

Invention du photon (quantum d'énergie lumineuse)

Catastrophe ultraviolette – l'idée de Max Planck

En 1900, Lord John Rayleigh, en exploitant les lois qui régissent les ondes électromagnétiques, établit une loi qui permet de calculer, pour un corps chauffé, l'intensité lumineuse rayonnée suivant les différentes longueurs d'onde. Pour les radiations allant de l'infrarouge au vert, l'expérience corrobore la loi. **Mais pour le bleu, pour le violet, et plus encore pour l'ultraviolet, l'expérience est en contradiction flagrante avec la théorie.** C'est cet échec que les physiciens ont appelé la «catastrophe ultraviolette». Afin de surmonter cette «catastrophe», le physicien allemand **Max Planck** émet, quelques mois plus tard, une curieuse hypothèse : au lieu de considérer que **les échanges d'énergie** matière - lumière se font de façon continue, Planck imagine qu'ils **se font de façon discontinue, par paquets d'énergie.**

La proposition d'A. Einstein (1905)

"Un point de vue heuristique* concernant la production et la transformation de lumière"

(Extrait) *Annalen der Physik*, Vol XVII, 1905, p132-148. Traduction publiée dans "Albert Einstein, Œuvres choisies, Quanta" Seuil/CNRS Éditions

La conception usuelle, selon laquelle l'énergie de la lumière est distribuée de façon continue dans l'espace où elle est rayonnée, présente, quand on tente d'expliquer les phénomènes photoélectriques, de très sérieuses difficultés qui sont exposées dans un travail décisif de M. Lenard. **La conception selon laquelle la lumière excitatrice est constituée de quanta d'énergie $h\nu$ *** permet de concevoir la production de rayons cathodiques de la façon suivante. Des quanta d'énergie pénètrent dans la couche superficielle du corps ; leur énergie est transformée, au moins en partie, en énergie cinétique des électrons. La représentation la plus simple que l'on puisse s'en faire est celle d'un quantum de lumière cédant son énergie à un seul électron ; nous allons supposer que c'est bien ce qui se passe.

Il n'est pas exclu cependant que des électrons ne prennent qu'une partie de l'énergie des quanta de lumière. Un électron auquel une énergie a été fournie à l'intérieur du corps atteint la surface en ayant perdu une partie de son énergie cinétique. Nous allons supposer, de plus, que tout électron doit, pour pouvoir quitter un corps, fournir un travail W_0 (caractéristique du corps). Les électrons qui quittent le corps avec la vitesse normale la plus élevée sont ceux qui se trouvent immédiatement à la surface et qui ont été excités normalement à celle-ci.

L'énergie cinétique de ces électrons est $E_{c \max} = h\nu - W_0$. [...]

Autant que je puisse en juger, notre conception n'est pas en contradiction avec les propriétés de l'effet photoélectrique, telles qu'elles ont été observées par M. Lenard. Si chaque quantum d'énergie de la lumière excitatrice cède son énergie à un électron indépendamment de tous les autres, **la distribution des vitesses des électrons**, c'est à dire la qualité du rayonnement cathodique produit, est **indépendante de l'intensité de la lumière excitatrice** ; en revanche **le nombre des électrons qui quittent le corps doit, lui, être toutes choses égales par ailleurs, proportionnel à l'intensité de la lumière excitatrice.**

*Heuristique : qui est utile à la découverte de faits et de théories.

Ces **quantas d'énergie seront plus tard (vers 1926) appelés **photons** ; **h est une constante** (constante de Planck : $h \approx 6,626 \times 10^{-34} \text{ kg.m}^2 .\text{s}^{-1}$) et **ν la fréquence** de la lumière.

Einstein reçoit le prix Nobel en 1921 « pour les services rendus à la physique théorique, spécialement pour la découverte de la loi de l'effet photoélectrique »