

Modèle corpusculaire de la lumière : le photon

1. Introduction

"La question de la nature de la lumière intrigua bon nombre de scientifiques et de savants : certains pensaient que la lumière était une onde, d'autres pensaient qu'elle était constituée de petit corpuscule. La question fut tranchée lorsque l'on découvrit que la lumière subissait une diffraction, lors de son passage dans un petit obstacle. La diffraction est un phénomène propre aux ondes, la lumière serait donc une onde. Or, on découvrit aussi au début du XX^{ème} siècle que la lumière est constituée de corpuscules. Qui avait tort ? Qui avait raison ? En réalité, les deux camps ont raison, la lumière est à la fois une onde, et un ensemble de corpuscule. Nous allons donc voir quelques caractéristiques de la lumière, dans un premier temps nous verrons les caractéristiques de la lumière en tant qu'onde, puis nous parlerons ensuite du modèle corpusculaire.

En 1905, Einstein, dans un article devenu un classique de l'histoire de la physique (voir cet article issu du them@Doc « 1905, les trois percées d'Einstein »), suggéra que c'était la lumière elle-même qui était constitué de « *quanta* ». Il propose de décrire la lumière comme constituée de petits grains de lumière : les photons. Cela permet d'expliquer à la fois le rayonnement des corps chaud, l'électroluminescence (le fait qu'un corps éclairé avec une lumière d'une certaine couleur peut émettre une autre couleur, comme par exemple un tee-shirt blanc sous une lampe UV) et l'effet photoélectrique (le fait que la lumière peut induire un courant électrique dans un circuit, effet utilisé dans certaines alarmes qui se déclenche lorsqu'on coupe un faisceau de lumière) : 3 phénomènes que la description de Maxwell échoue à expliquer. Est-ce à dire que toute la physique du XIX^{ème} siècle s'était fourvoyé en rejetant le modèle de Newton ? L'affaire n'est pas aussi simple car en fait pour rendre compte de l'ensemble des expériences que l'on peut faire avec la lumière, il faut considérer qu'**elle est à la fois onde et corpuscule**. C'est ce qu'on appelle la double nature de la lumière. Elle est onde si l'on considère les expériences de diffraction et elle est corpuscule si l'on considère le rayonnement du corps noir et les phénomènes cités ci-dessus.

2. L'aspect Ondulatoire

La lumière est une onde électromagnétique. Elle se propage dans le vide à une vitesse d'environ 300 000 km/s, limite infranchissable fixée par la relativité restreinte d'Einstein. Avant de rentrer dans les caractéristiques de la lumière, nous devons d'abord nous familiariser avec quelques notions concernant les ondes. La longueur d'onde λ d'une onde est la distance entre deux crêtes ou deux creux de l'onde. La longueur d'onde λ est inversement proportionnelle à la fréquence ν de l'onde, c'est à dire que plus la longueur d'onde est grande, plus la fréquence est petite, et inversement, plus la longueur d'onde λ est petite, plus la fréquence ν est grande.

Vous avez déjà sûrement entendu parler d'infrarouge, ultraviolet ou encore de rayons X. En réalité, tous ces types de rayonnement sont de même type que la lumière. Ce qui définit la nature du rayonnement est sa longueur d'onde λ (voir l'article sur les domaines des ondes électromagnétiques). Par exemple, les ondes radio ont une longueur d'onde de 10 cm environ. La lumière visible (les couleurs de l'arc-en-ciel, rouge orangé jaune vert bleu indigo violet) se situe sur une toute petite portion du spectre, entre 700 nm (1 nanomètre = 10^{-9} m = 0,000 000 001 m) et 400 nm. Les couleurs proviennent du fait que la lumière blanche soit absorbée par les éléments chimiques, qui ne laissent passer que certaines longueurs d'ondes. Ainsi, si vous voyez un objet rouge, cela signifie que les éléments chimiques le constituant ont absorbé les couleurs

verte, bleu, indigo et violette, pour ne laisser passer que les longueurs d'ondes correspondantes aux rouge, orangé et jaune. Prenons un exemple concret : notre ciel est bleu, pourquoi ? Car notre atmosphère absorbe la partie inférieure du spectre, correspondant aux grandes longueurs d'ondes et ne laisse passer que les petites longueurs d'ondes correspondant aux couleurs rouge, orangé et jaune.

3. L'aspect Corpusculaire

Maintenant que nous avons vu l'aspect ondulatoire de la lumière, nous allons nous intéresser à l'aspect corpusculaire.

La particule de lumière, les « grains de lumière » sont appelés les photons. Le photon est une particule ne possédant pas de masse. Il se déplace à la vitesse de la lumière, qui est d'environ 300 000 km/s comme nous l'avons déjà vu. Dans le modèle corpusculaire de la lumière, il faut raisonner en terme d'énergie. L'énergie d'un photon est inversement proportionnelle à la longueur d'onde λ de la lumière correspondante. Par exemple, pour les rayons gamma, dont la longueur d'onde λ est très petite, de l'ordre de 0,001 nm, les photons seront extrêmement énergétique, tandis que pour les ondes radio, dont la longueur d'onde λ est relativement grande (environ 10cm), les photons auront une faible énergie."

4. L'énergie d'un photon

L'énergie d'un photon est donc fonction de sa longueur d'onde λ et obéit à la relation :

$$E = h\nu = h \frac{c}{\lambda}$$

Avec :

- E : énergie en J
- h : constante de Planck = $6,63 \cdot 10^{-34}$ J.s
- c : célérité de la lumière dans le vide = $3,00 \cdot 10^8$ m/s
- λ : longueur d'onde en m
- ν : fréquence en Hz