

FORMATION DES PERSONNES-RESSOURCES EN SCIENCE ET TECHNOLOGIE

La lumière

André Grandchamps
Astronome

Planétarium de Montréal



Source: Nasa

DOCUMENT DE TRAVAIL

©2005 - Planétarium de Montréal. Tous droits réservés.

La lumière est omniprésente dans notre vie. C'est grâce à elle que la vie est possible sur notre planète. La vie n'aurait pu se développer sans la lumière du Soleil. Encore de nos jours, les plantes et les animaux ont besoin de lumière pour leur survie.

La lumière est aussi notre principal moyen de découvrir le monde qui nous entoure. On estime que la grande majorité des informations reçues par notre cerveau sur notre environnement sont fournies par nos yeux. L'œil est d'ailleurs l'instrument optique le plus perfectionné que nous connaissons.

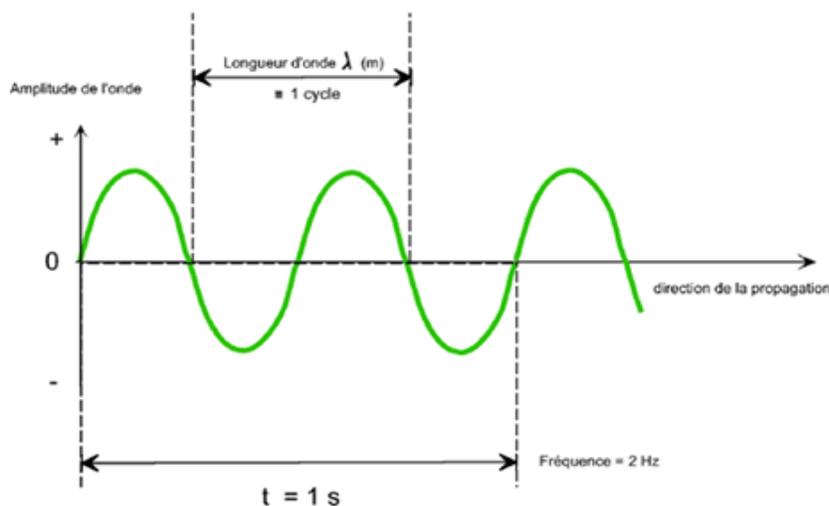
Au fil des siècles, les hommes ont découvert les propriétés de la lumière pour ensuite concevoir de nombreux instruments qui utilisent ses propriétés. Certains, comme le télescope ou le microscope, nous ont permis de découvrir des mondes jusque-là inconnus. D'autres, comme les lunettes ou les lasers chirurgicaux, ont amélioré notre qualité de vie.

Nous verrons dans les pages qui suivent les principales caractéristiques de la lumière.

Qu'est-ce que la lumière?

La lumière est une forme d'énergie, tout comme l'électricité ou la chaleur. Elle est composée de minuscules particules que l'on appelle photons et se déplace sous forme d'onde. La lumière est en fait générée par les vibrations des électrons dans les atomes. Il s'agit donc d'un mélange d'ondes électriques et magnétiques : on dit que la lumière est une onde électromagnétique.

Il existe plusieurs formes de lumière. Celle que nous connaissons est la lumière visible. Il existe cependant plusieurs autres formes d'ondes lumineuses : les infrarouges, les ultraviolets, les rayons X, etc.



Ce qui différencie ces types de lumière est la longueur d'onde ou encore la quantité d'énergie qu'elles transportent. Prenons un exemple. On peut créer une onde en attachant une longue corde à un mur. En agitant l'autre extrémité de haut en bas, on crée des ondulations qui se propagent dans la corde. La distance entre deux ondulations

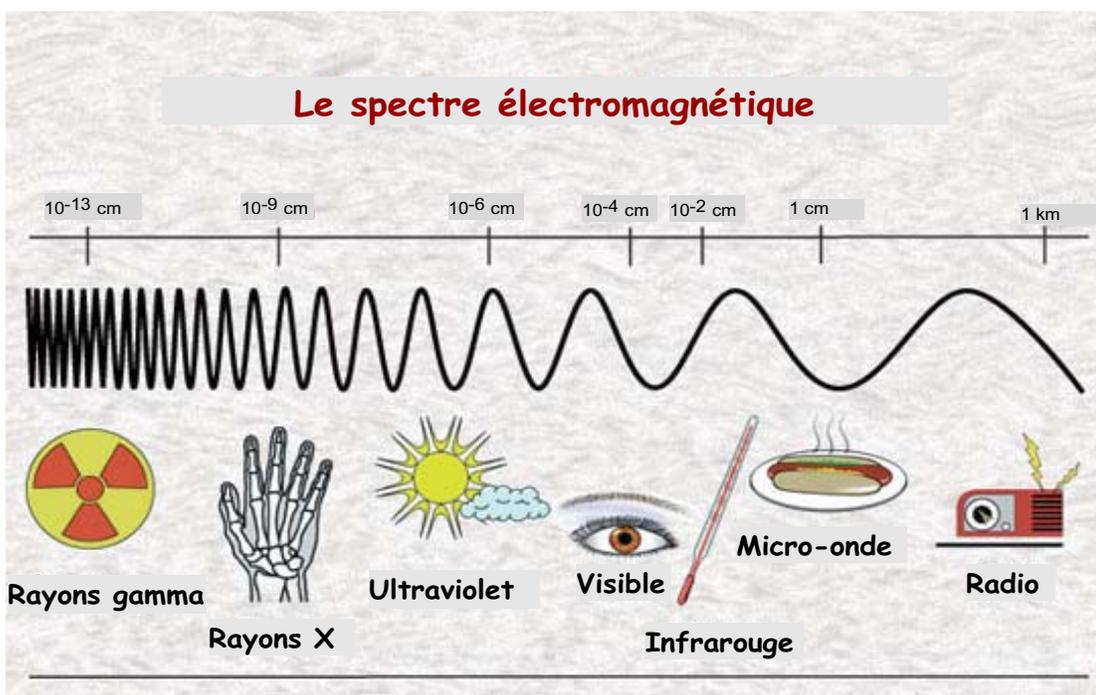
Longueur d'onde, fréquence et amplitude.
Source: www.bbemg.ulg.ac.be/Images/frequence.gif

voisines est la longueur d'onde (λ). Plus la longueur d'onde de la lumière est grande, moins le photon possède d'énergie. Dans la lumière visible, le rouge a la plus grande longueur d'onde, mais possède le moins d'énergie. En contrepartie, la lumière bleue a la plus courte longueur d'onde et possède le plus d'énergie.

Les différentes formes de lumière sont classées dans ce qu'on appelle le spectre électromagnétique. La lumière visible n'occupe qu'une toute petite portion de ce spectre. À des longueurs d'ondes un peu plus grandes, on retrouve les infrarouges qui nous procurent la sensation de chaleur. Ensuite se sont les micro-ondes utilisées dans les fours et les radars. Enfin, les ondes radio, qui transportent les signaux de la radio et de la télévision, possèdent les plus grandes longueurs d'ondes : elles peuvent atteindre jusqu'à quelques kilomètres.

Au-delà de la lumière visible, vers les régions de plus courtes longueurs d'ondes, on retrouve les rayons ultraviolets, qui nous font bronzer et les rayons X. Ce type de lumière a la propriété de traverser les tissus mous du corps humain et d'être absorbée par les os et les dents. Les rayons X sont utilisés, entre autres, pour produire les radiographies. Enfin les photons dont la longueur d'onde est la plus courte et qui sont les plus énergétiques sont les rayons gamma.

Dans le vide, la lumière se déplace en ligne droite à une vitesse de près de 300 000 km/s. À cette vitesse, nous pourrions faire sept fois et demie le tour de la Terre en une seconde! Ceci est d'ailleurs la vitesse limite universelle. Rien dans l'Univers ne peut aller plus vite que la lumière.

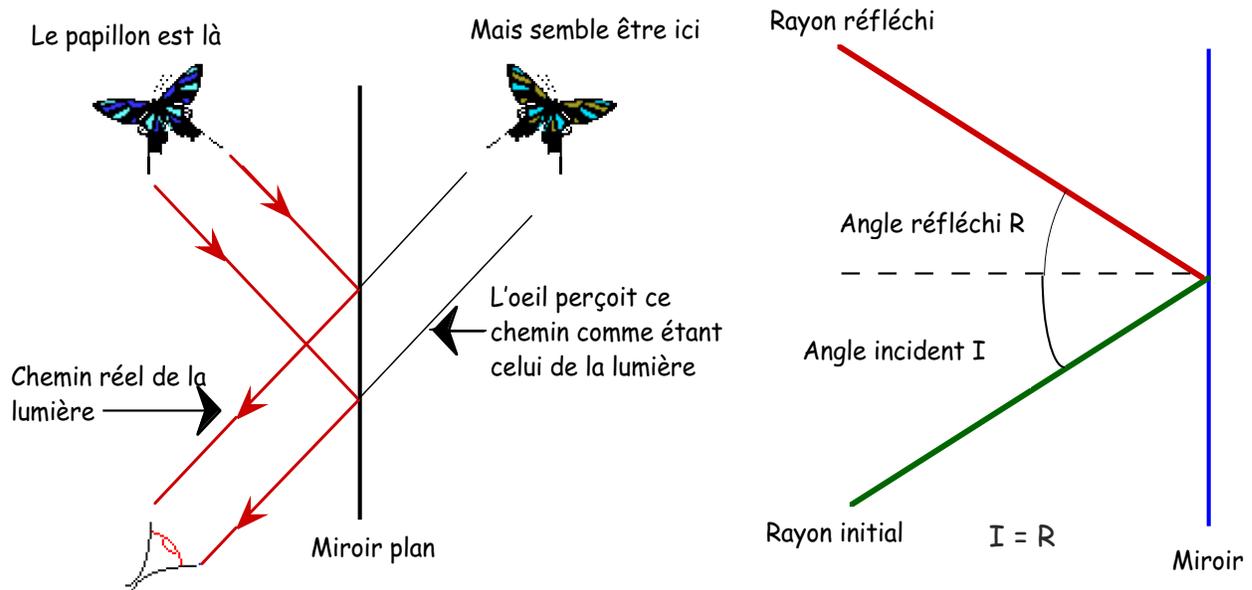


Source : Nasa

Ombre et réflexion

La lumière peut traverser certains matériaux plus ou moins transparents, tels que l'eau, le verre, etc. Par contre, d'autres matières ne laissent pas passer la lumière, créant des ombres derrière elles. La plupart des objets n'émettent pas de lumière de façon naturelle. Les objets opaques vont plutôt réfléchir la lumière du Soleil ou celle des lampes artificielles. Ces réflexions nous permettent de voir ces objets. C'est d'ailleurs grâce à ce principe que vous pouvez lire les pages de ce texte. Contrairement à ce que croyaient les auteurs anciens, la vision n'est pas due à des « rayons de vue » qui sortent des yeux et éclairent les objets. Si tel était le cas, nous serions capables de voir les objets autour de nous, même dans la noirceur totale.

Réflexion sur un miroir plat



Source : adaptation de www.opticalres.com/graphics/new/explrefs.gif

L'exemple le plus simple de réflexion se produit lorsque la lumière frappe un miroir plat. Il existe alors une relation simple entre le rayon de lumière qui frappe le miroir et celui qui rebondit sur ce dernier. Pour bien établir cette relation, il faut considérer une ligne perpendiculaire au miroir à partir de l'endroit où la lumière en frappe la surface. Alors, le rayon de lumière rebondit sur le miroir avec le même angle que celui avec lequel il l'a frappé. C'est ce qu'on appelle la loi de la réflexion. Autrement dit, l'angle d'incidence d'un rayon de lumière sur une surface plane est égal à son angle de réflexion.

Cette réflexion a pour effet de créer une image identique à la source, mais inversée dans la direction gauche-droite. Ainsi, dans un miroir, votre main droite semble être la main gauche de votre image. De plus, votre image semble se trouver derrière le miroir, à la même distance que vous qui êtes devant.

La réfraction

Lorsqu'un rayon de lumière passe d'un milieu transparent à un autre de densité différente, il est dévié, phénomène que l'on appelle la réfraction. Si la lumière passe d'un milieu moins dense à un autre plus dense, de l'air à l'eau par exemple, elle ralentit et se rapproche de la perpendiculaire au point où la lumière entre dans l'eau. En passant dans un milieu moins dense, la lumière s'éloigne de cette perpendiculaire. C'est ce qui fait en sorte, par exemple, qu'une cuillère immergée en partie dans l'eau nous semble tordue.



Cuillère immergée.

Source : rene.balderacchi.club.fr/

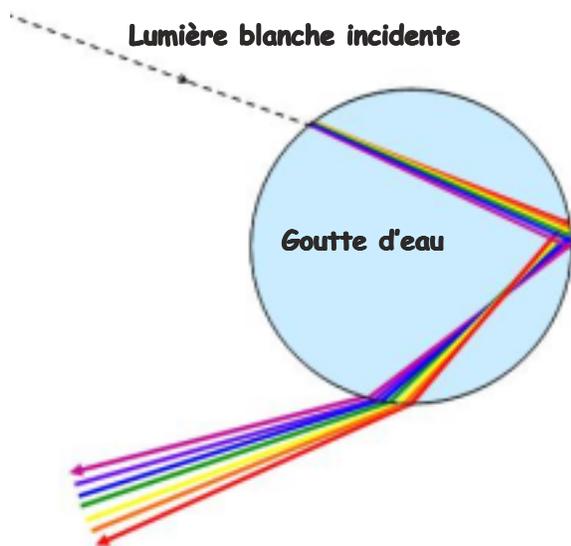


Lumière blanche traversant un prisme.
Source : Nasa

La vitesse de la lumière est maximale dans le vide de l'espace, soit près de 300 000 km/s. L'eau ralentit la lumière de 25 % environ, alors que le facteur de ralentissement dans le verre est de 35 %. C'est ce ralentissement qui est responsable de la réfraction.

Toujours à cause de la réfraction, les courtes longueurs d'ondes subissent une plus grande déviation que les plus longues. Ainsi, la lumière rouge sera moins déviée que la lumière bleue en entrant dans un

milieu plus dense. Cette propriété a permis au physicien Isaac Newton de découvrir que la lumière blanche du Soleil était en fait constituée d'un mélange de plusieurs couleurs. Il fit passer la lumière solaire à travers un prisme de verre. En entrant dans le prisme, la lumière fut déviée une première fois. Mais puisque chaque couleur était déviée selon un angle légèrement différent, la lumière fut étalée. Puis, en sortant, la lumière fut déviée une seconde fois, étalant de façon plus prononcée le spectre de lumière.

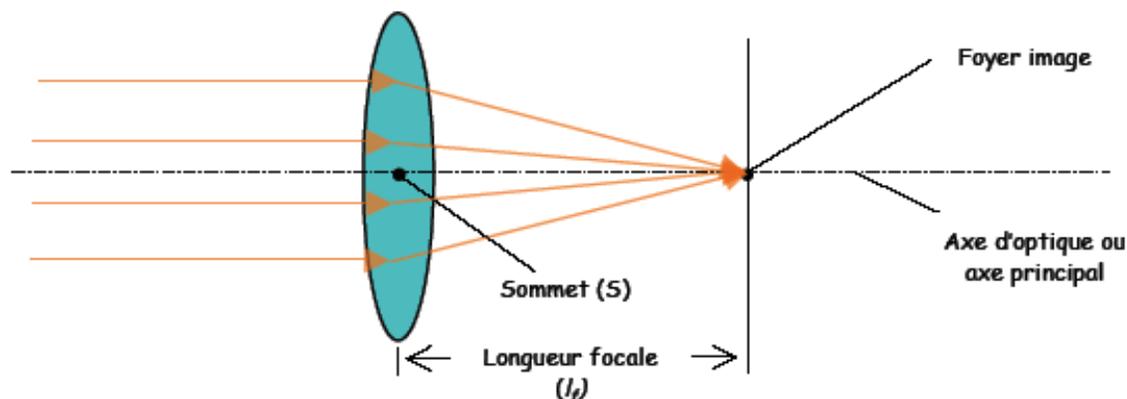


Cette propriété de la lumière blanche trouve une application spectaculaire dans un phénomène naturel bien connu : l'arc-en-ciel. Comme dans un prisme, lorsque la lumière blanche du Soleil entre dans une goutte de pluie en suspension dans l'air, elle est décomposée en ses diverses composantes de couleurs. Puis, la lumière décomposée est réfléchiée lorsqu'elle frappe la surface intérieure de la goutte. Enfin, en ressortant de la goutte d'eau dans une direction proche de celle de son entrée, la lumière est de nouveau étalée.

Goutte d'eau et lumière blanche
Source : atmosphere.mpg.de/media/archive/3086.jpg

Les lentilles

Si la lumière se déplace en ligne droite, certains instruments peuvent changer la direction de propagation d'un rayon lumineux. C'est le cas des lentilles. Les lentilles sont faites avec des matériaux transparents dont la surface est courbée. Le type le plus connu est la lentille convexe, aussi appelée lentille convergente. Ces lentilles, courbées vers l'extérieur, sont plus minces au bord qu'au centre. Un rayon de lumière traversant de telles lentilles sera dévié et concentré en



Source : Centre de développement pédagogique

un point appelé foyer. La distance entre la lentille et le point focal est appelée distance focale de la lentille. De plus, l'image formée avec ces lentilles sera agrandie. Ces lentilles sont utilisées dans les loupes qui nous permettent de lire de petits caractères. Par ailleurs, plusieurs d'entre vous avez sûrement déjà placé une loupe entre une feuille de papier et le Soleil. Les rayons solaires

sont alors déviés et concentrés au point focal. À une distance bien précise, le papier s'enflamme. Cette distance est la distance focale de la lentille. Il est très important de rappeler qu'il ne faut jamais regarder directement le Soleil avec nos yeux, avec ou sans lentille. L'expérience de la combustion d'une feuille de papier sous la loupe en est une démonstration frappante, et nous rappelle qu'il est important de réaliser nos observations avec beaucoup de prudence.



La loupe et le feu. - source: www.goalfinder.com/images/SPLPHE6/i1.jpg

L'autre type de lentille parmi les plus connues est la lentille concave ou divergente. Cette lentille est courbée vers l'intérieur (plus épaisse au bord qu'au centre) et dévie vers l'extérieur les rayons qui la traversent. Elle crée des images plus petites et est utilisée, entre autres, pour corriger la myopie.

Les miroirs courbes et les télescopes

En plus de réfléchir la lumière, les miroirs courbes dévient les rayons lumineux, comme le font les lentilles. Encore ici, il y a deux types de miroirs courbes : les miroirs concaves et les miroirs convexes.

Les miroirs concaves sont courbés vers l'intérieur. Ils ont la propriété d'agrandir les images qu'ils réfléchissent.

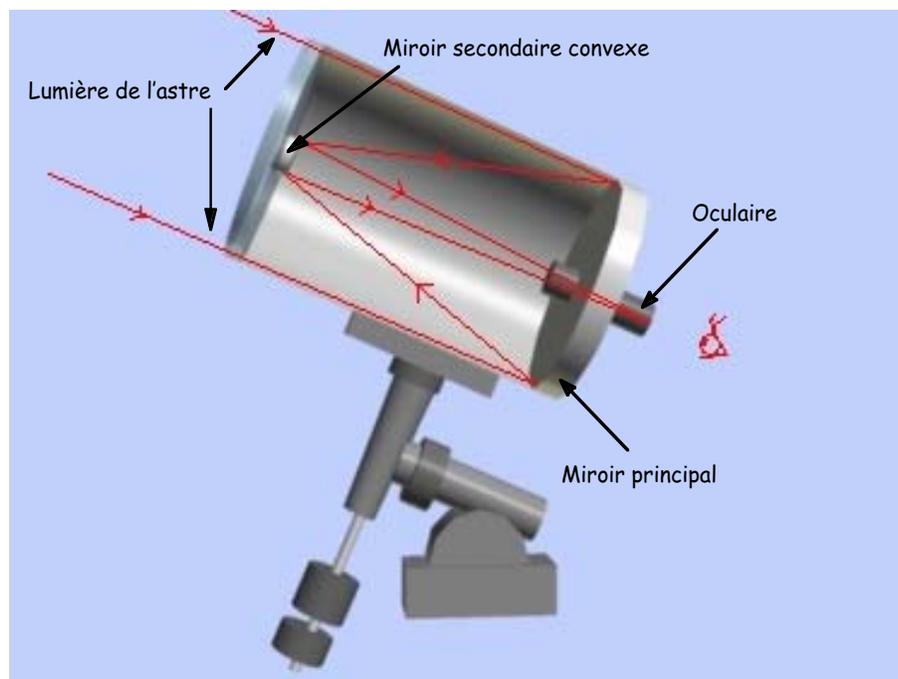
Les miroirs convexes, au contraire, sont courbés vers l'extérieur. Ils réfléchissent des images plus petites, mais plus étendues. Les rétroviseurs de la plupart des véhicules routiers sont convexes pour nous permettre d'avoir une vue d'ensemble plus large de la route derrière nous. Par contre, comme nous le rappellent les mises en garde collées sur ces miroirs, ils rapetissent les objets, qui paraissent alors plus éloignés qu'ils ne le sont en réalité.

Une application moderne des lentilles et des miroirs courbes est le télescope. Le premier instrument du genre aurait été créé au 17^e siècle par Lippershey. Il aurait placé des lentilles convexes dans un tube pour en faire une lunette d'approche. Par la suite, Galilée pointa un instrument semblable vers le ciel pour en faire une lunette astronomique. Il est ainsi devenu le premier être humain à observer le ciel avec un instrument grossissant. Grâce à cet instrument, il découvrit, entre

autres, les cratères et les montagnes sur la Lune, les quatre principales lunes de la planète Jupiter ainsi que les anneaux de Saturne.

Cependant, la fabrication des lentilles est complexe et coûteuse. De plus, au-delà d'un certain diamètre, les lentilles (qui ne sont supportées que par leur bord) se déforment sous l'effet de leur propre poids. De nos jours, les télescopes professionnels sont dotés de miroirs courbes pour concentrer la lumière.

L'un des types de télescopes le plus répandu dans le monde est le télescope Cassegrain. La lumière entre dans le tube et frappe un premier miroir concave (le miroir primaire). Le rayon lumineux, en plus d'être réfléchi, est dévié vers un miroir secondaire convexe, situé à l'entrée du tube, mais tourné vers le miroir primaire. Encore ici, le miroir convexe réfléchit et concentre la lumière vers le centre du premier miroir, qui est perforé. La lumière des étoiles se concentre donc au foyer du miroir secondaire convexe, derrière le télescope. On n'a plus qu'à ajouter une lentille convexe (l'oculaire) pour agrandir l'image du ciel et permettre de l'observer.



Télescope Cassegrain
Source: adaptation de « perso.wanadoo.fr/astro-sug44/images/sc.jpg »

Les télescopes nous ont permis de découvrir un monde fascinant, jusque-là inconnu des hommes. De plus, les télescopes sont en quelque sorte des machines à remonter le temps. Comme nous l'avons vu, la vitesse de la lumière, même si elle est très grande, n'est pas infinie, ce qui veut dire que la lumière prend un certain temps à franchir la distance qui nous sépare des objets que nous

observons. Ainsi, la Lune est située en moyenne à 380 000 kilomètres de la Terre et la lumière qu'elle réfléchit, qui voyage à une vitesse de 300 000 km/s, prend un peu plus d'une seconde à nous parvenir. De la même façon, puisque le Soleil est en moyenne à 150 millions de kilomètres de la Terre, ses rayons lumineux prennent huit minutes à nous parvenir. Lorsqu'on observe la Lune ou le Soleil, on les voit donc tels qu'ils étaient il y a une seconde ou huit minutes, respectivement. Plus un objet est loin, plus nous le voyons tel qu'il était dans un passé lointain. Le télescope ne nous permet donc pas d'observer l'Univers tel qu'il est, mais tel qu'il était dans le passé.

Pour en savoir plus...

BURNIE, David. *La lumière*, Paris, Éditions Gallimard, série «Du visible à l'invisible», 1993.

MORGAN, Sally et Adrian. *La lumière*, Éditions Gamma - Éditions école active, série « Science et concepts », 1994.

TAYLOR, Barbara et Christine LEPLAE-COUWEZ. *Pleins feux sur la lumière*, Éditions Héritage, série « Gamma jeunesse », 1992.

WHYMAN, Kathryn et François CARLIER. *Lumière et lasers*, Éditions Gamma - Éditions du Trécarré, série « Visa pour la science », 1986.