

INÉGALITÉS DE BELL

Farouche opposant à l'idée d'intrication quantique, Albert Einstein a en 1935, avec Boris Podolsky et Nathan Rosen, formulé ses objections sous la forme d'un paradoxe (noté EPR). Selon ces trois physiciens, l'intrication quantique implique soit que les deux particules échangent des informations qui se propagent plus vite que la lumière (ce qui violerait la théorie de la relativité restreinte), soit que la physique quantique est incomplète et que des « variables cachées », inconnues, donnent l'illusion de l'intrication quantique. En 1964, le physicien nord-irlandais John Bell a formalisé la question du paradoxe EPR sous la forme d'inégalités qui portent son nom, et qui sont violées si l'intrication est vraie. Des expériences menées par Alain Aspect en 1982 ont montré que les inégalités de Bell sont bien violées.

CHAT DE SCHRÖDINGER

En 1935, l'Autrichien Erwin Schrödinger, peu satisfait par l'idée de superposition, imagina pour en montrer l'absurdité une situation macabre. Un chat est enfermé dans un local contenant un flacon de gaz mortel, un compteur de radioactivité et un atome radioactif. Si le compteur détecte de la radioactivité, un mécanisme casse le flacon, et le chat meurt. Le compteur, macroscopique, ne peut que mesurer l'un des deux états classiques possibles de l'atome : « désintégré » ou « non désintégré ». Or, dans le monde quantique, un atome peut fort bien se trouver dans un état superposé combinant les états « désintégré » et « non désintégré ». Ainsi, si l'atome radioactif est dans cet état superposé, l'existence du mécanisme brisant le flacon implique que le chat se trouve dans un état combinant la possibilité d'être mort et celle d'être vivant.



SPIN

Les électrons, beaucoup d'autres particules et même des défauts dans le réseau d'atomes de carbone d'un diamant ont un moment cinétique intrinsèque, le spin, un peu comme s'ils étaient de minuscules billes en rotation. À ce spin est associé un moment magnétique. On représente les spins et les moments cinétiques par des vecteurs, orientés vers le haut pour une bille tournant d'ouest en est, et vers le bas dans le sens inverse (voir ci-dessus). Par leur spin, les électrons se comportent comme de minuscules aimants. Depuis 1998, les têtes de lecture des disques durs utilisent, pour détecter les microscopiques domaines magnétiques du disque représentant les

bits d'information, un effet lié au spin, l'effet de « magnétorésistance géante », dont la découverte a valu, en 2007, le prix Nobel de physique au Français Albert Fert et à l'Allemand Peter Grünberg.

GRAVITATION

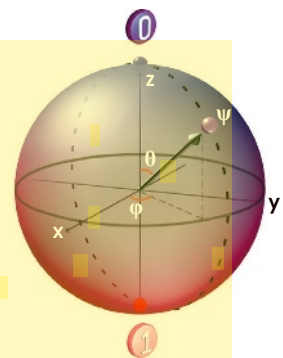
C'est la seule force de la nature qui ne soit pas décrite de façon cohérente dans le cadre de la physique quantique. Les théoriciens cherchent à résoudre ce problème et à unifier théorie quantique et gravitation, en particulier dans le cadre de la théorie des cordes ou de la gravitation quantique à boucles.

LE BIT QUANTIQUE (QUBIT)

Un bit quantique, ou qubit, est l'unité quantique d'information, l'équivalent du bit classique. Cependant, alors que ce dernier ne peut avoir comme valeur que 0 ou 1, le qubit peut représenter deux états à la fois, 0 et 1, chacun avec une certaine probabilité.

On représente les états quantiques d'un qubit avec la sphère de Bloch. N'importe lequel de ces états s'écrit mathématiquement sous la forme $a|0\rangle + b|1\rangle$, où a et b sont des nombres complexes dont la somme des carrés des modules ($|a|^2 + |b|^2$) est égale à 1. On peut donc réécrire a et b en fonction de deux angles (θ et ϕ) qui suffisent à définir n'importe quel état d'un qubit ($\cos(\theta/2)|0\rangle + e^{-i\phi}\sin(\theta/2)|1\rangle$).

L'ensemble des états, placé dans un repère (x, y, z) , forme une sphère, un état ψ étant représenté par une flèche allant du centre de la sphère à un point de sa surface. Une mesure de l'état du qubit donne soit 0, soit 1, avec une probabilité dépendant de la latitude θ du point sur la sphère : si $\theta = \pi/2$ par exemple, on mesure une fois sur deux 1 et une fois sur deux 0. Toutes les opérations sur le qubit correspondent à des rotations du vecteur sur la sphère.



COMMENT A-T-ON SU

une collection dirigée par
Étienne Klein

Roland Lehoucq

Pourquoi
le Soleil brille

Loïc Bollache

Comment pensent
les animaux

Alain Riazuelo

Pourquoi la Terre
est ronde

François Parcy

L'histoire secrète
des fleurs

« Si on veut donner le goût des sciences,
il faut d'abord leur donner du goût. »

Étienne Klein

humensciences

humensciences.com

