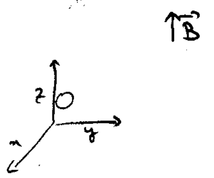
Jean Nerbe
7/3/2013

Modèle standard de la MQ : toutes les mesures sont des mesures de projection : elles détruisent l'état. Or, depuis 10 ans, mesures non destructives.

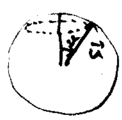
· Comment mesurer l'impulsion de l'électron.

Il faut développer une théorie de la mesure quantique.

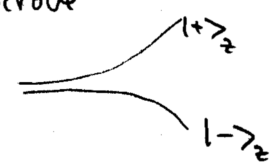


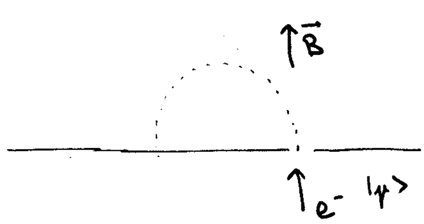
Précession de Larmor

Le spin $\frac{1}{2}$ est caractérisé par un vecteur unitaire de 3 dim.
Il tourne : précession de Larmor.



En même temps, il est spécialisé et sa trajectoire dépend du $|\,\rangle_z$:





l'e^- parcourt un demi cercle de rayon R. Le rayon est une mesure non destructive.

$$\mathcal{S} \otimes \mathcal{E}$$
$|+\rangle_z, |-\rangle_z$ $\quad \psi$

Ainsi, $|+\rangle_z \otimes a_0 \longrightarrow |+\rangle_z \otimes a_1$

$|-\rangle_z \otimes a_0 \longrightarrow |-\rangle_z \otimes a_2$

Posons $s = c_1 |+\rangle_z + c_2 |-\rangle_z$

Alors $s \longmapsto \underbrace{c_1 s_1 \otimes a_1 + c_2 s_2 \otimes a_2}_{\text{interaction entre spin et espace ?}} = \psi$

Considérons $\rho_\psi = |\psi\rangle\langle\psi|$ et prenons $\{s_1, s_2\}$, $\{a_1, a_2\}$
$|a_1|^2 = |a_2|^2 = 1 \quad \langle a_1, a_2\rangle = 0 = \int \bar{a}_1 a_2$

$\rho_1 = |c_1|^2 \, |s_1\rangle\langle s_1| + |c_2|^2 \, |s_2\rangle\langle s_2|$
par trace partielle pour les fonctions spatiales (on ne s'intéresse qu'au spin)

Q : Peut-on affirmer que l'électron est ontologiquement dans l'état $|s_1\rangle$ ou $|s_2\rangle$?

Mettons un écran. On saura que l'e^- est dans l'état $|s_1\rangle$ ou $|s_2\rangle$.

Faisons un changement de base : $s_1 = \frac{1}{\sqrt{2}}[t_1 + t_2]$, $s_2 = \frac{1}{\sqrt{2}}[t_1 - t_2]$

Alors $\psi = \frac{1}{\sqrt{2}}\left(t_1 \otimes a'_1 + t_2 \otimes a'_2\right)$ avec $a'_1 = c_1 a_1 + c_2 a_2$
$a'_2 = c_1 a_1 - c_2 a_2$, $c_1, c_2 = \frac{1}{\sqrt{2}}$

$\rho_1 = \frac{1}{2} |+\rangle_x \langle +|_x + \frac{1}{2} |-\rangle_x \langle -|_x$

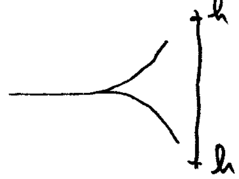
La particule est-elle dans l'état $|+\rangle_x$ ou $|-\rangle_x$

Modèle de vN de la mesure :

$|s_1\rangle \otimes |a_0\rangle \longmapsto |s_1\rangle \otimes |a_1\rangle$

$|s_2\rangle \otimes |a_0\rangle \longmapsto |s_2\rangle \otimes |a_2\rangle$

$c_1 s_1 + c_2 s_2 \longmapsto \psi = c_1 s_1 \otimes a_1 + c_2 s_2 \otimes a_2$

Dans le Stern-Gerlach, 

on a un paramètre h

Si on bouche un seul trou ... on fait quand même une mesure !

Daniel : on ne peut changer un dispositif en cours de manip.

Il faut une intervention pour pouvoir énoncer que l'é est dans l'état s_1 ou s_2.

ρ A $\mathrm{Prob}(A, a_i, \rho) = \mathrm{Tr}(\rho \underbrace{P_{|a_i\rangle}}_{P_i}) = a_i$

ψ

ρ . . . . a_i . . $|a_i\rangle$ . . . .

Si je regarde, l'état de la mesure est $|a_i\rangle$: $\rho \xrightarrow[\text{lue}]{\text{mesure}} \frac{P_i \rho P_i}{q_i} = \frac{1}{q_i} P_i \rho P_i$

Si je ne regarde pas, j'ai $a_1 |a_1\rangle$, $a_2 |a_2\rangle$, ...

et $\rho' = \sum q_i |a_i\rangle\langle a_i|$

$\rho' = \sum P_i \rho P_i$

Joël : cf réponse de Bohr à Einstein sur EPR

Suite : mesure généralisée pour parler des mesures destructives.

cf Haroche et Belac.