

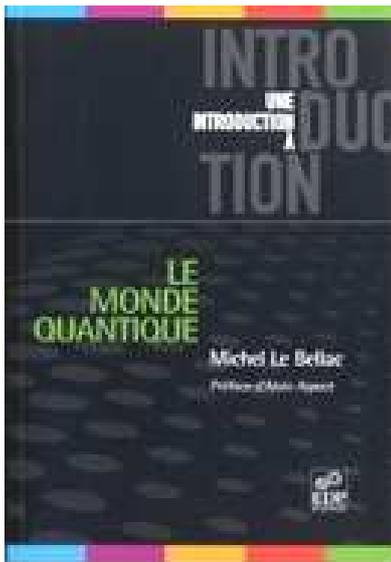
# LECTURES POUR LA MARQUISE

Christian Larcher

## Le monde quantique

Michel Le Bellac EDP Sciences (2010)

Ce livre est d'une grande richesse. L'auteur en propose une lecture à deux niveaux différents. L'un qu'il qualifie de "grand public" "se borne *"à une description qualitative des phénomènes quantiques, mais n'essaie pas véritablement d'expliquer les règles qui les régissent. Le second niveau qui est visé par le présent ouvrage, est plus ambitieux, mais aussi plus exigeant, dans la mesure où il s'efforce de répondre à la question "comment ça marche ?" tout en faisant appel au minimum de formalisme"*.



Le livre comprend 10 chapitres.

Le premier, particulièrement détaillé, contient 41 pages. Il est important pour accéder à la suite de l'ouvrage. Son objectif est de décrire le principe de fonctionnement d'un interféromètre de Mach-Zehnder c'est-à-dire d'un interféromètre à 2 voies comprenant 2 miroirs réfléchissants et 2 lames semi-réfléchissantes. Sur les lames semi-réfléchissantes une partie de la lumière laser est transmise et une autre réfléchie. À la sortie les deux faisceaux peuvent interférer.

C'est aussi un moyen d'introduire les amplitudes de probabilité et le principe de superposition. C'est enfin l'occasion de montrer les différences

essentielles entre la physique quantique et la physique classique.

En physique classique les probabilités de transmission ou de réflexion sont connues, l'utilisation des probabilités résulte de la complexité des phénomènes. On ne connaît pas le sort individuel de chaque photon mais cela n'a pas d'importance. Par exemple quand on tire à pile ou face on pourrait théoriquement prévoir le résultat si l'on avait une connaissance parfaite de tous les paramètres qui interviennent (caractéristiques du lancé, résistance de l'air, configuration du sol etc.). Quelles que soient les péripéties individuelles de chaque lancé on sait que, pour un grand nombre d'essais, on obtient toujours une probabilité de 50 % pour chacune des faces. En théorie classique les différents paramètres existent même si l'on est incapable de les déterminer. En physique quantique l'utilisation des probabilités n'est pas là pour masquer notre ignorance des détails. Par exemple une connaissance précise des conditions initiales n'apporte aucune information sur le comportement ultérieur. Cet aspect irritait particulièrement Albert Einstein qui était persuadé qu'il devait y avoir des *paramètres cachés*.

Dans les expériences modernes on peut utiliser des sources lumineuses capables d'émettre des photons isolés, véritablement uniques, émis à la demande.

La physique quantique présente des aspects déroutants. Par exemple si l'on cherche à mesurer la position d'un objet quantique, alors *"on le trouvera en un point d'espace avec une certaine probabilité, mais cela ne donne aucune indication sur sa position avant la mesure (...)"*. La mesure ne permet pas d'obtenir des informations sur une réalité préexistante et la notion de trajet emprunté par un photon perd toute signification. L'autre aspect déroutant concerne le principe de superposition des états quantiques. Ce principe est fondamental en physique quantique. Un objet quantique peut se trouver *"dans un état de superposition linéaire de deux ou plusieurs états quantiques"*.

Ainsi dans le cas de l'interféromètre cité le photon se trouve dans un état de superposition linéaire **des deux trajets**. Pour reprendre l'exemple célèbre du chat de Schrödinger il faut admettre qu'avant d'ouvrir la boîte l'animal est dans un double état à la fois mort et vivant.

Richard Feynman disait : *"les objets quantiques sont complètement cinglés, mais au moins le sont-ils tous de la même façon"*

Le deuxième chapitre traite de la cryptographie quantique, le troisième du paradoxe EPR (Einstein, Podolsky, Rosen) dans le cas des photons intriqués en polarisation et de l'expérience d'Alain Aspect.

Le chapitre 4 est intéressant il aborde le cas d'une particule dans une boîte à une dimension ainsi que des inégalités de Heisenberg. L'auteur indique clairement que ces inégalités ne sont en aucun cas liées aux imprécisions expérimentales mais *qu'elles sont intrinsèques à l'état quantique. Elles fixent les limites d'utilisation des concepts classiques de position et de vitesse.* La deuxième partie du chapitre est consacrée à l'interaction lumière-matière et au fonctionnement des lasers.

Dans le chapitre 5 après une étude détaillée du concept de température on aborde les techniques de refroidissement des atomes et le principe de fonctionnement des horloges atomiques le chapitre

s'achève avec les atomes ultras froids et les condensats de Bose-Einstein. Les derniers chapitres abordent des applications existantes ou possibles comme les semi-conducteurs et les ordinateurs quantiques. Le chapitre 7 concerne la physique quantique et les relativités.

Ce livre est passionnant mais on ne peut pas le considérer comme une introduction "grand public" au monde quantique. Malgré ce qu'indique l'auteur il paraît très difficile de le lire comme une description qualitative des phénomènes quantiques. L'aspect formelle et mathématique est présent dans presque tous les chapitres et ce ne sont pas les annexes qui suffisent à donner les bases formelles nécessaires.

En définitive cet ouvrage apparaît plutôt comme un condensé d'un autre livre de Michel Le Bellac intitulé "physique quantique" qui est également édité chez EDP sciences qui fait référence en la matière mais qui est trois fois plus conséquent. ■