

Eléments de Mécanique Statistique Quantique

Stage de Master 1 proposé et tutoré par: M.Rouleux (CPT).

On s'intéresse à la réduction d'information en Mécanique Quantique. Ceci conduit à la notion de "système ouvert", dont les états sont décrits par des "opérateurs de densité", i.e. des opérateurs positifs à trace. Cette notion remplace celle de fonction d'onde en Mécanique Quantique, lorsque qu'un système est en présence d'un environnement. Les opérateurs densité normalisés sont appelés "états" et sont l'analogie quantique des mesures de probabilité.

Le travail demandé est d'abord de présenter les notions de "corrélation quantique" (ou "intrication") et de "décohérence". On montrera notamment le théorème de Gleason et le théorème de purification de Schmidt.

On se limite ici essentiellement à la dimension finie, de sorte que les connaissances requises se résument à l'algèbre linéaire matricielle (diagonalisation dans une base orthonormée, trace, produit tensoriel, ...). Il n'est pas nécessaire ici de connaître les aspects physiques de la Mécanique Quantique.

On s'intéressera ensuite plus particulièrement aux inégalités de Bell.

Dès ses débuts, la Mécanique Quantique a remis en cause notre façon de concevoir la "réalité physique". En 1936, Einstein, Podolsky et Rosen, se basant sur des principes de "localité" et de "réalité physique" ont ainsi imaginé une expérience mesurant la corrélation de deux photons, qui mettrait en défaut la Mécanique Quantique (paradoxe EPR). En 1964, J.Bell, comparant les prédictions de la Mécanique Quantique avec celles des principes de "localité" et de "réalité physique" a établi des inégalités sur la corrélation des photons intriqués (inégalités de Bell).

Restait à montrer expérimentalement que ces inégalités étaient effectivement violées en mesurant les corrélations sur des photons intriqués, et ce quelle que soit la distance les séparant; ceci a été réalisé en 1981 par A.Aspect [As]. Depuis la violation des inégalités de Bell a été vérifiée avec succès dans un grand nombre d'expériences ingénieuses, non seulement sur des photons, mais sur des électrons ou des atomes, ce qui présente un intérêt évident par exemple dans la conception des "ordinateurs quantiques".

On se propose d'une part de retrouver les inégalités de Bell pour 2 ou 3 photons intriqués.

La partie originale du stage consiste à les adapter au cas de 3 photons intriqués 2 à 2.

Les inégalités de Bell se basent sur des idées simples de la théorie des Probabilités.

Références (disponibles à la BU):

[As] A.Aspect. Bell's theorem: The naive view of an experimentalist. *in* [BeZe].

[BeZe] R.Bertlmann, A.Zeilinger, ed. Quantum [Un]speakables. Springer,2002.

[LeBel] Michel Le Bellac. Introduction à l'Information Quantique. <https://cel.archives-ouvertes.fr/cel-00092955/document>

[ScOrv] W.Schieve, L.Horwitz. Quantum Statistical Mechanics. Cambridge.