**Pr Serge HAROCHE**

Prix Nobel Physique 2012

Pr Collège de France, UPMC

***Dualisme ondes particules, superposition d'états et intrication:***

***l'étrangeté quantique en action***

La physique quantique est basée sur la notion contre-intuitive du dualisme onde-particule. Les principes de superpositions d’états et d'intrication et le hasard quantique en découlent.  L'exposé rappellera la période historique du premier quart du siècle dernier, au cours de laquelle ces concepts ont émergé, avec les contributions essentielles d'Einstein, Bohr, De Broglie, Heisenberg et Schrödinger. La physique qui en est résulté explique une large gamme de phénomènes physiques, de l'infiniment petit (structure des atomes et des molécules, modèle standard des particules élémentaires) à l'infiniment grand (rayonnement cosmologique) en passant par certaines propriétés essentielles des objets macroscopiques (structure des solides et des semi-conducteurs, supraconductivité..).

La compréhension et l'exploitation de ces phénomènes ont conduit au développement des technologies nouvelles  qui ont révolutionné notre vie (ordinateurs, imagerie médicale par résonance magnétique, horloges atomiques, GPS, lasers…). Bien que la physique quantique joue un rôle essentiel dans le fonctionnement de ces appareils, les manifestations des superpositions d'états et de l'intrication n'y sont pas directement observées car elles sont voilées par le phénomène de décohérence qui donne une apparence classique aux objets macroscopiques.

Pour mettre en évidence directement l'étrangeté quantique, il faut manipuler et contrôler des objets quantiques individuels, atomes ou photons, dans un environnement qui les protège de la décohérence. Ces manipulations,  longtemps considérées comme étant du domaine des expériences de pensée, sont devenues possibles grâce au développement des technologies modernes. Les lasers, les ordinateurs et la cryogénie y jouent un rôle essentiel. On peut maintenant contrôler et observer en temps réel, sans les détruire, de petits ensembles d'atomes ou de photons, ou encore des petits circuits supraconducteurs se comportant comme des atomes artificiels. Les superpositions d'états, l'intrication et le hasard quantique sont directement observés et quantitativement étudiés dans des expériences qui conduiront sans doute au développement de technologies nouvelles exploitant directement l'étrangeté quantique (information, communication et métrologie quantiques).

***Wave-particle, dualism, superposition of states and entanglement:***

***the quantum weirdness in action***

Quantum physics is based on the counter-intuitive notion of wave-particle dualism from which result the principles of superposition of states, of entanglement and of quantum randomness. The presentation will survey the historic period of the first quarter of the last century, in the course of which these concepts have emerged, with the essential contributions of Einstein, Bohr, de Broglie, Heisenberg, and Schrödinger. The physics which resulted from it explains a wide range of physical phenomena, from the infinitely small (structure of atoms and molecules, standard model of elementary particles) to the infinitely large (cosmological radiation) through some essential properties of macroscopic objects (structure of solids and semi-conductors, superconductivity..).

The understanding and the making use of these phenomena have led to the development of new technologies that have revolutionized our lives (computers, medical imaging by magnetic resonance, atomic clocks, GPS, lasers…). Although quantum physics plays an essential role in the operation of these devices, the manifestations of the superposition of states and of the entanglement are not directly observed because they are veiled by the phenomenon of decoherence which gives a classical appearance to the macroscopic objects.

To highlight directly the quantum weirdness, one must manipulate and control individual quantum objects, like atoms or photons, in an environment that protects them from decoherence. These manipulations, long regarded as belonging to the realm of thought experiments, have become possible thanks to the development of modern technologies. Lasers, computers and cryogenics play an essential role for them. One can now monitor and observe in real time, without destroying them, small ensembles of atoms or photons, or even of small superconducting circuits behaving as artificial atoms. The superposition of states, the entanglement and the quantum randomness are directly observed and quantitatively studied in experiments which will no doubt lead to the development of new technologies directly making use of ther quantum weirdness (quantum information, communication and metrology).