

Comportement quantique

Hervé Zwirn. *Les limites de la connaissance*. Ed. Odile Jacob – Philosophie. 2000. Chap. 4

Le comportement quantique

Nous allons maintenant présenter de manière plus précise le comportement des objets quantiques comme les photons ou les électrons. Comprendre à quel point leur comportement diffère du comportement des objets macroscopiques auxquels nous sommes habitués est facile à partir de l'analyse de quelques expériences simples.

L'objet quantique qui nous servira de cobaye est l'électron, mais ce que nous dirons à son sujet sera valable pour tous les autres objets quantiques.

Pour commencer, nous reprendrons l'expérience que nous avons faite avec des photons. Dirigeons un faisceau d'électrons issu d'une source ponctuelle vers une plaque comportant deux trous A et B (qu'on appelle des « trous d'Young ») et regardons de l'autre côté de la plaque comment les électrons se répartissent sur une deuxième plaque, parallèle à la première, placée un peu plus loin. On peut imaginer qu'on place sur la deuxième plaque des détecteurs régulièrement espacés autour de la position centrale et qui font entendre un petit clic quand ils reçoivent un électron. Faisons d'abord l'expérience en bouchant le trou A et en laissant le trou B ouvert. On constate tout d'abord que les électrons arrivent bien un par un car jamais deux détecteurs ne cliquent en même temps. Si on attend suffisamment longtemps pour qu'un grand nombre d'électrons soient émis, la courbe qui donne le nombre d'électrons reçus en fonction de la position présente un maximum en face du trou B et décroît régulièrement autour. L'expérience symétrique consistant à laisser le trou A ouvert et à boucher le trou B donne un résultat analogue avec une courbe présentant cette fois un maximum en face du trou A. Ouvrons maintenant les deux trous simultanément. On s'attend à ce que la courbe montrant l'arrivée des électrons soit la somme des deux courbes précédentes. En effet, les électrons passent ou bien par le trou A ou bien par le trou B, donc en tout point de la plaque d'arrivée, le nombre d'électrons qui y parviennent est la somme du nombre d'électrons qui, pour y parvenir, sont passés par le trou A et de ceux qui sont passés par le trou B. Ceux passant par le premier trou vont construire la courbe présentant un maximum en face du trou A et ceux qui passent par le trou B vont construire la courbe présentant un maximum en face du trou B. Comme notre dispositif est symétrique, il y aura en moyenne autant d'électrons passant par chaque trou et la courbe totale sera bien donnée par la somme des deux courbes.

Faisons l'expérience. **Surprise ! La courbe que nous obtenons n'est pas du tout la somme des deux courbes à laquelle nous nous attendrions, elle est identique à celle qui donne l'intensité lumineuse sur l'écran dans le cas de l'expérience avec des photons.** Des zones où beaucoup d'électrons sont arrivés alternent avec des zones où très peu d'électrons sont parvenus. On observe l'équivalent des franges d'interférences. Or, nous avons vu que les interférences sont la signature d'un comportement ondulatoire. Comment expliquer que des électrons qui *a priori* ne sont pas des ondes mais des particules puissent donner une figure d'interférences ? [...]

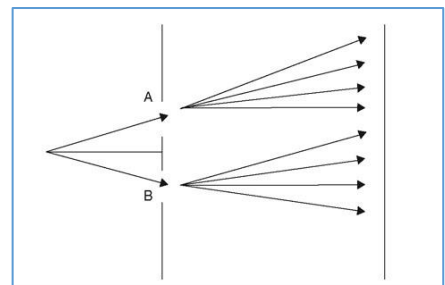


Figure 11. – L'expérience des trous d'Young.

En mécanique quantique, l'état d'un système est quelquefois appelé sa « fonction d'onde » (cette dénomination provient de la mécanique ondulatoire de Schrödinger). Un des principes de la mécanique quantique qu'on appelle « le principe de superposition » stipule que toute combinaison linéaire d'états quantiques possibles d'un système est un état quantique possible du système. Il en résulte que les états quantiques forment un espace vectoriel appelé « espace de Hilbert des états ». Il faut insister sur le fait que ce principe n'est pas un réquisit accessoire mais qu'il constitue un des fondements de la mécanique quantique. L'une des curiosités de la mécanique quantique est que certains états (on les appelle « états superposés ») obtenus par combinaison linéaire d'états donnés, bien que possibles selon la théorie, ne sont pas interprétables en termes classiques. Cela signifie qu'ils ne correspondent pas à des valeurs définies des grandeurs physiques concernées. [...]