



Qbits et Intrication

Vers un traitement quantique de l'information

Conférence ARE, 10 mars 2009 - Paris

La mécanique quantique constitue aujourd'hui un domaine de recherche en plein essor, alors que les premières applications directes de cette partie récente de la physique voient le jour. Quelques-unes de ces applications sont présentées.

La principale caractéristique de la physique à petite échelle, le domaine de la mécanique quantique, est la linéarité des équations. Cette linéarité sous-tend le principe de superposition des états, à l'origine des propriétés souvent contre-intuitives des particules uniques.

Le principe de superposition est illustré par l'expérience des fentes d'Young, dont le résultat peut être interprété classiquement comme l'interférence de deux ondes. Mais lorsque l'expérience est répétée dans un régime permettant de distinguer des particules uniques (photons ou électrons), l'observateur se rend compte que chaque particule « interfère avec elle-même ». Ce résultat s'explique simplement par le fait que la nature ne fait aucun choix *a posteriori*, mais uniquement lorsqu'un observateur la force, en effectuant une mesure.

La mécanique quantique peut être vue comme le prolongement de la mécanique classique. Les variables classiques, accessibles à l'observation, sont remplacées par des opérateurs. La mesure est une projection dans l'espace des états propres de l'opérateur de mesure, et les états sont

ainsi modifiés par l'observation. L'application de ce principe simple à la cryptographie permet de détecter l'intervention d'une personne indésirable sur une ligne de communication.

L'intrication est le second aspect contre-intuitif de la mécanique quantique. Le paradoxe soulevé par Einstein, Podolsky et Rosen en 1935 (paradoxe EPR) souligne la difficulté des scientifiques à accepter les aspects les plus déroutants de la « physique de l'infiniment petit ». Là encore, c'est la linéarité des équations qui mène à un résultat *a priori* difficile à comprendre. Mais les nombreuses expériences effectuées sur le sujet, et en particulier les expériences de l'équipe de l'institut de physique d'Orsay, dirigée par Alain Aspect, ont démontré le bien-fondé des hypothèses émises par les pionniers de la mécanique quantique. L'une des expériences les plus spectaculaires pratiquées ces dernières années consiste à « téléporter » l'état quantique d'une particule vers une autre. Il est facile de montrer que ces expériences ne violent en rien le principe de causalité.

Même si l'ordinateur quantique se fait élitif, de nombreuses applications découlant directement des aspects les plus contre-intuitifs de la mécanique quantique peuvent être envisagées dans le proche futur.

Stephane Virally
Université Laval, Canada