

1 La lumière : onde ou particule ?

1.1 La lumière est une particule.

Les expériences de réflexion et de réfraction montre bien que la lumière se déplace en ligne droite. La réflexion est la déviation d'un rayon lumineux sur une surface réfléchissante. La réfraction est la déviation d'un rayon lumineux lorsque qu'il change de milieu (de l'air dans l'eau, par exemple).

On pourrait donc penser que la lumière se comporte comme un corps qui « rebondit » sur les surfaces (réflexion) ou dont la direction est modifiée en changeant de milieu (réfraction). On appelle cette particule, un **photon**.

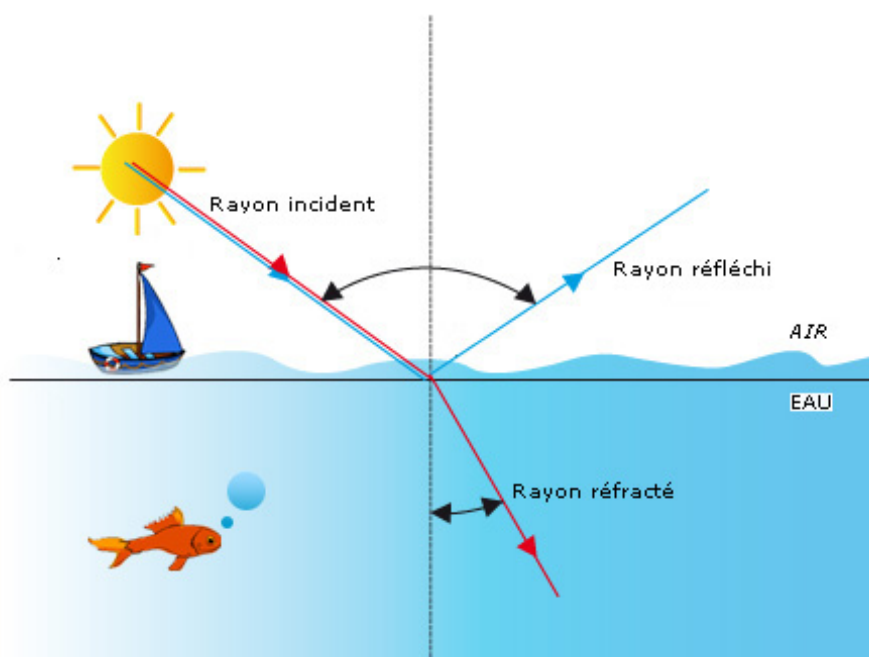


FIGURE 1 – Réflexion et réfraction de la lumière.

1.2 La lumière est une onde.

Lorsque qu'une onde passe par un passage dont la distance est plus petite ou proche de la longueur d'onde, on peut observer que le passage se comporte comme un générateur d'une nouvelle onde de même longueur. C'est le phénomène de **diffraction**.

Dans l'expérience des fente de Young¹, un rayon lumineux traverse deux petites fentes et un écran est disposé à une certaine distance.

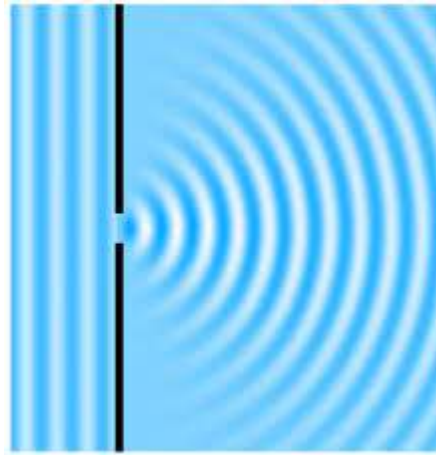
Si le rayon lumineux était constitué uniquement de photons, on devrait s'attendre à voir deux points lumineux sur l'écran.

Ce n'est pas ce qui est observé. L'observation montre une série de franges lumineuses intenses au milieu et de moins en moins lumineuses sur les bords.

1. Thomas Young, physicien, médecin et égyptologue anglais, première expérience en 1801

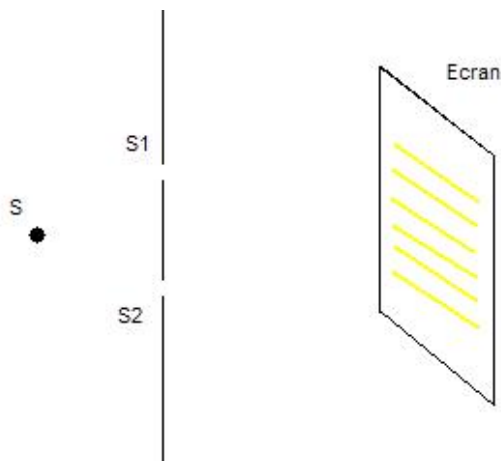


(a) Photo de vagues générant une diffraction.



(b) Modélisation de la diffraction.

FIGURE 2 – La diffraction.



(a) Dispositif des fentes de Young.



(b) Photographie de l'écran d'un dispositif des fentes de Young.

FIGURE 3 – Les fentes de Young.

Young a interprété son expérience en affirmant que la lumière est une onde. En effet, si c'est le cas, suivant la distance de l'écran, on devrait observer des amplifications de l'intensité lumineuse (par cumulation des deux « pics » d'ondes) ou des absences de lumière (par annulation d'un « pic » par un « creux »). Or, c'est bien ce que l'on observe.

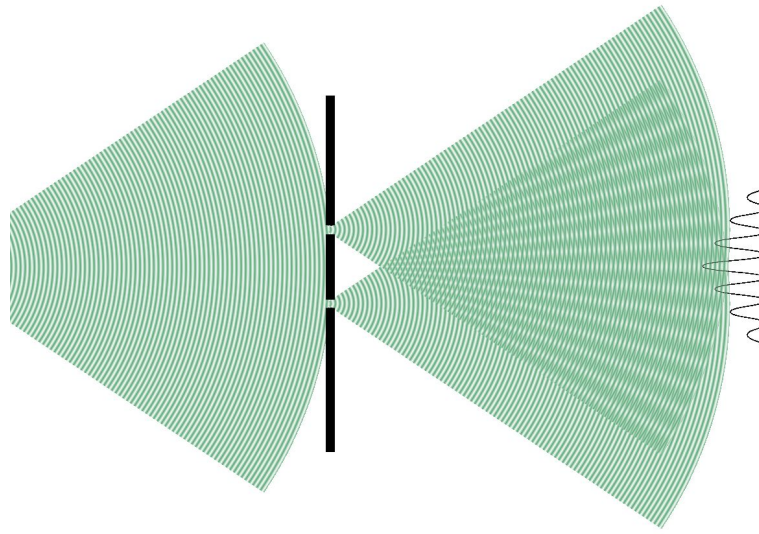


FIGURE 4 – Interprétation de l'expérience des fentes Young par les ondes.

1.3 La lumière est une onde et une particule.

Actuellement, on considère que tout rayonnement électromagnétique, est composée de particules (les photons, des particules proches des électrons) portées par une onde électromagnétique. En effet, les équations de physique peuvent s'écrire soit comme soit une onde, soit comme une particule.

La lumière est donc une onde électromagnétique, et une onde électromagnétique est une variation périodique du champ électromagnétique.

2 Les caractéristiques.

2.1 Le champ électromagnétique

Le champ électromagnétique est un espace où s'exerce des forces dues à l'attraction des charges (champ électrique, + et - s'attirent) et des forces dues aux mouvements des charges (champ magnétique, attirance des aimants par exemple).

Vu que l'on ne peut séparer les charges (protons, électrons) de leur mouvement, on parle de champ électromagnétique et non de champ électrique et de champ magnétique.

2.2 Milieu de propagation

Les ondes électromagnétiques peuvent se propager dans le vide, dans l'air et dans les matériaux conducteurs d'électricité.

Les ondes électromagnétiques sont rapidement absorbées car dispersées dans l'eau et les solides non-conducteurs proportionnellement à leur densité.

2.3 Vitesse

La vitesse de la lumière (et donc des ondes électromagnétiques) notés c (célérité) vaut **300000 $\frac{\text{km}}{\text{seconde}}$** dans le vide (et comparable dans l'air).

La vitesse de propagation des ondes électromagnétiques dans les matériaux conducteurs dépend de leur composition, de leur densité, de leur température et de la fréquence de l'onde, mais reste proche de la vitesse de la lumière.

2.4 Longueur d'onde, Période et Fréquence

L'ensemble des propriétés vues dans le cadre des ondes sonores vues en 5ème peuvent être réutilisées.

La longueur d'onde est la distance entre les deux valeurs maximums d'une variation périodique.

La période est le temps nécessaire pour la propagation d'une onde sur la distance d'une longueur d'onde.

La vitesse de propagation d'une onde est donc le rapport entre la longueur d'onde sur sa période.

$$c = \frac{\lambda}{T}$$

La fréquence d'une onde est le nombre de maximum atteint par seconde. Elle correspond donc à l'inverse de la période.

$$T = \frac{1}{f}$$

La vitesse d'une onde correspond donc au produit de la longueur d'onde (λ) et de la fréquence (f).

$$c = \lambda * f$$

2.5 Énergie

Pour un photon, plus la longueur d'onde (λ) est faible, donc plus la fréquence est élevée, plus l'énergie (E) est importante.

En effet pour un photon, $E = \frac{c \times h}{\lambda}$, où c est la vitesse de la lumière (célérité), h est la constante de Planck.

L'énergie est donc directement proportionnelle à la fréquence.

2.6 Portée et Informations

Pour une technologie donnée, plus la fréquence est élevée (plus la longueur d'onde est faible), moins la portée est importante, mais plus la quantité d'informations transportées peut être importante.

Plus la fréquence est faible (plus la longueur d'onde est importante), plus la portée est importante, mais plus la quantité d'informations transportées est faible.

Ceci est dû au fait que les ondes à haute fréquence s'atténuent plus rapidement que les ondes à plus faible fréquence, mais que, par contre, une onde à haute fréquence transporte plus d'informations.

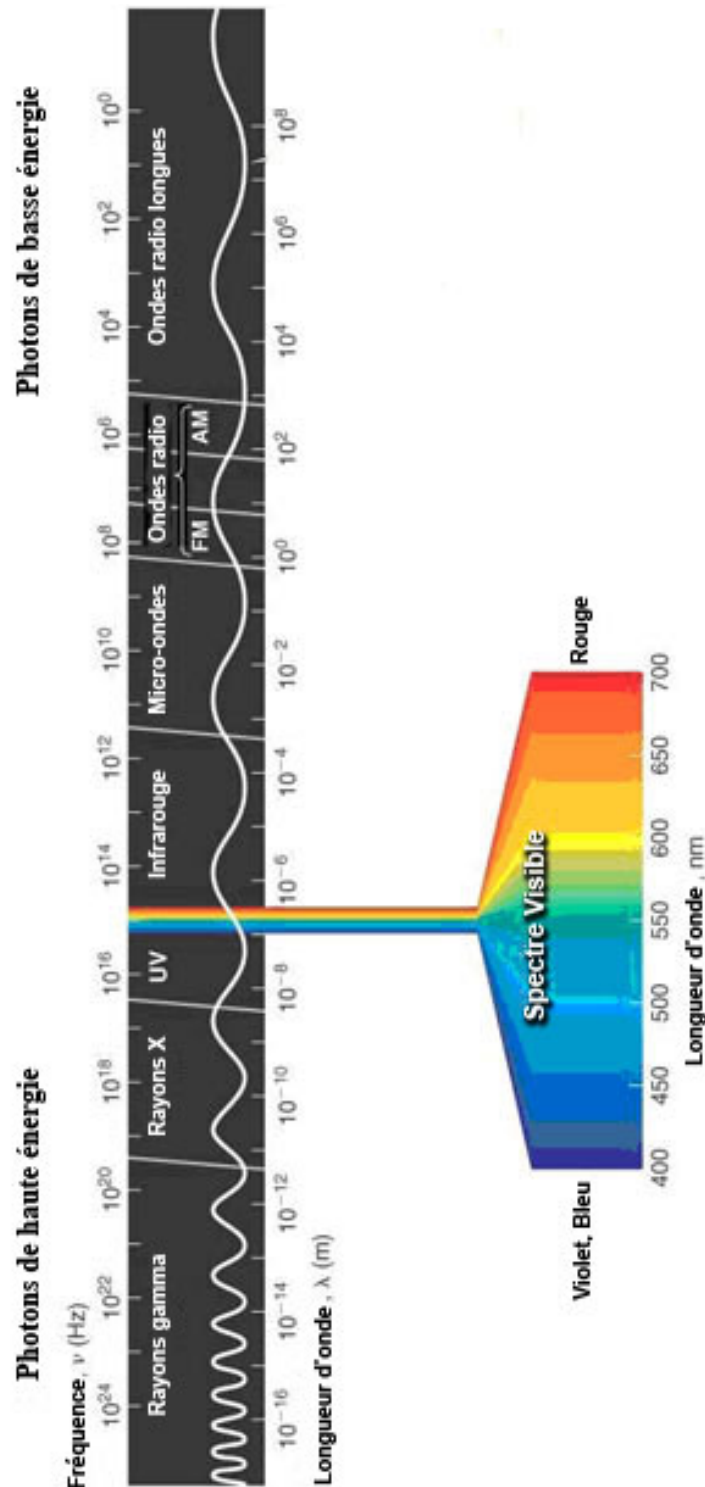


FIGURE 5 – Le spectre électromagnétique.

3 Le spectre électromagnétique.

3.1 Les ondes radios

Les ondes radios comprennent les ondes hertziennes et radar. ellesont une longueur d'onde entre 10 000 km et 10 centimètres.

Elles sont utilisées dans de nombreux domaines :

dans les télécommunications :

- radiodiffusion : FM (fréquence modulée), LW (ondes longues), MW (ondes moyennes)
- télédiffusion : UHF, VHF
- communication maritimes et aériennes
- communication satellites
- liaisons téléphoniques : ADSL/SDSL

dans la télédétection :

- radiolocalisations maritime et aérienne (radars)
- radionavigations maritime et aérienne
- radioastronomie
- image radar en météorologie (détection des zones de précipitations)

3.2 Les micro-ondes : le rayonnement pénétrant

Les micro-ondes, au sens large, ont une longueur d'onde comprise entre 10 cm et 1 mm. Elles sont dites pénétrantes, car elles ont la capacité de commencer à faire vibrer les atomes et donc à traverser des corps solides.

Voici quelques unes de leurs utilisations :

- four à micro-ondes : échauffement des aliments par agitation par résonance de la molécule d'eau (2,45GHz)
- Wifi : communication sans fil de réseau informatique (2,412 à 2,484 GHz et 5,170 GHz à 5,835 GHz)
- Bluetooth : communication sans fil de périphérique informatique (2,4 à 2,483 GHz)
- GSM (2G) : communication téléphonique sans fil (0,9 GHz et 1,8 GHz)
- LTE (4G/5G) : communication téléphonique sans fil (0,6 GHz à 28 GHz)

3.3 L'infra-rouge

L'infra-rouge est l'onde électromagnétique typique émise par les corps lors d'une augmentation de température. Cette augmentation de température est détectée par les cellules sensorielles de notre peau. C'est pourquoi le rouge est associée à la chaleur par le cerveau, alors que le rouge est moins énergétique que le bleu.

La longueur d'onde va de 1 mm à 0,000765 mm (765 nanomètres). L'infra-rouge est très utilisé en recherche scientifique et météorologie. Elle est utilisée pour transmettre des informations à courte distance de façon directionnelle (télécommande de télévision, ...).

3.4 Le visible

Le spectre visible est constitué des 3 couleurs de base :

- le rouge (magenta) (de 765 à 600 nanomètres)
- le jaune (590 à 575 nanomètres)
- le bleu/violet (cyan) (490 à 465 nanomètres)

C'est la combinaison de différentes longueurs d'ondes qui formera l'ensemble des couleurs.

- rouge + jaune = orange
- jaune + bleu = vert
- rouge + bleu = mauve
- blanc = rouge + jaune + bleu
- noir = absence de longueur d'onde visible

Un objet est perçu ayant une couleur car il absorbe certaines ondes ayant des longueurs d'onde spécifiques et réfléchit donc les autres ondes. La couleur d'un objet dépend donc du type de lumière éclairante et de la composition moléculaire de l'objet.



FIGURE 6 – Les couleurs fondamentales en physique.

3.5 Les rayonnements ionisants

3.5.1 L'ultra-violet

A partir des ultra-violets, le rayonnement électromagnétique est dit ionisant, car il peut dans certaines conditions scinder une molécule en deux ions. Le soleil nous renvoie des ultra-violets partiellement filtrés par l'atmosphère par la molécule d'ozone (O_3).

3.5.2 Les rayons X

Les rayons X ont une longueur d'onde comprise entre 10 et 5 nanomètres. Ils conservent en les augmentant les propriétés ionisantes. Ils sont utilisés dans le domaine médical et le contrôle au douane.

3.5.3 Les rayons *gamma*

Les rayons *gamma* γ sont des rayonnement ayant une longueur d'onde plus petite que 5 nanomètres. Ils sont produits lors d'une réaction nucléaire par désintégration radioactive (fission nucléaire). Ils sont responsables de graves brûlures et altérations moléculaires chez les êtres vivants.

Table des matières

1	La lumière : onde ou particule ?	1
1.1	La lumière est une particule.	1
1.2	La lumière est une onde.	1
1.3	La lumière est une onde et une particule.	3
2	Les caractéristiques.	4
2.1	Le champ électromagnétique	4
2.2	Milieu de propagation	4
2.3	Vitesse	4
2.4	Longueur d'onde, Période et Fréquence	4
2.5	Énergie	4
2.6	Portée et Informations	5
3	Le spectre électromagnétique.	6
3.1	Les ondes radios	6
3.2	Les micro-ondes : le rayonnement pénétrant	6
3.3	L'infra-rouge	6
3.4	Le visible	7
3.5	Les rayonnements ionisants	7
3.5.1	L'ultra-violet	7
3.5.2	Les rayons X	7
3.5.3	Les rayons <i>gamma</i>	7