

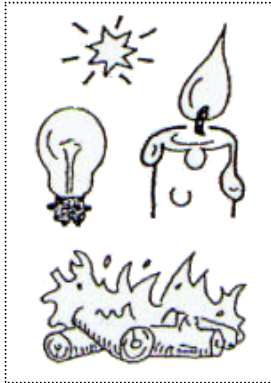
01

La propagation de la lumière

Type d'activité :

Séance de cours

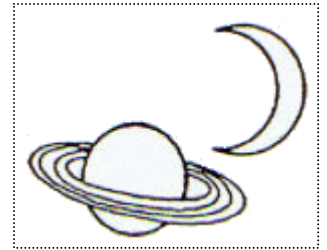
Les sources de lumière



► Les sources de lumière sont très variées ; il y a deux grandes catégories de sources :

- **les sources primaires** produisent elles-mêmes la lumière qu'elles émettent (*soleil, étoiles, lampe, DEL, laser...*)

- **les sources secondaires** réfléchissent ou diffusent la lumière provenant d'une source primaire (*la lune, les objets qui nous entourent...*)



Propagation de la lumière

► Dans un milieu homogène et transparent, la lumière se propage en ligne droite

► On modélise le trajet de la lumière entre 2 points par des segments de droite orientés, appelés rayons lumineux

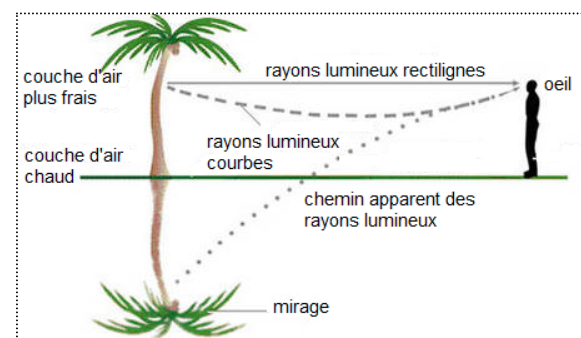


Fermat (*mathématicien français 1601-1665*) a mis en place un principe :

"Pour aller d'un point à un autre, un rayon lumineux suit toujours le chemin qui lui prend le moins de temps".

Dans un milieu transparent et homogène, la lumière se propage donc en ligne droite puisque c'est le chemin le plus rapide pour relier deux points quelconques

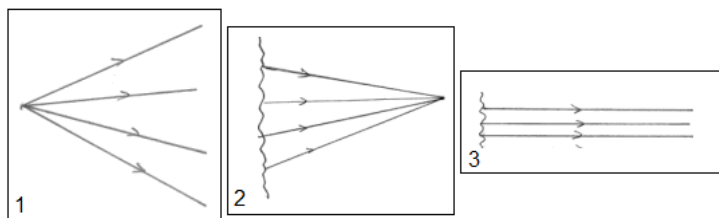
Lorsque le milieu n'est plus homogène (en température ou en constitution), le trajet de la lumière n'est plus rectiligne mais courbe : on observe alors des **mirages**



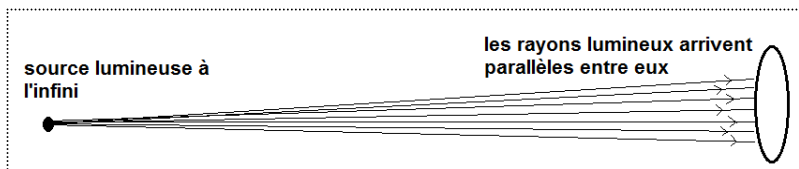
Le faisceau de lumière

► Un faisceau de lumière est un ensemble de rayons lumineux émis par une source primaire, ou diffusés par une source secondaire ; on les classe en **trois catégories** :

- les faisceaux divergents (1)
- les faisceaux convergents (2)
- les faisceaux cylindriques (3)



▶ Lorsqu'une source lumineuse se trouve très loin de l'objet recevant cette lumière (*miroir, lentille, œil...*), on dit que la source de lumière est à l'infini



↳ Le faisceau lumineux arrivant sur l'objet est alors cylindrique : les rayons sont parallèles entre eux

La déviation de la lumière

▶ Lorsque la lumière rencontre un obstacle (*surface d'un objet, particule de gaz ou de fumée...*), sa trajectoire est déviée. Elle peut être alors **réfléchie, diffusée, absorbée, réfractée** par l'obstacle.

Un peu de vocabulaire ...

→ On appelle :

- **rayon incident**, le rayon lumineux qui arrive sur l'obstacle
- **normale**, une droite perpendiculaire à la surface de l'obstacle au point où le rayon lumineux atteint la surface

→ Les angles sont mesurés entre les rayons et la normale à la surface au point de contact

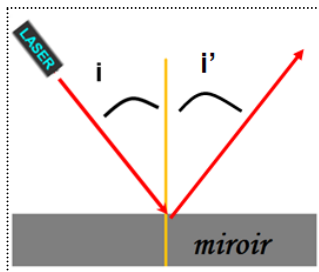
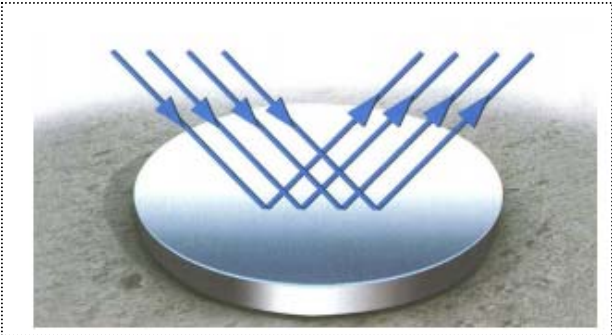
La réflexion de la lumière par les surfaces

▶ Lorsque de la lumière arrive sur la surface d'un objet, cette dernière la renvoie: **on parle de réflexion de la lumière.**

(1) La réflexion spéculaire :

▶ On parle de réflexion spéculaire lorsque la réflexion a lieu sur une surface lisse (*dont les aspérités ont une taille inférieure à la quelques centaines de nanomètres, 10^{-7} m*).

Lorsqu'un faisceau de rayons parallèles frappent une surface lisse, les rayons sont réfléchis parallèlement entre eux



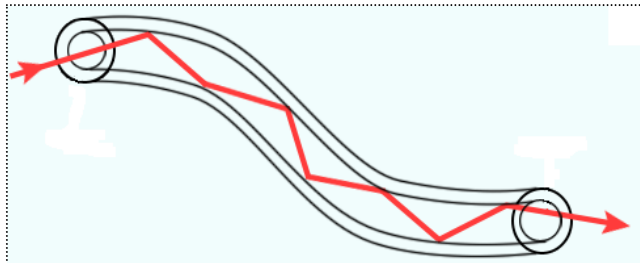
↳ On a alors la loi de Snell-Descartes pour la réflexion :
Si un rayon incident fait un angle i avec la normale à la surface, le rayon réfléchi fait un angle i' avec cette même normale, tel que $i = i'$

▶ La réflexion spéculaire se produit pratiquement à la surface de l'objet (*la lumière n'est entrée à l'intérieur du matériau que sur une longueur de quelques nanomètres*). Sur un trajet aussi faible, il y a peu d'interaction de la lumière avec la matière de l'objet (*notamment ses pigments*). La couleur de la lumière réfléchie est donc proche de la couleur de la lumière reçue.

Ainsi, lorsque la lumière qui éclaire l'objet est blanche, la lumière réfléchie lors de la réflexion spéculaire est blanche elle aussi.

Applications

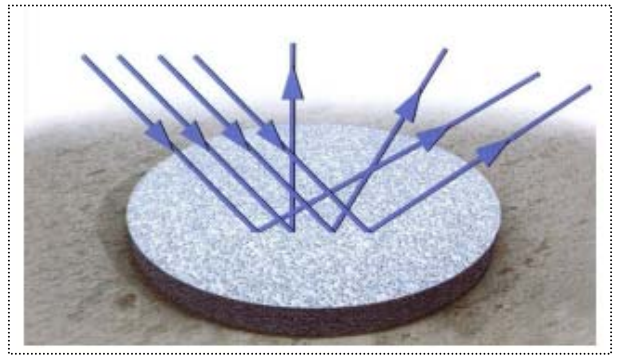
Propagation de la lumière dans une fibre optique



(2) La réflexion diffuse :

► On parle de réflexion spéculaire lorsque la réflexion a lieu sur une surface rugueuse (dont les aspérités ont une taille supérieure à la quelques centaines de nanomètres, 10^{-7} m).

Lorsqu'un faisceau de rayons parallèles frappent une surface rugueuse, les rayons sont réfléchis dans toutes les directions



► La lumière qui entre dans ce matériau rugueux, du fait de ses irrégularités ou de ses inhomogénéités, accomplit un trajet chaotique avant de ressortir dans une direction aléatoire. Lors de ce trajet dans le matériau, la lumière interagit avec les pigments de la matière et ressort colorée

Applications: *La couleur des objets*

La diffusion de la lumière par les particules

► Lorsque la lumière rencontre un atome ou une molécule, elle est réémise dans toutes les directions : **on parle de diffusion de la lumière**

Cette diffusion par les particules dépend de la taille des particules et de la couleur (longueur d'onde) de la lumière

Remarque

Un rayon lumineux ne se voit pas: ce sont les poussières ou autres particules éclairés par ce rayon que l'on voit, en diffusant la lumière qu'elles reçoivent

Applications: *La couleur du ciel et du soleil*

La couleur du ciel est le résultat de la diffusion de la lumière solaire par l'atmosphère. Si celle-ci n'existait pas, on verrait une voûte céleste toute noire et les étoiles seraient visibles en plein jour.

La lumière blanche du Soleil est un mélange de toutes les couleurs de l'arc-en-ciel (violette, bleue, verte, jaune, orange, rouge). Chaque couleur a sa propre longueur d'onde (plus petite pour les couleurs violettes, bleues que pour les couleurs orange, rouge).

Quand les rayons solaires entrent dans l'atmosphère, ils rencontrent les atomes, les molécules d'air, les gouttes d'eau et la poussière dont est constituée l'atmosphère.

Or, les molécules de l'atmosphère diffusent beaucoup plus les longueurs d'onde très courtes que les longueurs d'ondes plus grandes

Lorsque le soleil est haut sur l'horizon, les couleurs violettes, bleues et vertes sont donc plus largement diffusées que les couleurs jaunes, oranges et rouges : le ciel apparaît alors bleu et le soleil jaune.

Les différentes nuances de bleu que prend le ciel dépendent de la quantité de vapeur d'eau et de poussières présentes dans l'air. Plus il y a des gouttes d'eau et de poussière dans l'air, plus la diffusion est amplifiée augmentant ainsi la proportion de vert et de jaune, donnant une teinte plus claire au bleu. Par contre, l'absence de poussière et de gouttes d'eau permettent à la radiation bleue de se renforcer (comme dans les hautes montagnes).

Lorsque le soleil est couchant, la lumière traverse une plus grande épaisseur d'atmosphère. Ainsi, les courtes longueurs d'ondes comme le bleu, violet, vert, jaune, orange sont davantage diffusées, si bien que les longueurs d'ondes encore en lice sont plutôt rouges... Et le soleil apparaît donc rouge, alors que le ciel prend une jolie teinte rosée voire violette!

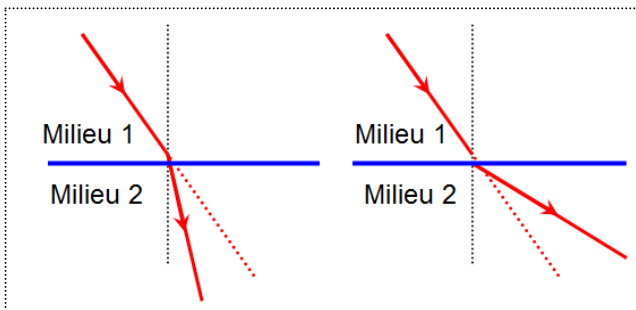
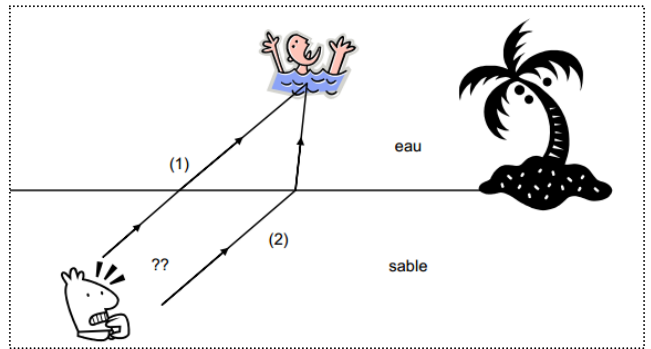
La réfraction de la lumière dans les milieux transparents

► Lorsque la lumière passe d'un milieu à un autre, elle change de vitesse. Ce changement de vitesse s'accompagne d'un changement de direction : **on parle de réfraction de la lumière**

► Supposons un maitre-nageur sauveteur qui aperçoit depuis les berges d'un lac un malheureux nageur imprudent sur le point de se noyer. Sachant que pour le rejoindre le maitre-nageur devra successivement courir puis nager, et qu'il court plus vite qu'il ne nage, quel est le trajet le plus rapide qu'il devra emprunter ?

→ Le trajet le plus rapide ne sera pas le trajet (1) le plus court en distance, car on se déplace moins vite dans l'eau que sur le sable...

→ La lumière comme le sauveteur choisira le trajet le plus rapide !!

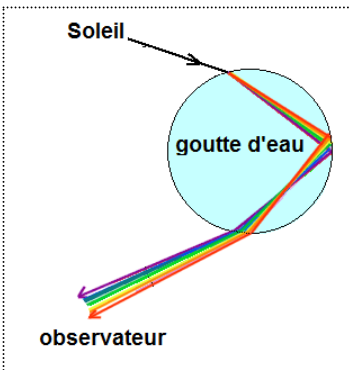


↳ Suivant la nature des milieux (donc de la vitesse de la lumière dans ces milieux), on aura les déviations ci-contre :

Cas1 : Lorsque la vitesse de la lumière est plus importante dans le milieu 1 que dans le milieu 2

Cas2 : Lorsque la vitesse de la lumière est plus importante dans le milieu 2 que dans le milieu 1

Applications



(a) Réfraction de la lumière par les gouttes de pluies : l'arc en ciel

Chaque couleur « voyage » à une vitesse différente, chaque couleur est donc réfractée différemment

(b) Le poisson dans l'eau

Le rayon lumineux provenant du poisson sort de l'eau et est dévié (phénomène de réfraction de la lumière) ; il pénètre dans l'œil du pêcheur.

En prolongeant ce rayon lumineux, le pêcheur voit le poisson à un endroit où il ne se trouve pas en réalité

