

L'énigme fondamentale

L'expérience des fentes d'Young a prouvé que la lumière se propage comme une onde, mais les expérimentations du début du XX^e siècle ont montré qu'elle est aussi constituée de particules : les photons.

Un modèle probabiliste

Comment expliquer les résultats de l'expérience des fentes faite d'Young en termes de particules ?

L'un des modèles qui nous permet de nous faire comprendre ces phénomènes repose sur les ondes de probabilité.

Si on considère des photons, et que les fentes sont extrêmement petites, on obtient alors une figure de diffraction. Tout se passe comme si une onde était associée à chaque photon. Les ondes issues des photons interagissent et forment une figure de diffraction. On peut interpréter ce schéma comme étant probabiliste dans la mesure où les photons ont plus de chance d'atterrir aux endroits où les ondes interfèrent pour produire des pics, que là où elles s'annulent mutuellement. Reste qu'il n'existe aucun moyen de savoir à l'avance où un photon va atterrir.

Le phénomène est déjà très surprenant avec des photons; il l'est encore davantage avec des électrons.

Ondes et particules

Il devint de plus en plus évident que la lumière, considérée jusqu'alors comme une onde, est à la fois onde et particule. Au début des années vingt, le physicien français Louis de Broglie suggéra que les électrons étaient bien des particules mais aussi des ondes. Il avança même que tout objet possédait ce caractère dual, mais que le caractère ondulatoire associé aux «objets» du quotidien ne se manifestait pas, vu la très grande masse de ces objets.

S'inspirant des travaux d'Einstein, de Broglie établit une équation qui liait les propriétés ondulatoire et corpusculaire de la lumière, en stipulant que le produit de la longueur d'onde λ associée à un photon, multiplié par sa quantité de mouvement p (produit de la masse m par la vitesse v) était égal à la constante de Planck h . De Broglie découvrit l'universalité de cette équation, à savoir que toute particule, dotée d'une masse m et d'une vitesse v , a nécessairement une longueur d'onde λ , calculable grâce à cette équation. Einstein adhéra avec enthousiasme à l'hypothèse de Louis de Broglie, et les années vingt virent fleurir les expériences de mesure des longueurs d'onde des électrons. Celles-ci démontrèrent que tout, dans l'Univers, est à la fois onde et particule.

Néanmoins, du fait de la valeur extrêmement faible de la constante de Planck, cet univers reste limité au monde de l'infiniment petit. Puisque l'équation de Louis de Broglie dit que la longueur d'onde λ d'un objet est égale à la constante de Planck h divisé par la quantité de mouvement p , cette longueur d'onde n'est détectable que pour les masses infiniment petites. Il se trouve que la masse de l'électron vaut $9,1 \times 10^{-31}$ kilogramme, la chose est donc faisable.

*Extrait de : La physique quantique - John GRIBBIN
PEARSON EDUCATION*

Questions:

1. Quelle est la conclusion à laquelle a abouti l'expérience des fentes d'Young faite avec la lumière ?
 2. D'autres expériences ont pu prouver que la lumière possède un autre aspect. Quel est cet aspect ?
 3. Comment appelle-t-on les particules qui composent la lumière ? Quel physicien leur a donné ce nom ?
 4. Quelle est cette nouvelle physique qui permet d'expliquer les résultats de l'expérience des fentes d'Young ?
 5. Pour apporter sa contribution à la physique quantique, en 1924, le physicien français Louis de Broglie propose un nouveau modèle pour relier les propriétés ondulatoires et corpusculaire de la lumière. Quelle est l'équation qui a été proposée par Louis De Broglie ?
 6. Louis de Broglie proposa que cette loi soit universelle. En quoi consiste cette universalité ?
 7. Des expériences ont pu être réalisées pour valider l'hypothèse de Louis De Broglie. De quelles expériences s'agit-il ?
 8. Domaine d'intervention de la physique quantique:
 - 8.1) Déterminer la longueur d'onde associée à un électron, animé d'une vitesse de 10^6 m.s^{-1} .
 - 8.2) Déterminer la longueur d'onde associée à un corps de masse $m = 1 \text{ kg}$ et animé d'une vitesse de 1 m.s^{-1} .
 - 8.3) Pourquoi finalement la physique quantique reste-t-elle limitée au monde de l'infiniment petit ?
- Données :** Masse d'un électron $m_e = 9,10 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$ Constante de Planck : $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J.s}$
9. Quelle conclusion faut-il retenir de ces expériences ?