Quelques réflexions sur la MQ.

Jean Merker

$\langle \varphi, \psi \rangle$: amplitude : c'est un mot qui apparaît surtout chez Feynman.

$\langle \varphi_{t_1}, \varphi_{t_2} \rangle$: une évolution (en éq de Schrödinger).

$\langle \varphi, \psi \rangle$: quelle est la propriété que φ après mesure soit dans l'état ψ?

Formalisme: Attitude 1 $\mathcal{H}$ espace de Hilbert, $\mathcal{A}$ algèbre d'opérateurs

$\psi \in \mathcal{H}$, A opérateur sur $\mathcal{H}$, a_1, a_2 valeurs propres de A.

$|\rangle_1$ et $|\rangle_2$ deux vecteurs propres

Si $\psi = c_1 |\rangle_1 + c_2 |\rangle_2$, $\text{Prob}(A, \psi, a_1) = |\langle \psi, |\rangle_1 \rangle|^2$

Si on considère une algèbre abstraite $\mathcal{A}$, elle détermine $\mathcal{H}$.

Attitude 2 : on part de $\mathcal{A}$, on prend une attitude statistique.

Attitude 3 : on part de $\mathcal{H}$, $\mathcal{A}$ est presque absent.

on considère l'objet individuel en mécanique quantique.

Q. Quand on affirme $\langle x, y \rangle = 0$, est-ce ontologique ?

$\langle x, y \rangle = 0$ veut dire : il n'y a pas d'opérateur A ~~symétrique~~ hermitien tel que

$Ax = y$

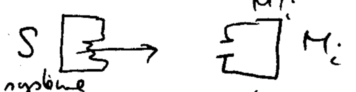
y $\vec{vp}$, complète en une base $y = y_1, y_2, \dots, y_n$ de $\vec{vp}$.

$x = \sum_i c_i y_i$ ... principe de projection ...

Considérons deux vecteurs propres $|m\rangle$, $|v\rangle$

$$|m\rangle = |+\rangle_z \longrightarrow |?\rangle_x \begin{cases} \nearrow |v\rangle \\ \searrow |m\rangle_{M_i} \end{cases}$$

$\boxed{\text{Attitude 2}}$: Un état η



- défini par une préparation et des mesures.

Alors $\eta(A)$ = moyenne des mesures.

$\eta \longleftrightarrow$ densité ρ et $\langle f \rangle = \int f(x) \rho(x)\, dx$.

Alors $\eta(A) = \langle A \rangle_\eta = \mathrm{tr}(A\rho)$.

$\psi \to \rho_\psi$ pur $= |\psi\rangle\langle\psi|$: $\eta_\psi(A) = \langle\psi|A|\psi\rangle$.

$[A, B]$: commutation.

$\Psi = \sum c_i \; \varphi_i \otimes \psi_i$

$\mathcal{S}_1 \quad \mathcal{S}_2$

Dans le cadre 1 : les probabilités sont données

$\mathcal{S}$ → M et je mesure expérimentalement 2 valeurs : $\lambda_1 \neq \lambda_2$

$p_1 \quad \lambda_1 \quad |m\rangle$

$p_2 \quad \lambda_2 \quad |v\rangle$ et je vois défini que $|m\rangle \perp |v\rangle$.

Si $\psi = c_1|m\rangle + c_2|v\rangle$, a-t-on $\psi = \begin{cases}|m\rangle \\ |v\rangle\end{cases}$ avec une probabilité $\begin{matrix} c_1 \\ c_2\end{matrix}$?

Soit $\mathcal{H}_1 = \mathrm{lin}(|m_1\rangle, |v_1\rangle)$

Mon vecteur $|m_1\rangle$ passe par un autre appareil de mesure :

$|m_1\rangle \xrightarrow{a_1} |m_2\rangle$, $|m_1\rangle \xrightarrow{b_1} |v_2\rangle$ et de même $|v_1\rangle \to |m_2\rangle$, $|v_1\rangle \to |v_2\rangle$

Alors $|m_1\rangle = \alpha_1|m_2\rangle + \beta_1|v_2\rangle$, $\quad |\alpha_1|^2 = a_1 \quad |\beta_1|^2 = b_1$

et on en déduit la forme de ψ.

$\boxed{\text{Attitude 3}}$: $\mathcal{H}$: $\psi = \alpha|m\rangle + \beta|v\rangle$.

$\mathcal{S} \quad s_1, s_2$ $\qquad$ On obtient $c_1 s_1 \otimes a_1 + c_2 s_2 \otimes a_2$,

$M \quad a_1 \quad a_2$ $\qquad$ une superposition avec des produits tensoriels.

Il apparaît que $s_1 \perp s_2$

En théorie de la mesure, on va supposer $a_1 \perp a_2$. Que cela veut-il dire ?

Ce sont nos yeux qui les distinguent !

Considérons $\rho_1 = \begin{pmatrix} |c_1|^2 & c_1\bar{c_2}\langle a_1, a_2\rangle \\ \bar{c_1}c_2\langle a_1, a_2\rangle & |c_2|^2\end{pmatrix}$ $\underset{\text{puisque } \langle a_1,a_2\rangle = 0}{=}$ $\begin{pmatrix} |c_1|^2 & 0 \\ 0 & |c_2|^2\end{pmatrix} = |c_1|^2 s_1 \vee |c_2|^2 s_2$

$= \mu_1 \rho_{s_1} + \mu_2 \rho_{s_2}$.

et

Introduisons l'environnement : le système complet est $\mathcal{S} \otimes \mathcal{M} \otimes \mathcal{E}_{\{e_1, e_2\}}$

et soit $\Phi = c_1\, s_1 \otimes a_1 \otimes e_1 + c_2\, s_2 \otimes a_2 \otimes e_2$

$$\rho_1 = \begin{pmatrix} |c_1|^2 & c_1 \overline{c_2} \langle e_1, e_2 \rangle \\ \overline{c_1} c_2 \langle e_2, e_1 \rangle & |c_2|^2 \end{pmatrix}$$

" si l'environnement est important, $\langle e_1, e_2 \rangle = 0$, les interférences sont détruites "

On n'a parlé que de vecteurs d'état macroscopiques.

Conclusion : dans ce fonctionnement, il n'y a pas d'ontologie.

Cela rappelle Galilée : "tous les objets tombent de la même manière"

Einstein : il y a autre chose ! | La masse est responsable de la chute ... mais elle n'intervient pas quantitativt

Ici aussi, il faut un Einstein qui explique pourquoi tous les objets sont également sujets à la MQ.

La MQ est un principe heuristique.

De même, la statistique propose une heuristique.

orthogonalité : instrument de l'inférence d'un résultat vers un autre.

Cf. De Broglie et son livre vert.