

Optique

L'optique est l'étude des phénomènes lumineux, donc de tous les phénomènes qui se rapportent aux ondes électromagnétiques visibles.

*Nous nous limiterons à l'**Optique géométrique** : propagation rectiligne de la lumière, réflexion et réfraction de la lumière, lentilles.*

Chapitre 1 : Visibilité. Propagation de la lumière

1. Sources et récepteurs de lumière

a) Sources

- * On appelle source lumineuse tout corps qui émet de la lumière. On distingue les corps qui **produisent eux-mêmes la lumière** qu'ils émettent, et ceux qui **diffusent la lumière** qui les éclaire.
- * « Un corps diffuse de la lumière » veut dire que le corps absorbe toute (ou une partie de) la lumière qui l'illumine, et en réémet presque instantanément une partie dans toutes les directions.
- * Sources naturelles : Soleil, étoiles, foudre, aurore polaire, feu, ...
- * Sources artificielles : flamme d'une bougie, filament à incandescence, laser, ...
- * Origine de la lumière : incandescence, luminescence (tube fluorescent, écran TV, ...), passage du courant électrique à travers un gaz, réactions chimiques, fusion de l'hydrogène (étoiles), ...

b) Récepteurs

- * L'œil est évidemment un récepteur de lumière : il nous permet de voir.
- * Capteur CCD de l'appareil photographique numérique : il permet d'enregistrer les informations transportées par la lumière.
- * Papier photographique : une émulsion composée de gélatine, de chlorure et bromure d'argent réagit chimiquement lorsqu'elle est éclairée, et permet donc de fixer une image.
- * Cellule photoélectrique : récepteur électrique dont les caractéristiques dépendent de la lumière reçue.
 - Cellule photovoltaïque : apparition d'une tension à l'éclairage
 - Photorésistor : modification de la résistance par l'éclairage

2. Propagation rectiligne de la lumière

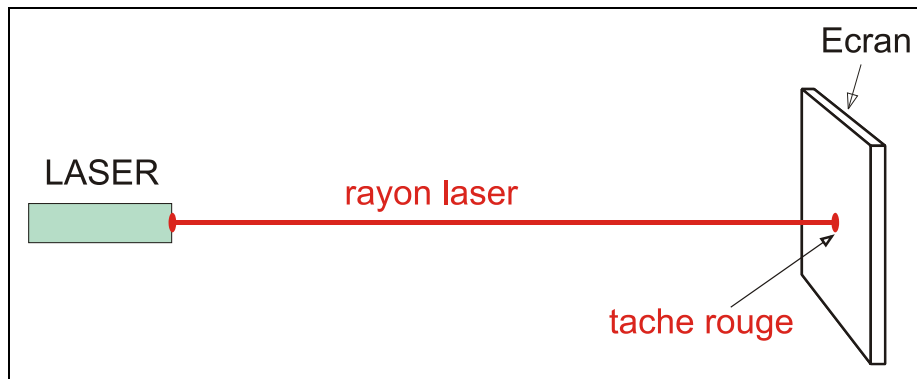
a) Que signifie « voir » ?

Expériences

1. Dans l'obscurité, visons un écran blanc avec un laser.
2. Répétons l'expérience en saupoudrant de la poussière de craie ou en pulvérisant des gouttelettes d'eau entre le laser et l'écran.
3. Plaçons un carton opaque devant nos yeux.

Observations

1. Nous apercevons une tache rouge sur l'écran. Le faisceau laser est pratiquement invisible.
2. Les poussières de craie permettent de bien voir le faisceau laser.



3. Ni le faisceau ni la tache rouge ne sont visibles.

Interprétations

- 1 et 2. Le faisceau n'est visible que si des particules disséminées dans le faisceau diffusent vers notre œil une partie de la lumière du laser.
3. Un corps opaque placé devant les yeux empêche la lumière à entrer dans les yeux.

Conclusions

1. Nous ne voyons pas la lumière du faisceau. Notre œil reçoit une partie de la lumière diffusée par les particules qui s'y trouvent, ce qui nous le rend perceptible.
2. Pour être vu d'un observateur, un objet doit être lumineux et la lumière qu'il reçoit doit parvenir jusqu'à l'œil de l'observateur.
« Voir » signifie « recevoir de la lumière dans les yeux » !

b) Propagation rectiligne de la lumière

L'expérience précédente a également montré que le faisceau laser rendu visible par des poussières de craie ou les gouttelettes d'eau en suspension dans l'air est rectiligne.

Conclusion : **Dans un même milieu transparent homogène, la lumière se propage en ligne droite.**

Attention : Ceci n'est pas vrai si la lumière passe d'un milieu dans un autre, comme par exemple de l'air dans l'eau !

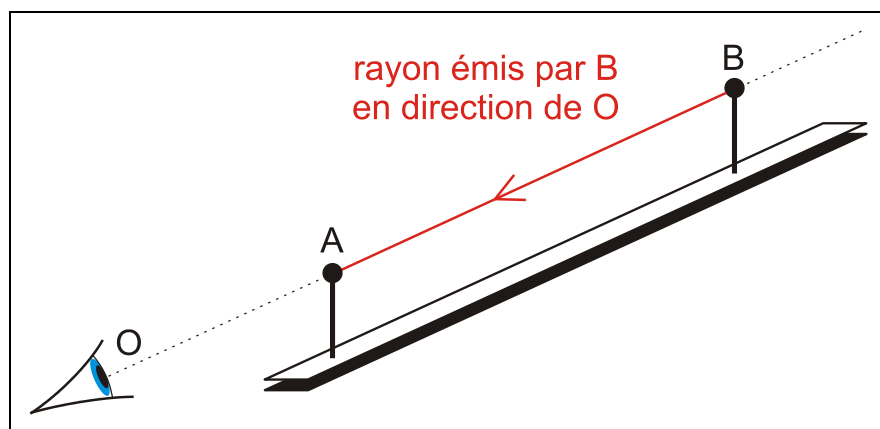
**c) Rayons et faisceaux lumineux**

On représente par un segment de droite le trajet accompli par la lumière pour aller d'un point à un autre dans le vide ou dans un milieu transparent homogène. Ces segments orientés dans le sens de propagation de la lumière sont appelés **rayons lumineux** ("Lichtstrahl").

Un **faisceau lumineux** ("Lichtbündel") est un ensemble de rayons lumineux.

d) Application : alignements

Plantons 2 épingles A et B dans une planche et plaçons l'œil en un point O tel que la pointe A masque la pointe B. Les 3 points O, A et B sont alors alignés.



Explication: Le rayon issu de B susceptible d'être capté par O se propage en ligne droite; il est arrêté par A, donc A se trouve sur la droite BO.

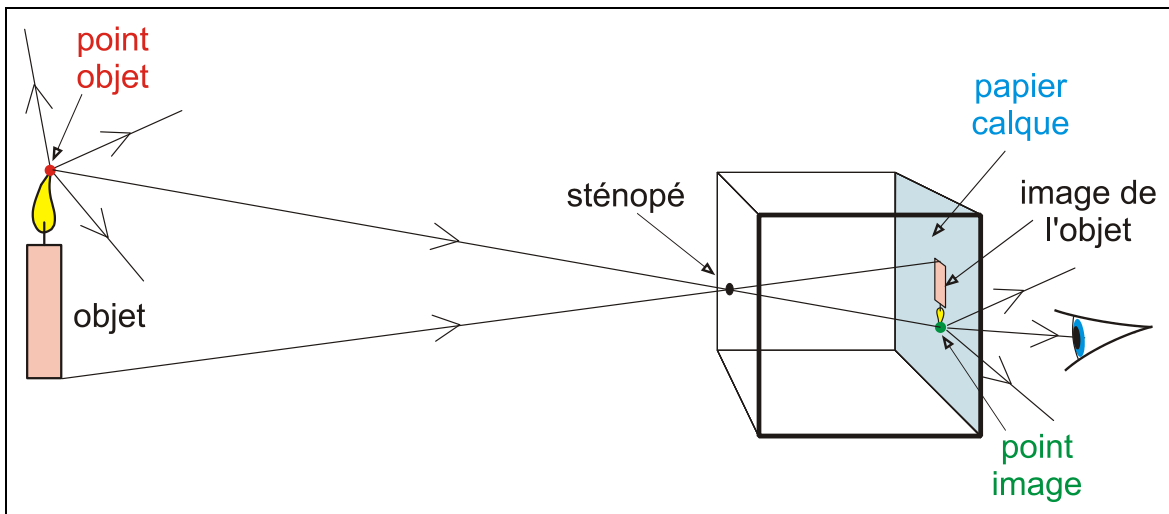
e) Corps opaques, transparents et translucides

- * Un corps est opaque si aucune lumière ne peut le traverser. Par contre, le corps diffuse normalement une partie de la lumière reçue. Le reste est absorbé et l'échauffe. Exemple : une pierre illuminée par les rayons solaires.
- * Un corps est transparent lorsqu'un mince faisceau lumineux formé de rayons parallèles arrive à le traverser sans grande perte d'énergie et que le faisceau sortant est toujours mince et constitué de rayons quasi-parallèles. Exemples : vitre, couche d'eau.
- * Pour un corps translucide par contre, le faisceau sortant n'est plus constitué de rayons parallèles mais de rayons allant dans tous les sens. Exemples : papier calque, verre dépoli.

f) Observation avec une chambre noire

Une chambre noire est une boîte fermée. D'un côté un petit trou (le sténopé) laisse entrer la lumière. Le côté opposé constitué d'une feuille de papier calque translucide sert d'écran. Afin de réaliser une relative obscurité au voisinage de l'écran, une visière à l'aide d'un carton noir a été appliquée.

- * Observons le monde extérieur à travers cette chambre noire : sur l'écran translucide nous apercevons une image colorée, peu lumineuse, renversée et assez floue.



- * Interprétation : Tout point lumineux des objets placés devant la chambre noire émet des rayons lumineux dans toutes les directions. Parmi ces rayons, il y en a un qui traverse le trou, en ligne droite, et frappe l'écran translucide en donnant lieu à un point image. Celui diffuse partiellement la lumière reçue de sorte que finalement un rayon entre dans l'œil de l'observateur.

3. Vitesse de la lumière

a) Vitesse finie

Les scientifiques ont cru longtemps que la propagation de la lumière était instantanée. Au 17^e siècle, on rejeta cette idée et on parvint à mesurer pour la première fois la célérité ou vitesse de propagation finie de la lumière.

Aujourd'hui on a déterminé expérimentalement la célérité de la lumière dans le vide, notée c :
 $c = 2,99792458 \cdot 10^8$ m/s. C'est une constante universelle !

En pratique, nous adopterons comme valeur approchée de la vitesse de la lumière dans le vide : $c = 3,00 \cdot 10^8$ m/s.

Dans les autres milieux transparents (eau, verre, ...), la lumière se propage toujours à une vitesse inférieure à $3,00 \cdot 10^8$ m/s.

Milieu	c (m/s)
vide	$3,00 \cdot 10^8$
eau	$2,25 \cdot 10^8$
plexiglas	$2,01 \cdot 10^8$
verre crown	$1,98 \cdot 10^8$
verre flint	$1,82 \cdot 10^8$
diamant	$1,25 \cdot 10^8$

b) Définition de l'année-lumière

L'année lumière, notée « al », est une unité utilisée en astronomie pour exprimer des distances. Elle correspond à la distance parcourue par la lumière dans le vide en une année (365,25 d).

$$1 \text{ al} = 9\,460\,730\,472\,580,800 \text{ km} \approx 9\,460 \text{ milliards de km} = 9,46 \cdot 10^{15} \text{ m}$$

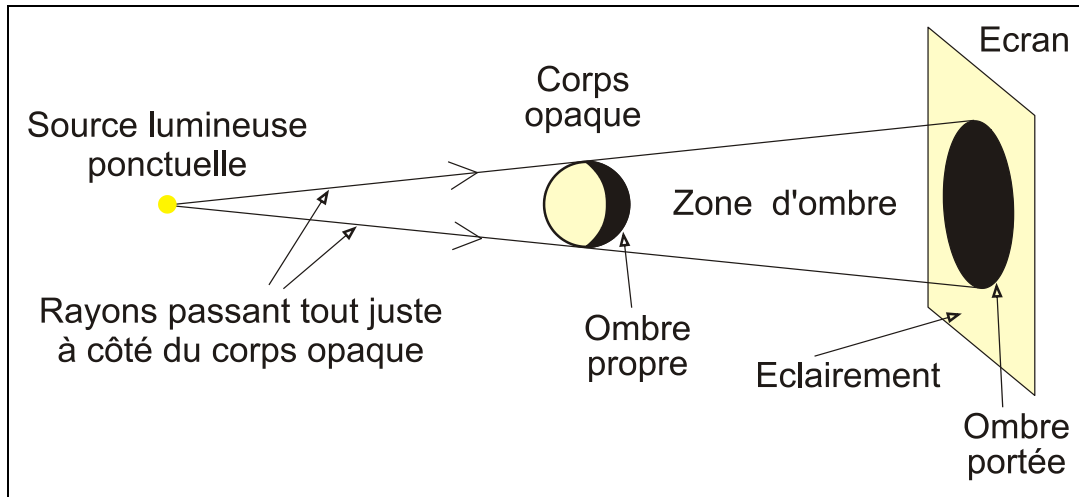
c) Terminologie : réfringence d'un milieu

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.

Exemple : le verre est plus réfringent que l'eau.

4. Ombres et éclipses

a) Source lumineuse ponctuelle



Le corps opaque présente 2 régions distinctes:

- l'une éclairée: elle reçoit directement les rayons lumineux, les absorbe et en émet tout de suite une partie dans toutes les directions (= diffusion de la lumière); cette partie est donc visible;
- l'autre obscure: c'est l'**ombre propre** qui n'est frappée par aucun rayon lumineux et ne peut donc pas en diffuser.

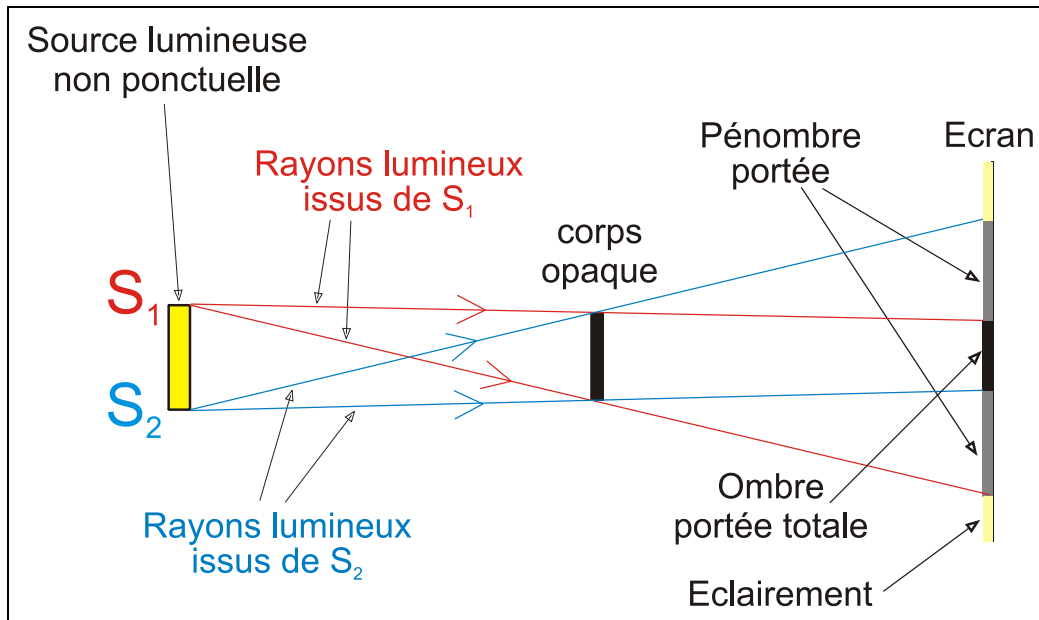
On observe 2 régions distinctes sur l'écran, l'une éclairée et l'autre obscure. Celle-ci est appelée **ombre portée**. Les frontières de l'ombre portée sont très nettes.

b) Source lumineuse non ponctuelle

Soient S_1 et S_2 les points extrêmes d'une source lumineuse étendue, par exemple d'un tube luminescent.

On observe sur l'écran une région d'éclaircissement intermédiaire variant d'un point à l'autre : c'est la **pénombre portée** ("Halbschatten").

En effet, chaque point de la pénombre n'est éclairé que par une partie de la source ; l'autre partie est occultée par le corps opaque.



c) Phases de La Lune

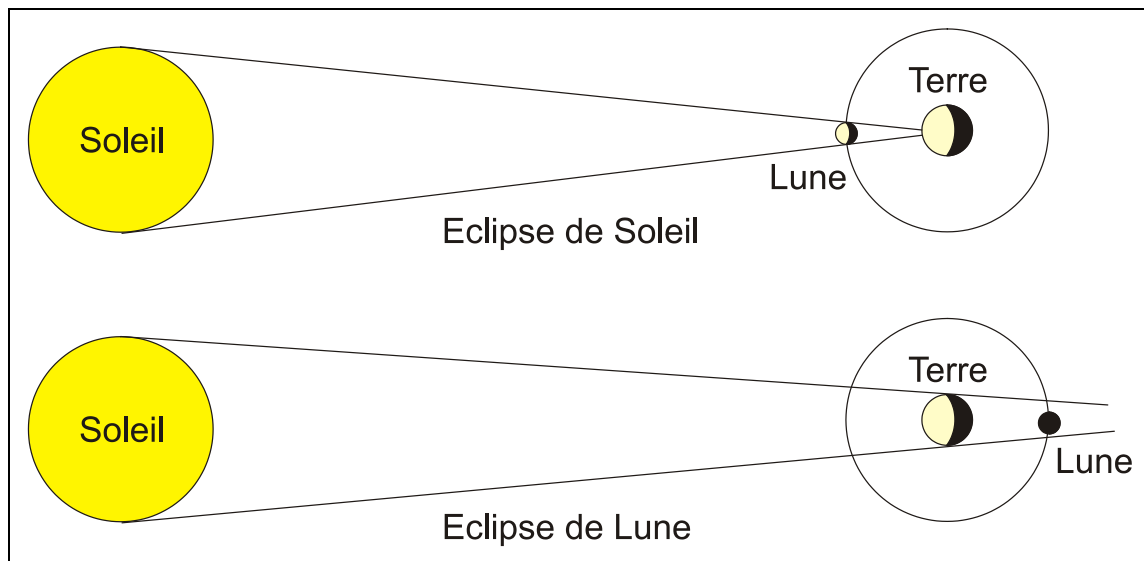
En observant la Lune nous observons une partie de son ombre propre. Celle-ci varie d'un jour à l'autre et détermine les phases de la Lune (pleine Lune, dernier quartier, nouvelle Lune, premier quartier) dont la succession dure 29,5 jours.



d) Éclipses

Il y a éclipse de Soleil ou de Lune lorsque les 3 astres Soleil, Terre et Lune sont alignés.

- * 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**. Ceci ne peut avoir lieu qu'à la nouvelle Lune.
- * 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. Ceci ne peut avoir lieu qu'à la pleine Lune.



5) Diffusion et couleur d'un corps

a) Lumière blanche et lumière colorée

La Lumière émise par le Soleil est appelée lumière blanche. Celle qui est émise par une lampe à incandescence n'est pas blanche, mais jaunâtre.

Lors de la formation d'un arc-en-ciel la nature de la lumière blanche nous est révélée : la lumière blanche est composée de toutes les couleurs de l'arc-en-ciel superposées. L'ensemble de ces couleurs est appelé **spectre de la lumière blanche**.



Si une partie de ce spectre fait défaut, ou est relativement moins prononcée que pour la lumière blanche, la lumière nous apparaît colorée. Ainsi elle nous apparaît jaunâtre si la partie des couleurs vert/bleu/violet est moins importante que pour la lumière blanche (exemple : Soleil jaune lors de son coucher). Par contre, elle nous apparaît bleuâtre si l'intensité des couleurs rouge/orange/jaune du spectre est plus faible (exemple : bleu du ciel).

b) Couleur d'un corps

« Un corps diffuse de la lumière » veut dire que le corps absorbe toute la lumière qui l'illumine et en émet presque instantanément une partie dans toutes les directions.

Si le corps est éclairé par de la lumière blanche et qu'il nous apparaît de couleur rouge alors en principe, il diffuse fortement les couleurs proches du rouge et ne diffuse que faiblement les couleurs proches du bleu.

Pour que le corps puisse diffuser de la lumière d'une certaine couleur il faut normalement qu'il ait pu absorber de la lumière de cette couleur. Il faut donc qu'il ait été illuminé par de la lumière contenant cette couleur.

Exercices supplémentaires

1 Année lumière

Exprimer une année lumière en mètres sachant qu'une année a 365,25 jours.

2 Distance Terre – Nuage de Magellan

Dans le Nuage de Magellan, galaxie naine tournant autour de la Voie lactée, une étoile massive a explosé il y a 170 000 ans environ. La lumière de l'explosion a atteint la Terre le 23 février 1987. Ce soir-là, Ian Shelton, un astronome canadien, observant le ciel à l'œil nu, a remarqué la présence d'une nouvelle étoile dans le Nuage de Magellan. C'était une supernova, résultat de l'explosion d'une étoile. À quelle distance de la Terre (en km) la supernova se trouve-t-elle ?

3 Distance Terre - Lune

Des réflecteurs à rayon laser ont été déposés à la surface de la Lune lors des différentes missions lunaires Apollo. Depuis la Terre, on vise un réflecteur à l'aide d'un faisceau laser et on mesure la durée t séparant l'émission de la réception. Lors d'une expérience, on a trouvé: $t = 2,51$ s.

- Déterminer la distance entre les surfaces des deux astres.
- En déduire la distance entre leurs centres.

Données : rayon de la Terre $R_T = 6,40 \cdot 10^3$ km, rayon de la Lune $R_L = 1,74 \cdot 10^3$ km.