

Chapitre 12

La lumière

12.1 Propagation de l'onde lumineuse

12.1.1 Vitesse de propagation de la lumière

Tout comme le son, la lumière est une onde. En revanche, contrairement à l'onde sonore, l'onde lumineuse n'a pas besoin de milieu matériel pour se propager. La lumière peut donc se propager dans le vide. Une onde lumineuse se déplace en ligne droite.

La lumière ne se propage pas instantanément : l'onde lumineuse a une vitesse et cette vitesse dépend de son milieu de propagation. Ainsi, dans le vide, la lumière a une vitesse de 299 792 458 m/s :

on retiendra 300 000 km/s.

La vitesse de propagation de la lumière est plus petite dans l'eau, 225 000 km/s contre 124 000 km/s dans le diamant. Son comportement est donc opposé à celui du son.

- La propagation du son est due aux chocs des atomes/molécules les uns contre les autres. Le son se propage donc plus rapidement dans les solides (les particules qui le composent sont très proches) que dans les liquides (particules moins proches) que dans les gaz, où les particules sont bien plus éloignées.
- La lumière n'ayant pas besoin de support matériel pour se propager, sa propagation sera gênée par les atomes et les molécules. Elle va donc plus vite dans le vide, que dans les gaz, puis les liquides et enfin les solides.¹

12.1.2 La vitesse supraluminique

À ce jour, aucune particule allant plus vite que la lumière n'a été observée.² En 1905, Einstein [3] a émis l'hypothèse que rien ne pouvait aller aussi vite que la lumière. Partant de cette hypothèse, il a formulé théorie de la relativité restreinte qui est vérifiée expérimentalement et dont la robustesse laisse penser que cette hypothèse est vraie. Nous retiendrons donc que

la vitesse de la lumière est la plus grande vitesse possible,

du moins pour un objet qui a une masse positive.

Certains scientifiques ont déjà proposé des vaisseaux dont la vitesse serait supraluminique, c'est-à-dire plus grande que la vitesse de la lumière. Il s'agit cependant de travaux purement théoriques qui ne font absolument pas l'unanimité. Pour construire un tel vaisseau, il faudrait des matériaux dont la masse est négative, matériaux dont l'humain n'a absolument pas possession ni même la preuve de leur existence.

1. Il existe une très grande pluralité de liquides et de solides dans la nature, aussi cette *hiérarchie* de vitesse de propagation ne doit pas être prise au pied de la lettre. Il s'agit plus d'un moyen mnémotechnique se souvenir des différences de vitesse des ondes.

2. En 2012, le CERN avait trouvé lors d'une "course" entre des neutrinos et la lumière que ces premiers allaient plus vite mais il s'agissait finalement d'une erreur due à un problème de... branchement de câble[1, 2].

12.2 Les sources de lumière

On distingue les sources primaires de lumière des sources secondaires de lumière. Par exemple, un miroir va refléter la lumière du soleil et nous éblouir : le miroir est source secondaire de lumière car il ne produit pas la lumière, il ne fait que la renvoyer. En revanche, une ampoule produit de la lumière, elle est donc source principale de lumière. On retiendra donc les deux définitions suivantes [4] :

- les sources primaires de lumière émettent la lumière qu'elle produisent,
- les sources secondaires diffusent la lumière qu'elle reçoivent mais n'en produisent pas.

Dans la figure 12.1, la bougie produit de la lumière tout comme l'écran d'une télévision et un laser : ce sont donc des sources principales de lumière. En revanche, un écran de cinéma diffuse la lumière envoyée par le vidéo-projecteur tout comme la lune diffuse la lumière envoyée par le soleil. Ce sont donc des objets diffusant, des sources secondaires de lumière.



FIGURE 12.1 – Sources primaires et secondaires de lumière.

12.3 Décomposition de la lumière

12.3.1 Lumière blanche

En physique, on appelle lumière blanche la lumière du jour, provenant du soleil, ainsi que la lumière des lampes blanches [5].

Expérience : plaçons un CD au soleil, donc sous une lumière blanche ?

Observation : on voit apparaître de multiples couleurs : du bleu, du vert, du rouge etc...

Interprétation : la lumière blanche est composée de plusieurs couleurs. Nous pouvons aussi observer toutes les couleurs qui composent la lumière blanche lors de l'apparition d'un arc-en-ciel. Lorsque la lumière rentre dans les gouttelettes en suspension, elle est séparée selon chaque couleur. Nous pouvons alors apercevoir distinctement toutes les couleurs de la lumière blanche.



FIGURE 12.2 – Éclairage d'un CD sous lumière blanche.

Conclusion : la lumière blanche est la **superposition** de toutes les couleurs et certains objets décomposent la lumière blanche et nous permettent d'observer toutes les couleurs.

12.3.2 Spectre de lumière visible

Nous avons vu lors du chapitre sur le son qu'à chaque hauteur de son était associée une fréquence et que l'humain était capable d'entendre une certaine plage de fréquence. Il en est de même pour la lumière.

L'humain peut voir entre $4,3 \cdot 10^{14}$ Hz (rouge) et $7,5 \cdot 10^{14}$ Hz (violet). Entre ces deux fréquences extrêmes, on retrouve les 7 couleurs de l'arc-en-ciel : le rouge, le orange, le jaune, le vert, le bleu l'indigo et le violet³.

3. Isaac Newton retint ces sept couleurs. Six de ces couleurs correspondent à un champ chromatique bien défini ; il ajouta l'indigo pour que le nombre corresponde à celui des noms de notes de la gamme musicale [6].

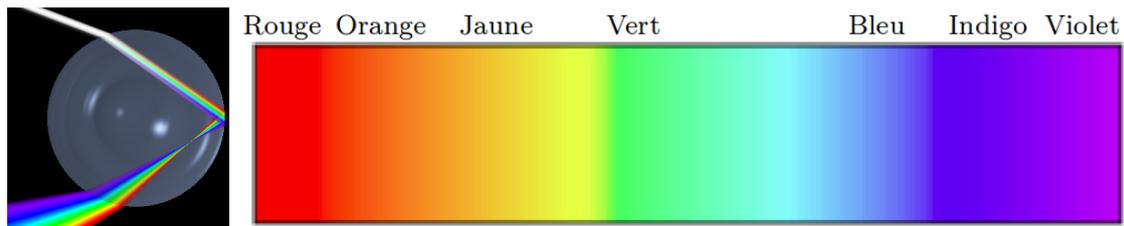


FIGURE 12.3 – À gauche, principe de formation d'un arc en ciel : dans la goutte, les couleurs sont séparées car leur fréquence est différente [6]. À droite, les couleurs du spectre visible selon Newton.

Cet ensemble de couleur constitue ce qu'on appelle le spectre visible, car il existe énormément de fréquences lumineuses que l'humain ne peut pas voir.

12.3.3 Spectre de la lumière

En fait, l'être humain ne voit pas grand chose ! Le spectre de la lumière est tellement grand qu'on l'a fragmenté en différents domaines.

Dans les fréquences supérieures à celles visibles, on retrouve tout d'abord les rayons ultra-violet, puis les rayons X et enfin les rayons gamma. Tous ces rayonnements sont dangereux pour l'être humain à trop haute dose : on se protège des UV grâce à de la crème solaire, le personnel soignant s'occupant des radiographie doit faire attention à ne pas se faire irradier à chaque radiographie et les rayons gamma sont très nocifs, même à très faible dose. Ils sont produits lors de réaction nucléaires et on en retrouve après une explosion nucléaire, que ce soit une bombe ou bien un accident comme celui des centrales nucléaires de Tchernobyl ou pus récemment de Fukushima [7].

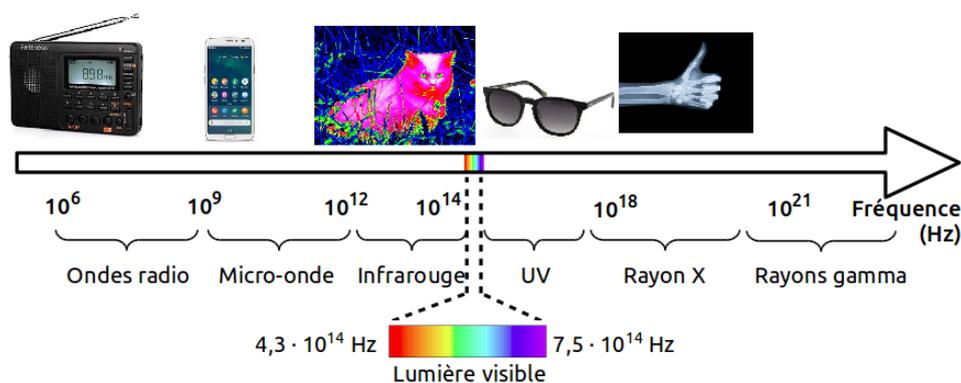


FIGURE 12.4 – Les plages de fréquence de la lumière.

De l'autre côté du spectre, on retrouve les fréquences plus petites. En partant de la lumière visible, on retrouve les rayonnements infrarouge, les micro-onde et enfin les ondes radios. Les micros ondes sont utilisées massivement dans les télécommunications et les ondes radios pour... la radio. Ces plages de fréquence ont l'avantage de traverser très bien les murs ce qui n'est pas le cas des rayonnements visibles ou UV.

Bibliographie

- [1] Edwin Cartlidge. Breaking news : error undoes faster-than-light neutrino results. *ScienceInsider* (22 february, 2012). <http://news.sciencemag.org/scienceinsider/2012/02/breaking-news-error-undoes-faster.html>, 2013.

- [2] Wikipédia. Vitesse supraluminique, consulté le 11/05/2020. URL https://fr.wikipedia.org/wiki/Vitesse_supraluminique.
- [3] Albert Einstein. Zur elektrodynamik bewegter körper. *Annalen der Physik*, 322(10) :891–921, 1905.
- [4] Jean-Luc Azan *et al.* *Physique Chimie 3e*. Nathan, 2017.
- [5] Stéphane Landeau. Lumières colorées et couleurs des objets. *Physique-Chimie au collège*, consulté le 17/05/2019. URL <http://pccollege.fr/quatrieme-2/1a-lumiere-couleurs-et-images/chapitre-i-lumieres-colorees-et-couleurs-des-objets/>.
- [6] Wikipédia. Arc-en-ciel, consulté le 17/05/2020. URL <https://fr.wikipedia.org/wiki/Arc-en-ciel>.
- [7] C'est pas sorcier. Les déchets nucléaires. *France Télévision*, 1995.

Attendus de l'élève

À la fin de ce chapitre, l'élève devra

- connaître l'ordre de grandeur de la vitesse de propagation de la lumière,
- savoir que la vitesse de la lumière dans le vide est la vitesse maximale atteignable par une particule massive,
- savoir différencier une source secondaire d'une source primaire,
- savoir que la lumière blanche est composée de toutes les couleurs de l'arc-en-ciel,
- savoir que ondes radios, micro-ondes, IR, UV, X et rayons gamma sont des fréquences de la lumière qui existent mais qui ne sont pas visible par l'humain, et parfois dangereux.