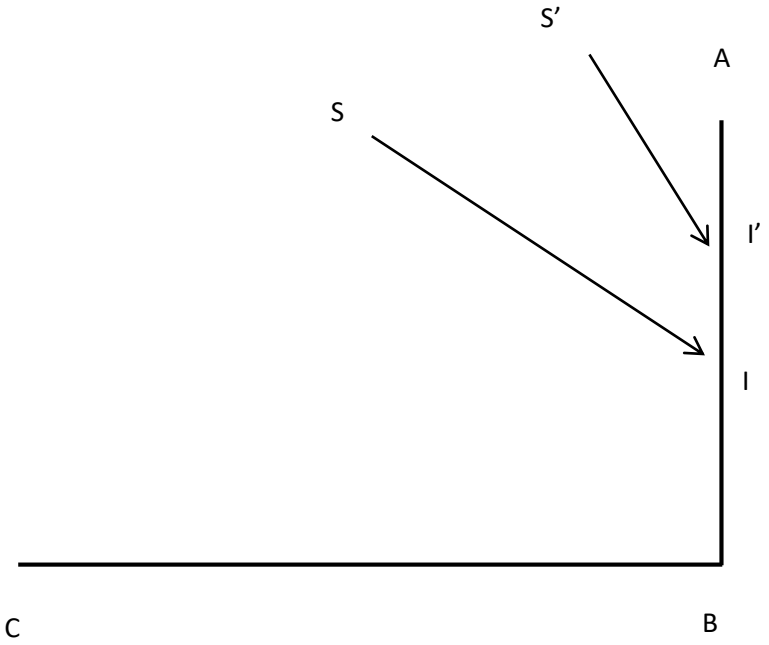


Exercices :

1) Un rayon lumineux, issu du point A, se propage en direction du point B.
Comment faut-il disposer un miroir plan en B et un second miroir en C pour que le rayon réfléchi, après réflexion en B et C, passe par A ?

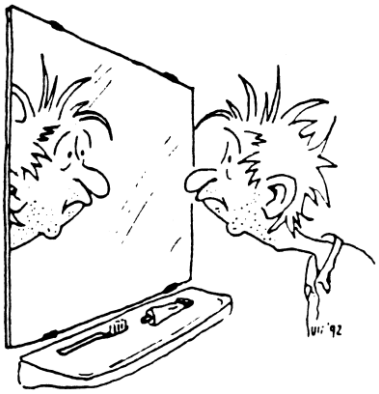


2) Deux miroirs plans AB et BC sont disposés perpendiculairement.
a) Complète le trajet du rayon SI.
b) Quelle est la particularité du rayon réfléchi par le miroir BC ?
c) Complète le trajet du rayon S'I'.



Application : Catadioptre= Rückstrahler

b) L'image d'un objet

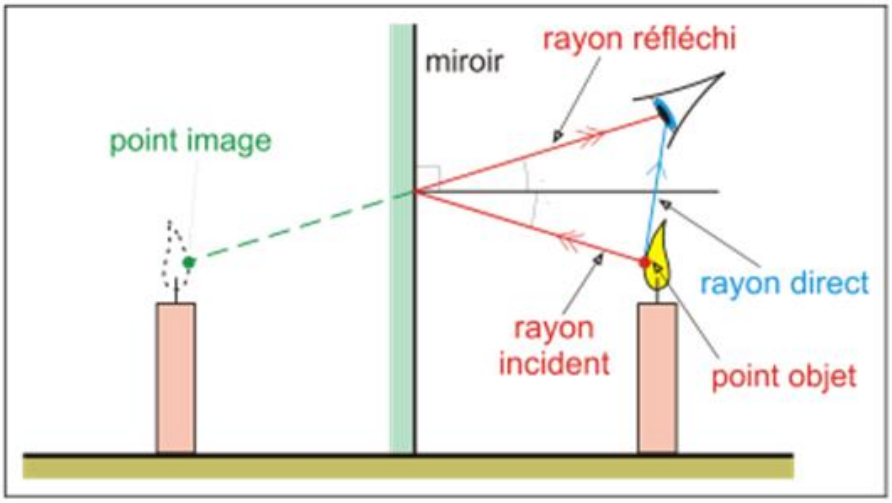


En se regardant dans un miroir, on voit sa propre image. Cette image n'est en fait qu'une illusion due à la réflexion de la lumière.

Caractéristiques de l'image :

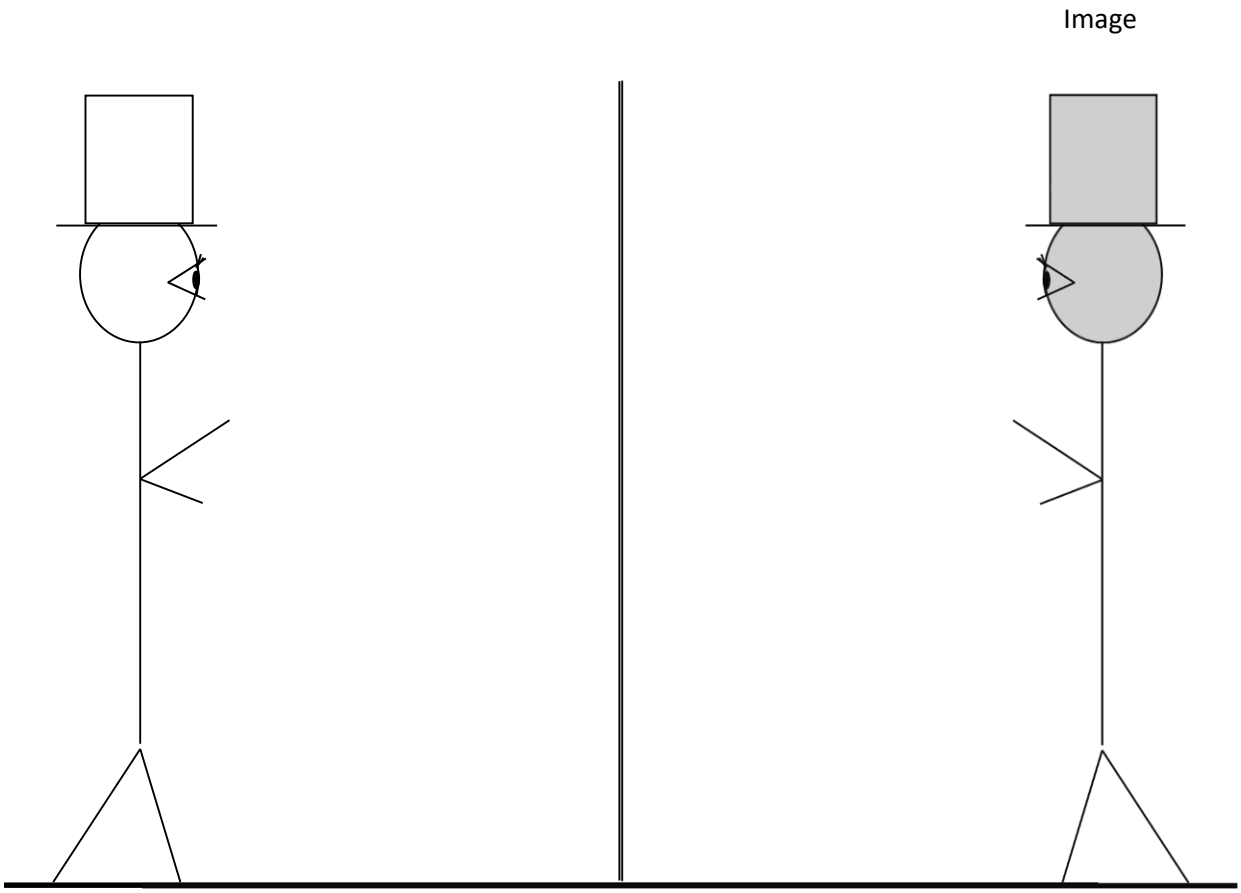
1. L'image apparait de manière symétrique par rapport au miroir (plier la feuille sur le miroir)

2. L'image est virtuelle.



Une image, située à l'intersection du prolongement des rayons réfléchis, est appelée image _____. Une telle image ne peut pas être captée sur un écran elle n'est donc pas réelle.
Dessiner le rayon qui provient de la base de la chandelle et tombe dans l'oeil.

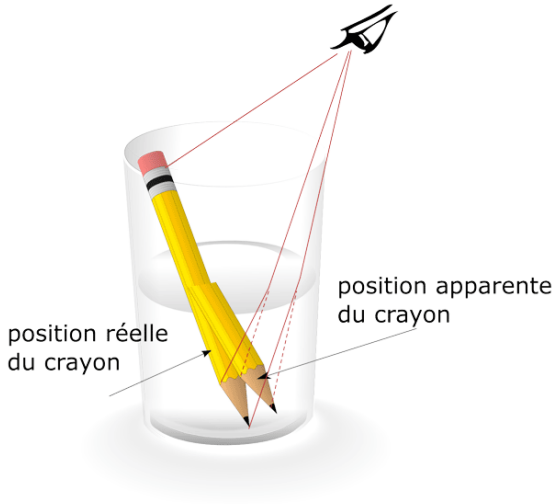
3) Face à un miroir plan vertical se trouve un observateur avec chapeau de hauteur h=1,90m et dont les yeux se situent à y=1,70 m du sol.
Quelle longueur minimale doit avoir le miroir et à quelle distance doit-il se trouver du sol pour que l'observateur s'y voie en entier ?



5 La réfraction de la lumière

5.1 Expériences :

1) Crayon dans l'eau

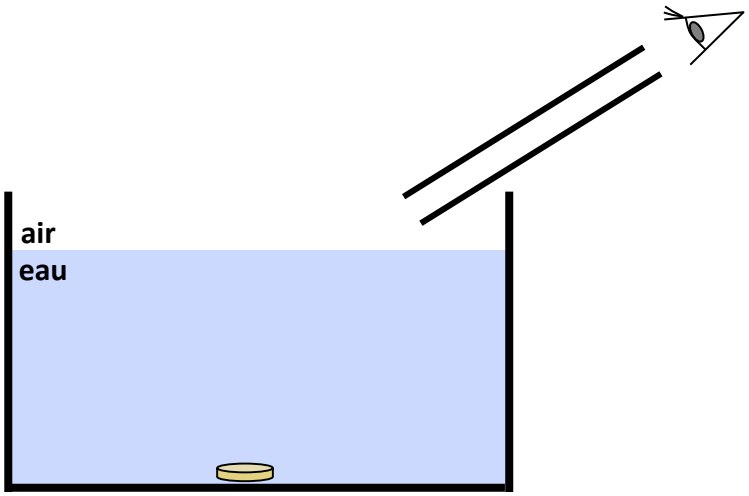


Si on plonge un crayon dans l'eau, il a l'air tordu ou brisé.

Les traits rouges (non pointillés) représentent les rayons lumineux tels qu'ils traversent l'eau et l'air. Dans l'air, le rayon n'est pas dévié (voir celui d'en haut).
Dans l'eau, le rayon est dévié, mais comme l'œil pense que le rayon vient en ligne droite, il a l'impression que le crayon est ailleurs. Pour l'œil la partie du crayon sous l'eau se trouve plus haut à la fin du trait rouge en pointillé.
Ceci nous donne une image « brisée » du crayon.

2) Pièce de monnaie dans l'eau

On fixe un tube de manière à pouvoir voire à travers une pièce de monnaie placée au fond d'un bac rempli d'eau. On glisse ensuite une tige à par ce tube afin de toucher la pièce de monnaie.



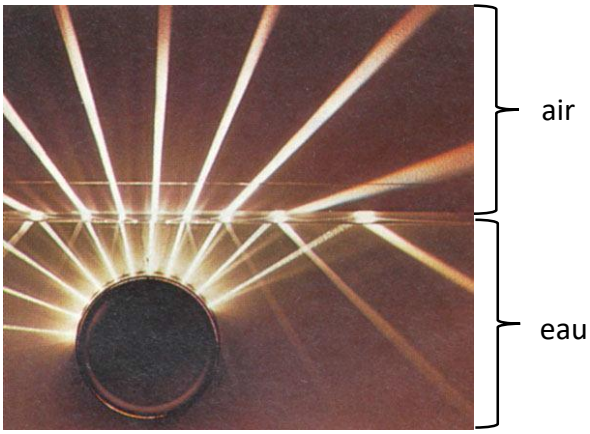
Est-ce qu'on touche la monnaie ?

Pourquoi l'œil se trompe en extrapolant la position de la monnaie sous l'eau ?

Où faut-t-il viser ? Plus près ou plus loin que ce qu'on voit ?

3) Source lumineuse sous eau

Observons des rayons lumineux se propageant d'abord dans l'eau puis dans l'air.



Conclusion : Un rayon non perpendiculaire à la surface de séparation des deux milieux transparents y subit un brusque _____.

Remarque : Lors d'une réfraction de la lumière, on constate toujours la présence d'un rayon réfléchi ; la surface de séparation des deux milieux (le dioptre) se comporte donc aussi comme _____.

La ***réfraction*** est le changement de direction que subit un rayon lumineux quand il traverse la surface (le dioptre) séparant deux milieux transparents différents.

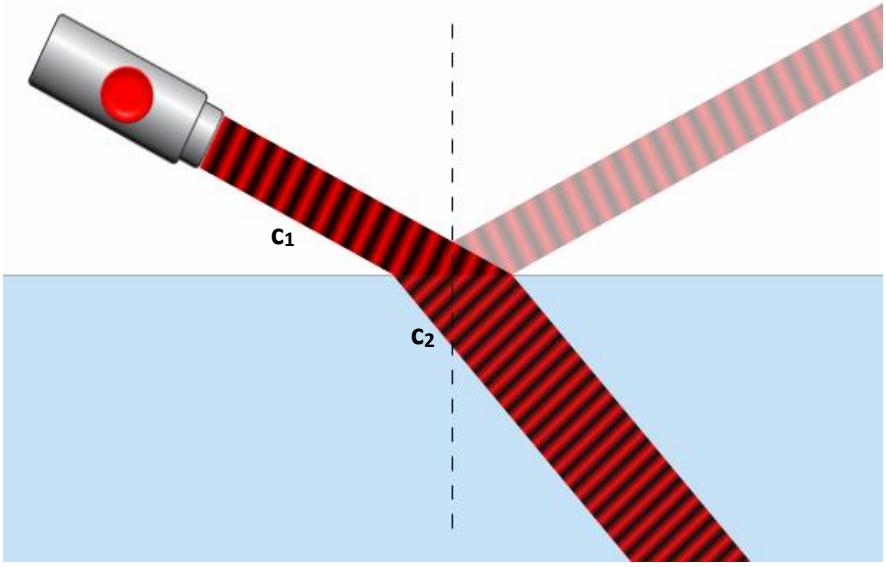
5.2 Explication :

Le changement de direction des rayons qui passent d'un milieu transparent dans un autre est dû au fait que la vitesse de la lumière change.

On dit qu'un milieu est **plus réfringent qu'un autre** si la vitesse de propagation de la lumière dans ce milieu est plus petite que dans l'autre milieu.

La vitesse de la lumière dans le vide est d'environ $c_0=3\cdot10^8$ m/s. Dans tous les autres milieux transparents, la lumière se propage toujours à une vitesse c inférieure à c_0 et on définit

Indice de réfraction $n = \frac{c_0}{c}$ *(n est toujours plus grand que 1) cf page 2*



Dans ce cas $c_1 > c_2$ et $n_1 < n_2$. Simulation.

Analogie : Musique qui marche en rangs et tombe sur un terrain boueux (pas plus petits).

5.3 Loi de la réfraction

Expérience 1 :
On dirige un faisceau laser tangentiellement au plan d'un disque gradué vers le centre de celui-ci sur le côté plan d'un demi-disque en plexiglas.
Dans cette expérience la lumière passe **d'un milieu moins réfringent dans un milieu plus réfringent. Le rayon se rapproche de la normale !**

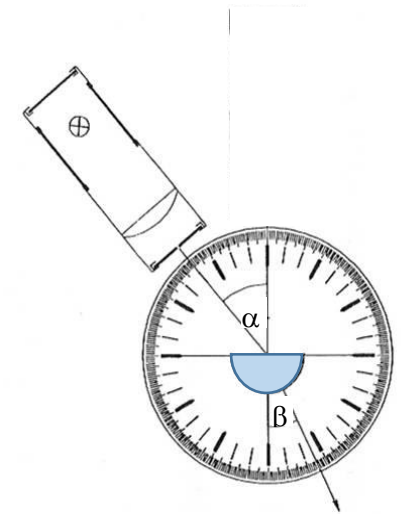
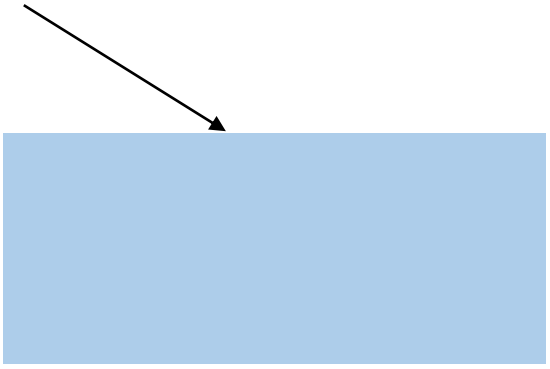


Schéma :



α (°)	β (°)	α/β	sin(α)	sin (β)	sin(α)/sin(β)
0					
20					
40					
60					

Conclusions :

1) Pour α > 0°, l'angle de réfraction _____ que l'angle d'incidence.

2) Indices de réfractions :premier milieu air n_1= deuxième milieu plexiglas n_2=

Calculez le rapport n_2/n_1 :

Donc :

Expérience 2 :
On répète l'expérience, mais cette fois le rayon lumineux passe du plexiglas dans l'air. Donc la lumière passe **d'un milieu plus réfringent dans un milieu moins réfringent. Le rayon s'écarte de la normale!**

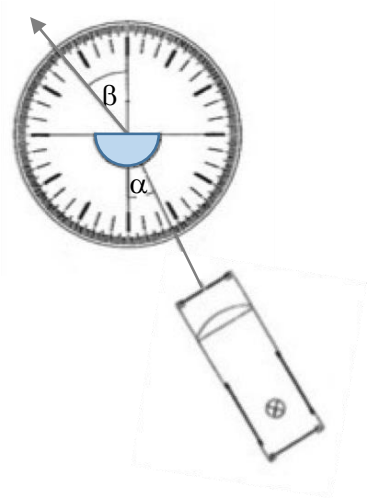
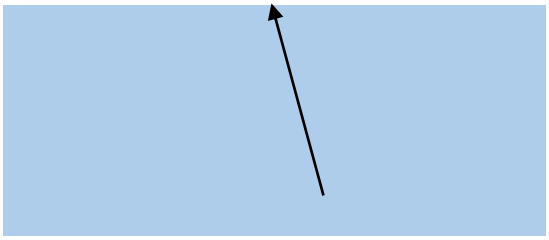


Schéma :



α (°)	β (°)	α/β	sin(α)	sin (β)	sin(α)/sin(β)
0					
10					
20					
30					

Conclusions :

1) Pour α > 0°, l'angle de réfraction est _____ que l'angle d'incidence.

2) Pour $\alpha = \alpha_L \approx$ _____ β atteint 90°. Pour tout angle supérieur à α_c on n'observe plus de réfraction mais une **réflexion totale**. On appelle **α_L l'angle d'incidence limite** !

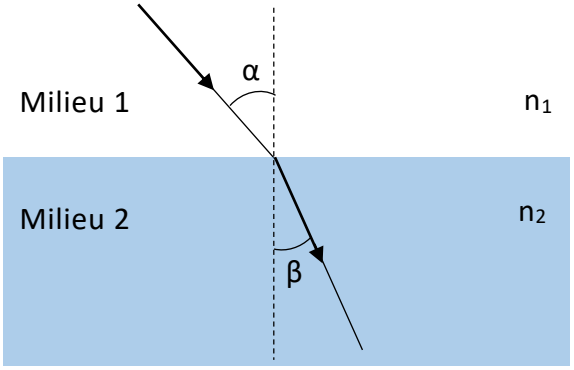
3) L'indice de réfraction : 1er milieu (_____) : n_1 = 2e milieu (_____) : n_2=

A nouveau on a : $\boxed{\frac{n_2}{n_1} = \frac{\sin\alpha}{\sin\beta}}$

Loi de réfraction (Snell-Descartes) :

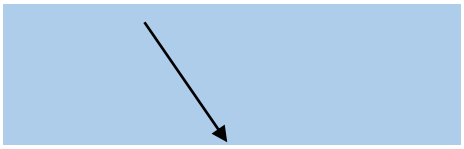
1. $\mathbf{n_1 \cdot \sin \alpha_1 = n_2 \cdot \sin \alpha_2}$

2. Plan de réfraction = Plan d'incidence

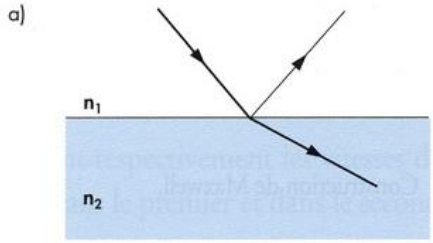


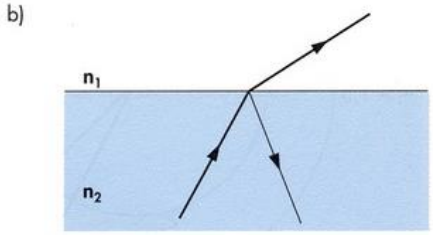
Exercices :

1) a) Complète le schéma suivant !
Le milieu 1 est plus réfringent que le milieu 2.



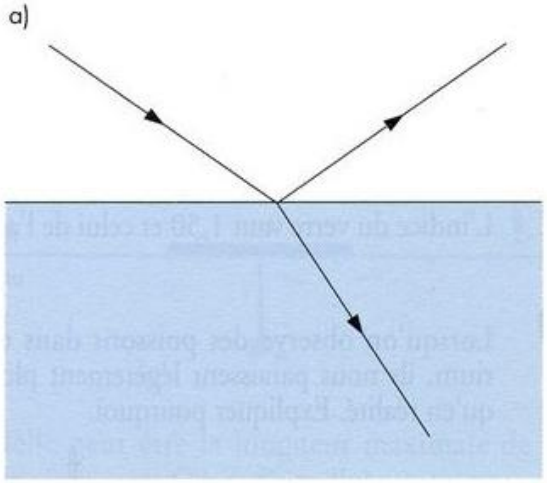
b) Indiquer lequel des 2 milieux est plus réfrigent

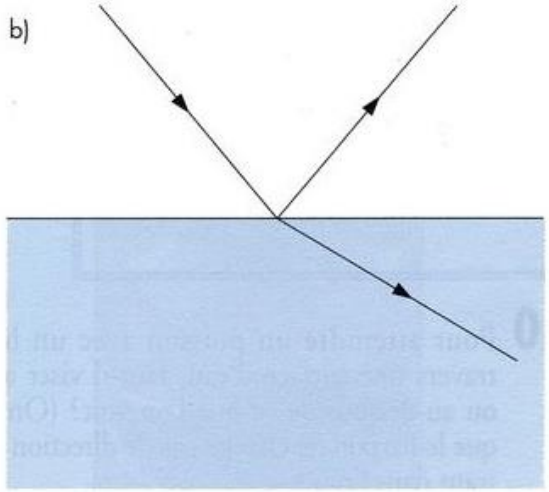




2) Sur la figure mesurer l'angle d'incidence et de réfraction pour déduire n du 2ième milieu.

a) $n_1=1$ b) $n_1=1,6$





3) a) La vitesse de propagation de la lumière dans l'eau est de $2,25 \cdot 10^8$ m/s. Quel est l'indice de réfraction de l'eau ?

b) L'indice de réfraction du plexiglas est de 1,50. Quelle est la vitesse de propagation de la lumière dans ce milieu ?

4) Un élève a noté, comme réponse à un calcul : indice de réfraction du second milieu est de 0,84. On peut affirmer que cette réponse est fausse pourquoi ?

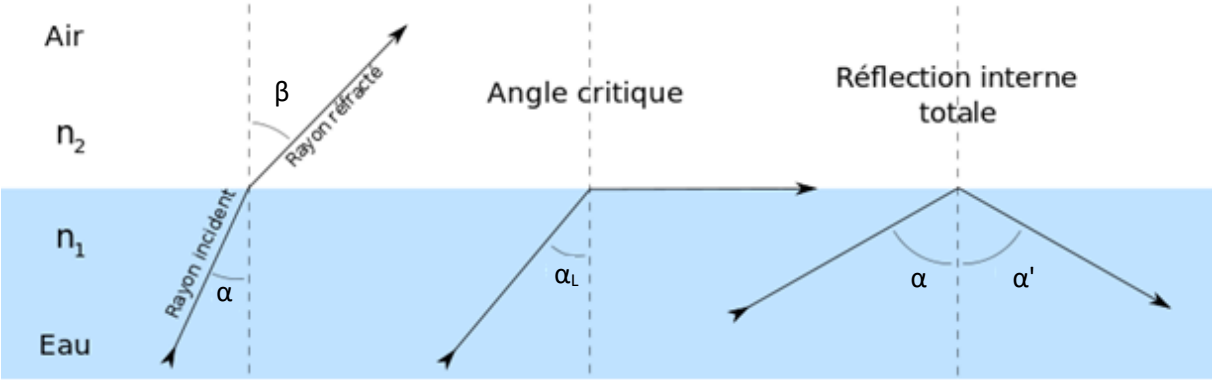
5) a) Calculer l'angle de réfraction pour un rayon lumineux passant de l'air dans l'eau si l'angle d'incidence est de 73° ?

b) Calculer l'angle d'incidence pour un rayon lumineux passant de l'air dans le verre si l'angle de réfraction est de 38°.

5.6 Application réflexion totale

Nous avons vu que lors du passage vers un milieu moins réfringent le rayon réfracté disparaît si si $\alpha > \alpha_L$. Dans ce cas toute la lumière est réfléchie : il y a réflexion totale.

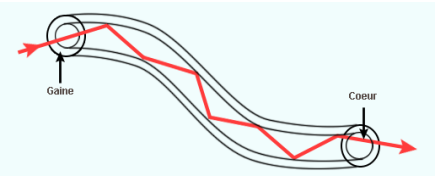
L'angle d'incidence à partir duquel le rayon réfracté n'existe plus est appelé angle critique où angle limite de réfraction α_L.

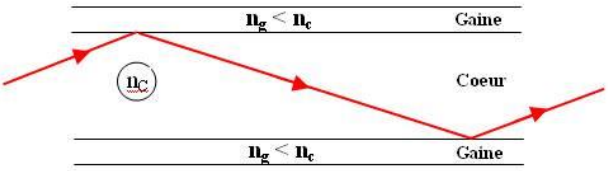


L'angle critique ce calcule à partir de l'indice de réfraction :

Fibre optique:

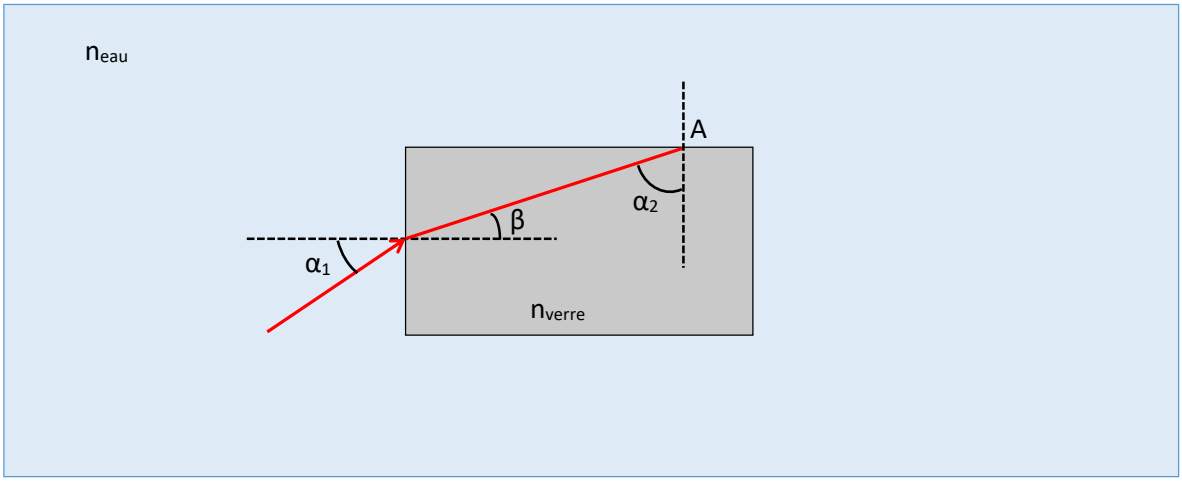
La réflexion totale est utilisée dans les fibres optiques. Une fibre optique permet de transporter des signaux grâce à la lumière.





Exercices :

1)

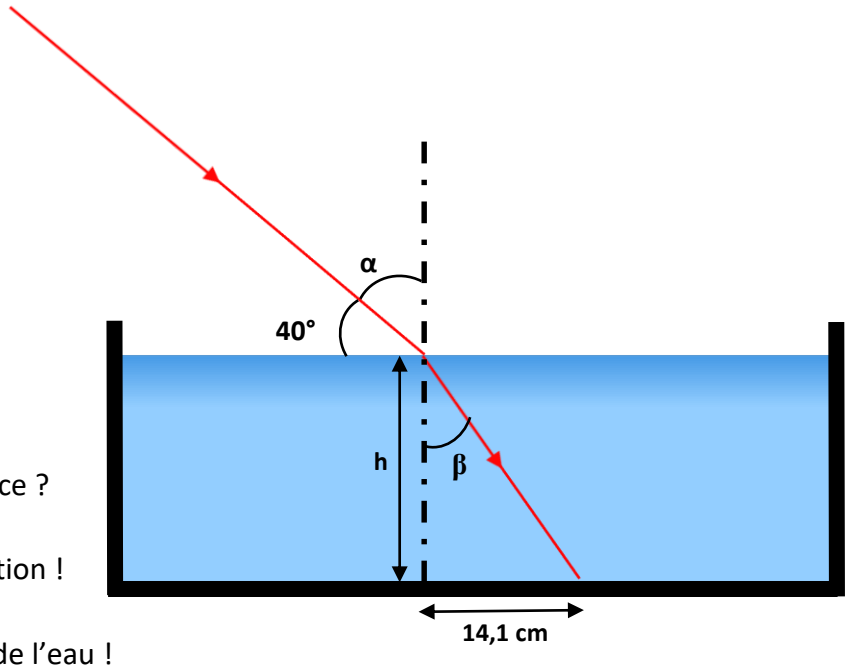


Indice de réfraction de l'eau : n_{eau} = 1,33
Indice de réfraction du verre : n_{verre} = 1,5
Angle d'incidence : α_1 = 25°.

a) Calculez l'angle de réfraction β ! [22°]
b) Déterminez l'angle α_2 ! [68°]
c) Est-ce que le faisceau lumineux sortira du verre au point A ?

2) Calculez l'angle critique pour la lumière qui passe d'un diamant dans l'eau !

3) Un rayon lumineux passe de l'air dans l'eau en faisant un angle de 40° avec le dioptre. (n_{air} =1 ; n_{eau} =1,33)



a) Quel est l'angle d'incidence ?

b) Calculez l'angle de réfraction !

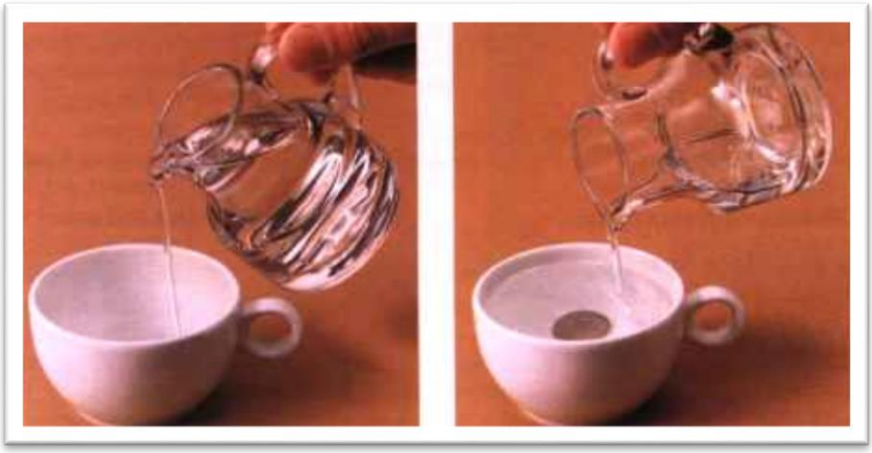
c) Calculez la profondeur h de l'eau !

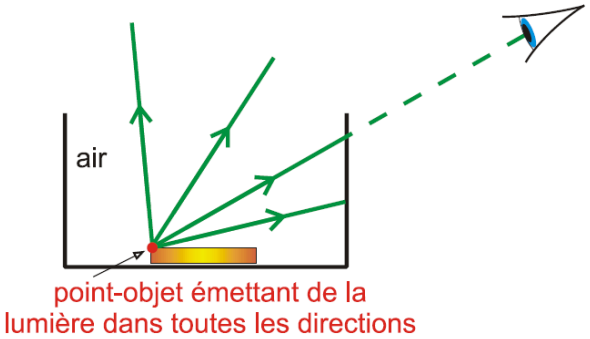
4) Pièce de monnaie devient visible

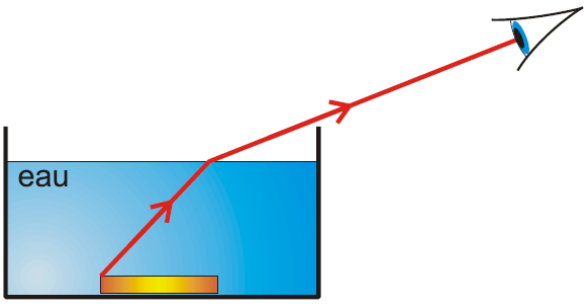
À l'aide de l'eau on peut rendre une pièce de monnaie qui se trouve au fond d'une tasse visible.

Sans eau dans la tasse, aucun rayon émis par la pièce n'aboutit à l'œil.

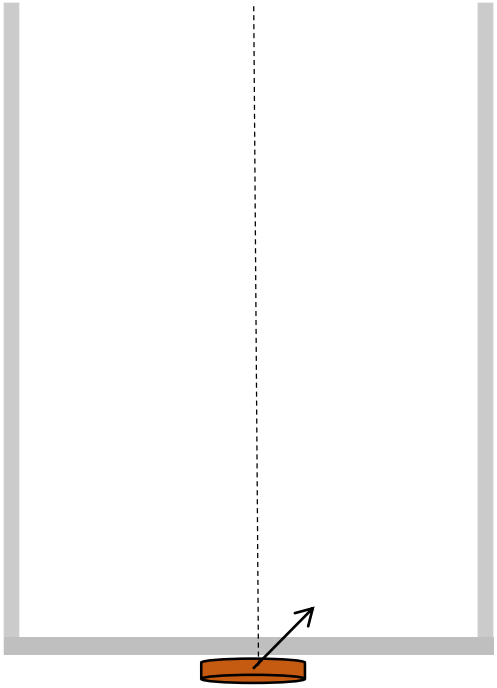
Par contre, en présence d'eau, les rayons émis par la pièce sans réfracté à la surface d'eau.







5) Pièce de monnaie devient invisible



Remarque :

Si la vitesse de la lumière est _____ dans deux milieux différents, les deux milieux on le même indice de réfraction.

Dans ce cas on n'observe pas de _____ _____ ! (voir photo à droite) On voit donc le bâton en verre dans l'eau, mais pas dans l'huile au-dessus parce que l'huile a presque exactement le même indice de réfraction que le verre.

Un autre Exemple d'un corps (les boules de gel) ayant même indice de réfraction que l'eau environnant.