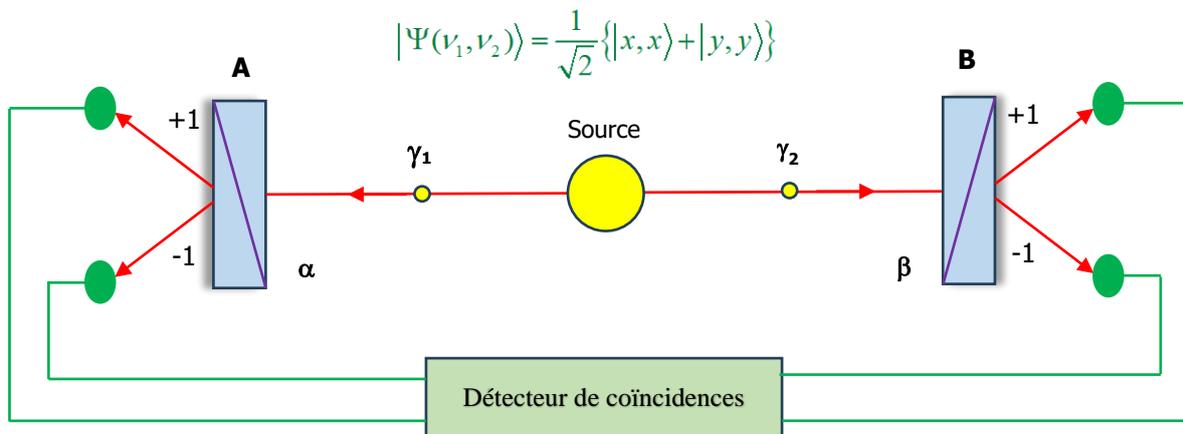


1935 : Einstein et deux de ses collaborateurs (Podolsky et Rosen) ont imaginé une expérience qui violait un principe de base de la relativité, qui veut que l'information ne puisse pas se propager plus vite que la vitesse de la lumière. Dans cette expérience de pensée, appelée expérience EPR (du nom de ses inventeurs), on considère deux systèmes A et B qui interagissent puis qui s'éloignent. Lorsque l'on mesure les probabilités conjointes d'une propriété, la mécanique quantique prévoit que la mesure de l'un modifie profondément le système (c'est le postulat de réduction du paquet d'onde). Ainsi, la mesure simultanée de l'autre système ne peut plus donner que certaines valeurs propres. Les auteurs en concluent qu'une théorie juste devrait comporter certaines variables cachées (pour eux non encore découvertes) assurant une liaison entre les particules (paradoxe EPR), permettant de retrouver le déterminisme de la physique classique.

1964 : Inégalités de Bell. L'argument de Bell utilise le spin quantique, au lieu de la position et de l'impulsion, utilisées dans l'argument EPR, et montre que la corrélation entre deux spins est soumise à une inégalité qui peut être violée si les postulats de la physique quantique sont vrais.

1982 : L'équipe d'Alain Aspect, à Orsay, est la première à montrer de manière irréfutable l'erreur d'Einstein et de ses deux collègues : les particules interagissent bel et bien à grande distance, sans l'aide d'aucune entité, ou "variable" cachée. Cette expérience remarquable vient valider de manière rigoureuse la théorie quantique et montre que deux particules qui ont interagi à un moment conserveront un lien, quelle que soit la distance qui les sépare. Ainsi elles violent les inégalités de Bell.

Voici l'expérience qu'Alain Aspect (avec P. Grangier et G. Roger) a finalisée à Orsay en 1982.



- ✚ La formule signifie simplement que les photons sont en état superposés, c'est-à-dire en polarité verticale(x) et horizontale(y) tout à la fois.
- ✚ La source est réalisée à l'aide d'un atome de calcium excité deux fois par laser synchronisés en fréquence sur $h\nu$.
- ✚ L'émission des deux photons est séparée par un intervalle de temps ultra court.
- ✚ L'orientation α et β des détecteurs de polarisation (A, B) commute plusieurs fois pendant le trajet des photons.
- ✚ Un photon polarisé selon le détecteur (A ou B) donnera le résultat +1, dans le cas où il est perpendiculaire ce sera -1.
- ✚ Le temps de coïncidence γ_1 et γ_2 est plus petit que le temps que mettrait la lumière pour aller du détecteur A au détecteur B, donc pas de possibilité de communication entre les deux photons.

La probabilité de mesure vaut : $A_+B_+(\alpha, \beta) = A_-B_-(\alpha, \beta) = \frac{1}{2} \cos^2(\alpha - \beta)$ et $A_+B_-(\alpha, \beta) = A_-B_+(\alpha, \beta) = \frac{1}{2} \sin^2(\alpha - \beta)$

On peut démontrer que la violation maximale des inégalités de Bell est prévue pour $|\alpha - \beta| = 22.5$ degrés.

1998 : L'expérience d'Alain Aspect et reprise par l'équipe de Nicolas Gisin à l'Université de Genève.

Grâce à l'utilisation de fibres optiques du réseau commercial de télécommunication, les deux détecteurs sont séparés de plus de 10 km. Les résultats sont confirmés, l'intrication quantique existe bien.

2017 : Une équipe de scientifiques chinois a réalisé la distribution basée sur satellite d'une paire de photons intriqués sur une distance de plus de 1'200 km. La paire de photons s'est avérée toujours intriquée après avoir traversé ces longues distances. Comme les photons intriqués vont du satellite vers les deux stations à travers l'atmosphère, de nombreux effets obèrent la transmission, comme la diffraction du faisceau, les erreurs de pointage, la turbulence atmosphérique et l'absorption. Les techniques habituelles de transmission spatiales ne permettaient pas de surmonter ces difficultés. L'utilisation de télescopes à l'émission et à la réception a été d'un grand secours pour l'obtention d'un signal optique exploitable.

2022 : Alain Aspect avec ces deux collègues John Clauser et Anton Zeilinger reçoivent le prix Nobel de physique. Le trio de septuagénaires est récompensé pour ses découvertes sur l'intrication quantique.

