

Développement de la notion de « quanta de lumière »

La description de la lumière a suivi au cours de l'histoire un curieux mouvement de balancier entre une vision corpusculaire et une vision ondulatoire.

Dans la plupart des théories jusqu'au XVIIIe siècle, on considère que la lumière est constituée de particules. Bien que des modèles ondulatoires soient proposés par René Descartes (1637), Robert Hooke (1665) et Christian Huygens (1678) les modèles particuliers restent dominants, en partie en raison de l'influence d'Isaac Newton. Un changement de paradigme a lieu à partir de la mise en évidence des phénomènes d'interférences et de diffraction de la lumière par Thomas Young et **Augustin Fresnel** au début du XIXe siècle, et en 1850 les modèles ondulatoires deviennent la règle à la suite de l'expérience menée par Léon Foucault sur la vitesse de propagation de la lumière. La prédiction par Maxwell en 1865 du fait que la lumière soit une onde électromagnétique suivie de la confirmation expérimentale de Hertz en 1888, semble porter un coup de grâce aux théories corpusculaires de la lumière.

La théorie ondulatoire de Maxwell ne rend cependant pas compte de *toutes* les propriétés de la lumière. Cette théorie prédit que l'énergie d'une onde lumineuse dépend seulement de l'amplitude de l'onde, mais pas de sa fréquence ; or de nombreuses expériences indiquent que *l'énergie transférée de la lumière aux atomes* dépend seulement de la fréquence et non de l'amplitude. Par exemple, certaines réactions chimiques ne sont possibles qu'en présence d'une onde lumineuse de fréquence suffisante : en dessous d'une fréquence seuil, quelle que soit l'intensité incidente, la lumière ne peut amorcer la réaction. De manière similaire, dans l'effet photoélectrique, les électrons ne sont éjectés d'une plaque de métal qu'au-dessus d'une certaine fréquence, et l'énergie des électrons émis dépend de la fréquence de l'onde, et non de son amplitude. Dans le même ordre d'idée, les résultats obtenus à la fin du XIXe et au début du XXe siècle sur le rayonnement du corps noir sont reproduits théoriquement par Max Planck en 1900 en supposant que la matière interagissant avec une onde électromagnétique de fréquence ne peut recevoir ou émettre de l'énergie électromagnétique que par *paquets* de valeur bien déterminée.

En 1905, Einstein fut le premier à proposer que la quantification de l'énergie soit une propriété de *la lumière elle-même*. Bien qu'il ne remette pas en cause la validité de la théorie de Maxwell, Einstein montre que la loi de Planck et l'effet photoélectrique pourraient être expliqués si l'énergie de l'onde électromagnétique était localisée dans des quanta ponctuels qui se déplaçaient indépendamment les uns des autres, même si l'onde elle-même était étendue continuellement dans l'espace. Dans son article, Einstein prédit que l'énergie des électrons émis lors de l'effet photoélectrique dépend linéairement de la fréquence de l'onde. Cette prédiction forte sera confirmée expérimentalement par Robert Andrews Millikan en 1916, ce qui lui vaudra – parallèlement à ses expériences sur les gouttes chargées – le prix Nobel de 1923. En 1909 et en 1916, Einstein montre que, si la loi de Planck du rayonnement du corps noir est exacte, les quanta d'énergie doivent également transporter une impulsion, ce qui en fait des particules à part entière.

En 1924, dans sa thèse, Louis de Broglie affirma que toute particule (et pas seulement la lumière) a une nature ondulatoire.