

Théorie quantique de l'information et inconscient

François Martin

Collaborations et discussions avec

Patrick Aurenche, Belal Baaquie,
Federico Carminati, Alain Connes,
Giuliana Galli Carminati, Sonia Kabana, ...

Motivations

- Des phénomènes analogues à des phénomènes de physique quantique (i.e. intrication quantique) se manifestent dans les phénomènes psychiques (corrélations inconscientes à distance, formation d'inconscient groupal, ...).
- Les états mentaux (conscients ou inconscients) peuvent être envisagés comme des états d'information.

Plan

- I - Introduction à la théorie quantique de l'information
 - Information classique
 - Information quantique
 - Principe de superposition
 - Espace de Hilbert
 - Intrication quantique
 - Du bit classique au bit quantique (qubit)
 - Représentation d'un qubit
 - Sphère de Bloch

Plan

- II - Modélisation des états mentaux (inconscients ou conscients)
 - L'inconscient comme système de qubits
 - Champs d'interaction matériels
 - Théorie quantique du champ psychique
 - Traitement de l'information
 - Opérations logiques
 - Circuits logiques réversibles
 - Porte logique à un qubit
 - Champs de la Psyché

Plan

- Portes logiques à deux qubits. Porte CNOT
- Transformations unitaires
- Circuits quantiques
- Interaction d'un qubit avec un champ quantique
- Interaction entre deux qubits

III - Amplification

IV – Archétypes

V - Conclusions

I - Introduction à la théorie quantique de l'information

- Cours de Michel Devoret au Collège de France (2010) <http://www.physinfo.fr/lectures.html> (en anglais)
- Conférence de Charles Bennett:
Information is Quantum www.research.ibm.com/people/b/bennetc/QInfWeb.pdf

Information classique

- Information: série de symboles

Lettres: CRISTAL NOIR DE MA PENSEE

Binary Digits (bits): 101100010111001110

Toute information peut être réduite à des séries de bits
(Shannon)

Information classique

- Chaque bit d'information d'un ordinateur « classique » est physiquement représenté par des milliers de particules quantiques.
- L'information est encodée uniquement dans le comportement moyenné de ces particules.
- Ce comportement moyenné est décrit par la physique classique.

Information quantique

- L'information quantique diffère de l'information classique de deux manières:
 - chaque bit d'information est physiquement transporté par une seule particule (et non par des milliers).
 - le principe de superposition de la physique quantique est exploité.

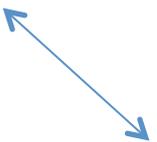
Principe de superposition

- Il s'agit de la superposition au sens des vecteurs (d'un espace de Hilbert).
- Entre deux états distincts de manière fiable d'un système quantique (e.g. un photon polarisé verticalement ou horizontalement) il existe d'autres états que l'on ne peut pas distinguer de manière fiable des deux premiers états (e.g. un photon polarisé diagonalement).

Principe de superposition

- Mathématiquement, une superposition est une somme, ou une différence, pondérée.

Elle peut être décrite par une *direction* intermédiaire dans l'espace:


$$= (\rightarrow - \uparrow) / \sqrt{2}$$

Les états non-orthogonaux, comme \rightarrow et \uparrow sont, en principe, imparfaitement distinguables.

\rightarrow se comporte toujours « un peu » comme \uparrow et vice versa.

Métaphore pour le principe de superposition



Espace de Hilbert

- « L'existence d'un système quantique apparaît fondamentalement dans un espace de Hilbert. L'espace-temps n'en est qu'une représentation, quelquefois inopérante et quelquefois hautement dégénérée.

En mécanique quantique, l'espace-temps est relégué au simple rôle de représentation (et pas forcément la plus utile). »

Yuval Ne'eman

Information quantique

- « Le calcul quantique est au calcul classique ce que les nombres complexes sont aux nombres réels. » (Charles Bennett)
- « C'est plutôt la mécanique classique qui est bizarre et non la mécanique quantique. » (Michel Devoret)

Du bit classique au bit quantique

- Le bit quantique est représenté par deux niveaux d'énergie d'un système microscopique (molécule, atome, noyau, particule, ...).

Par exemple l'inversion de la molécule d'ammoniaque.

Bit quantique = qubit (quantum bit).

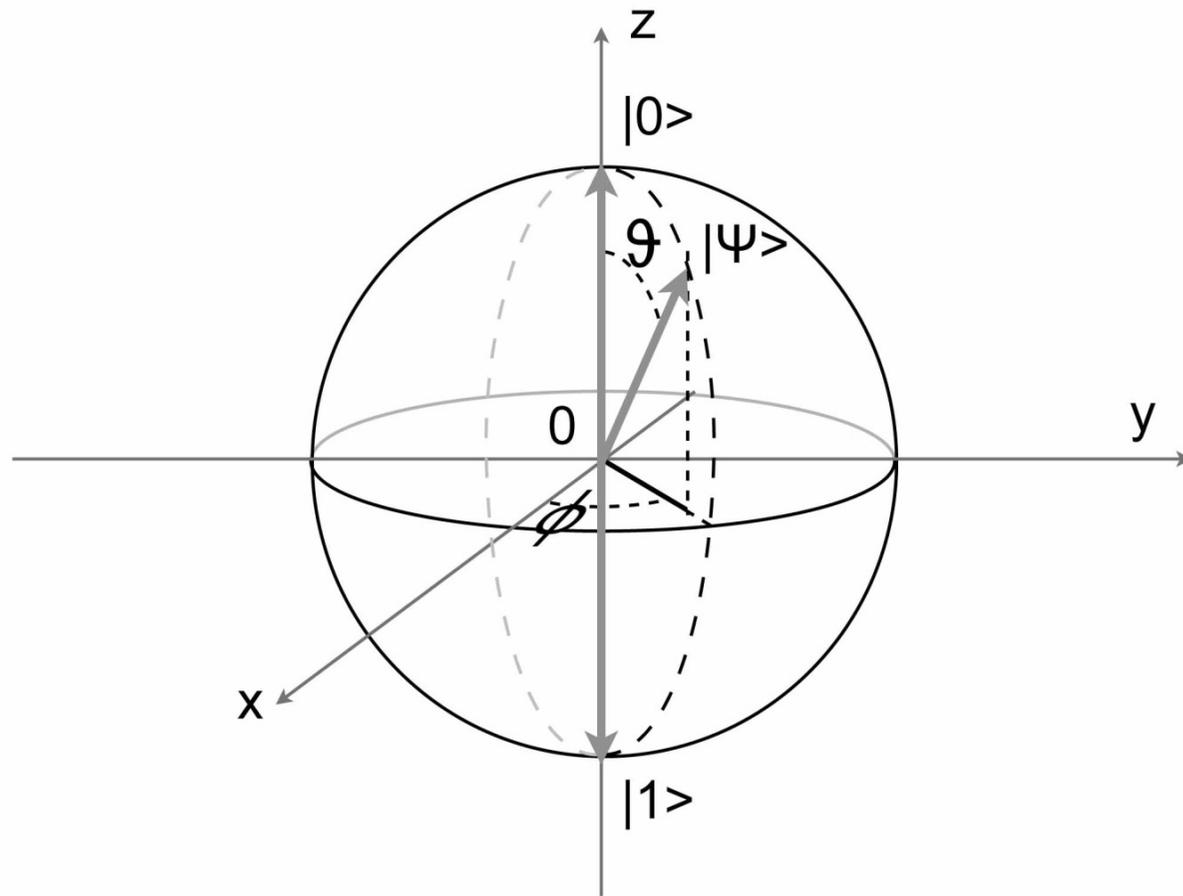
Les états de qubit sont des états dynamiques.

Le qubit peut aussi être représenté par deux états de polarisation « distinguables » (orthogonaux), e.g. états de polarisation d'un photon, ou d'un spin $\frac{1}{2}$.

Représentation d'un qubit

- Deux niveaux d'énergie d'une molécule, d'un atome, d'un noyau, d'une particule ... peuvent être représentés de manière effective par les deux états d'un spin $\frac{1}{2}$.
- Un spin $\frac{1}{2}$, donc un qubit, est représenté par un vecteur $|\Psi\rangle$ de la sphère de Bloch.

Sphère de Bloch



Bit classique --- Bit quantique

- Un bit classique est soit 0, soit 1.
- Un bit quantique (qubit) peut être 0 « ET » 1.

Le spin de l'électron (ou du proton) dans un champ magnétique peut coder l'information.

Logique classique – Logique quantique

- « 0 OU 1 », « onde OU corpuscule », ... ,
logique du tiers exclu (classique).
- « 0 ET 1 », « onde ET corpuscule », ... ,
logique du tiers inclus (quantique).

Principe de superposition

- $|0\rangle$ spin up $|1\rangle$ spin down

$$|\Psi\rangle = \alpha|0\rangle + \beta|1\rangle$$

α et β nombres complexes

$$|\Psi\rangle = \cos(\theta/2) \exp(-i\phi/2) |0\rangle + \sin(\theta/2) \exp(+i\phi/2) |1\rangle$$

Information quantique

- L'information quantique
 - ne peut être lue ou copiée sans perturbation,
 - peut connecter deux particules via une corrélation trop forte pour être expliquée en imputant un état séparé (peut être inconnu) à chacune des deux particules (intrication quantique, système non-séparable).

Intrication quantique

- Phénomène fondamental de la physique quantique qui n'existe pas en physique classique.
- Lorsque deux, ou plusieurs particules, ont été « préparées » ensemble, ou ont interagi pendant un certain intervalle de temps, elles restent fortement corrélées même si elles sont séparées par une très grande distance.

Intrication quantique

- Si l'on mesure une quantité physique de l'une des particules (e.g. leurs polarisations) , les autres particules vont instantanément prendre les propriétés physiques correspondantes (corrélées).
- Pas d'interaction entre les particules et pas de transfert d'information entre elles (non-localité).

Intrication quantique

- Avant une mesure les propriétés physiques de chaque particule individuelle ne sont pas déterminées (théorie non-réaliste).
- Un système de deux, ou plusieurs, particules quantiquement intriquées est non-séparable. C'est un système global.
- Métaphore du jeu de dés corrélés (Nielsen).

Intrication quantique

$$\frac{\begin{pmatrix} \leftrightarrow \\ \leftrightarrow \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \updownarrow \\ \updownarrow \end{pmatrix}}{\sqrt{2}} = \frac{\begin{pmatrix} \nearrow \\ \searrow \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \nwarrow \\ \swarrow \end{pmatrix}}{\sqrt{2}} \neq \begin{pmatrix} \nearrow \\ \searrow \end{pmatrix}$$

Intrication quantique

- La physique quantique est une théorie non-locale et non réaliste.
- Quantum entanglement (intrication quantique) est simplement le nom donné par Schrödinger pour désigner la superposition d'états à multi-particules.

Information quantique

- L'information quantique est réductible à un système de qubits.
- Le traitement de l'information quantique est réductible à des opérations de portes logiques quantiques à un ou deux qubits.

Information classique --- Information quantique

- L'information classique ordinaire, telle que celle que l'on obtient en lisant un livre, peut être copiée à volonté et n'est pas perturbée par la lecture.
- Il est impossible de connaître toute l'information d'un système quantique.

Il est impossible de copier un système quantique (théorème de non-clonage). Cependant il est possible de réaliser un clonage imparfait optimal.

Information quantique

- L'information quantique est proche de l'information contenue dans un rêve.
 - En essayant de raconter notre rêve nous changeons la mémoire que nous en avons. Finalement nous oublions le rêve et nous nous souvenons uniquement de la description que nous en avons faite.
 - Nous ne pouvons pas prouver à quelqu'un d'autre que nous avons rêvé.
 - Nous pouvons mentir sur nos rêves et ne jamais être pris en flagrant délit de mensonge.

Information quantique

- L'information quantique obéit à des lois bien connues.
- Les rêves, fenêtres sur l'inconscient, obéissent probablement à des lois (pour le moment inconnues).

Nous supposerons, en première approximation, que l'inconscient est formé d'un système de qubits (unités élémentaires d'information quantique) obéissant aux lois de l'information quantique.

II - Les états mentaux comme qubits

Exemple:

$|0\rangle$ = « le père est mort »

$|1\rangle$ = « le père est vivant »

Dans la réalité (classique) nous avons:

$|0\rangle$ OU $|1\rangle$

Au niveau de l'inconscient nous avons:

$|0\rangle$ « ET » $|1\rangle$,

superposition des deux états.

Champs d'interaction matériels

- Le champ électromagnétique.
- Le champ nucléaire d'interaction faible (radioactivité).
- Le champ nucléaire d'interaction forte (cohésion nucléaire).
- Le champ gravitationnel.
- **Les trois premiers champs sont quantifiés et unifiés.**
- Le champ gravitationnel n'est, pour le moment, pas quantifié, ni unifié avec les trois autres.

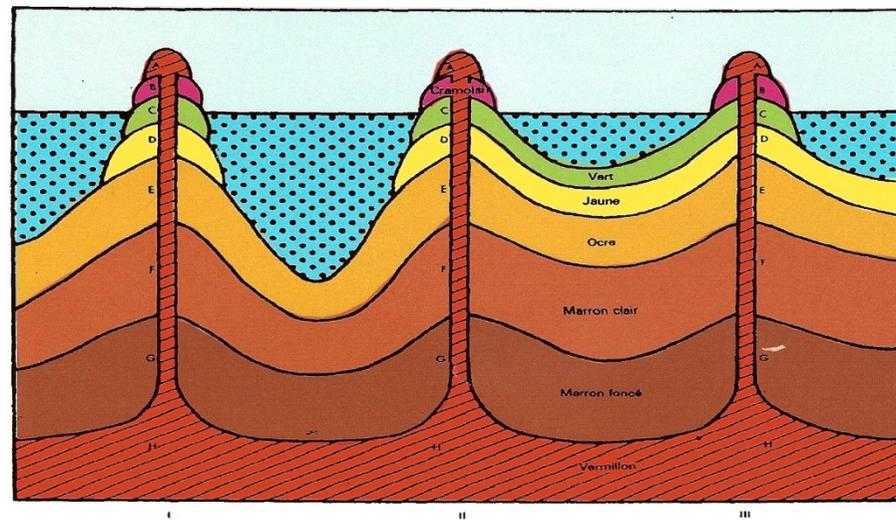
Théorie quantique du champ psychique

- Le psychisme serait une excitation particulière d'un champ psychique de nature quantique sous-jacent et universel – champ de conscience universelle ainsi que d'inconscient universel (B. Baaquie et F. Martin, 2003).
- Champ quantique de nature différente de ceux de la matière (immatériel?).
- Deux champs: un champ se référant à la spécificité individuelle de la personne et un champ « collectif » représentant l'universalité de la psyché humaine.

Etats quantiques du psychisme

- Ce sont les états mentaux. Ils sont obtenus par action du champ psychique sur le vide quantique ou sur un état quantique fondamental.
- L'état quantique fondamental de l'espèce humaine a une structure très proche de l'Inconscient Collectif de Jung.
- L'état de vide quantique est l'état quantique des possibilités de toutes les qualités psychiques et des attributs de l'univers, des lois et de la structure de l'univers physique.

Modèle en couches (Jung, 1925)



Clé du diagramme

- | | |
|--|---|
|  A. Individu (sommet) |  E. Grand groupe (p. ex. Europe) |
|  B. Famille |  F. Ancêtres primitifs |
|  C. Clan |  G. Ancêtres animaux en général |
|  D. Nation |  H. Feu central |

Théorie quantique du champ psychique

- Une interprétation quantique, en terme de champs, du modèle en couches de l'Inconscient Collectif de Jung.
- Autres modèles:
 - Noosphère (Pierre Teilhard de Chardin)
 - Champ Akashique (hindouisme)

Théorie quantique du champ psychique

Les quanta du champ psychique sont-ils immatériels?

Ils peuvent être associés aux psychons (unités d'expérience mentale subjective) dont John Eccles a postulé l'existence.

Pour Eccles un psychon est associé à un « paquet » organisé de neurones.

Traitement de l'information

- Classique: calcul Booléen

0 OU 1

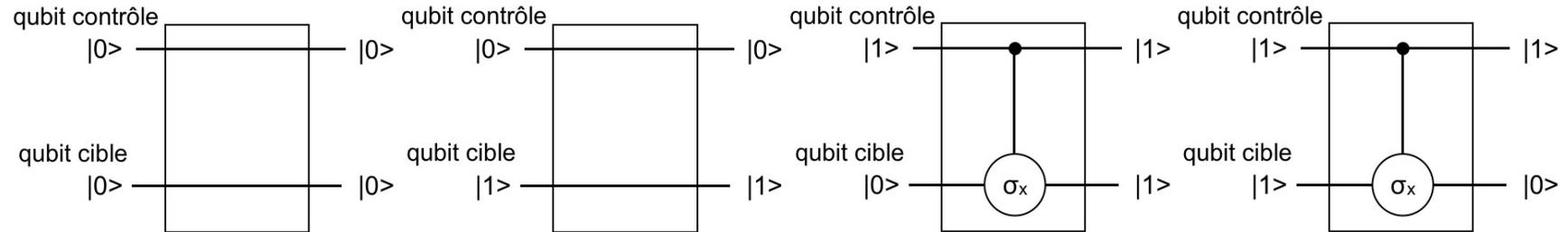
addition et multiplication modulo 2

- Quantique:

le traitement de l'information quantique étend le calcul Booléen mais la logique n'est plus booléenne: 0 « ET » 1

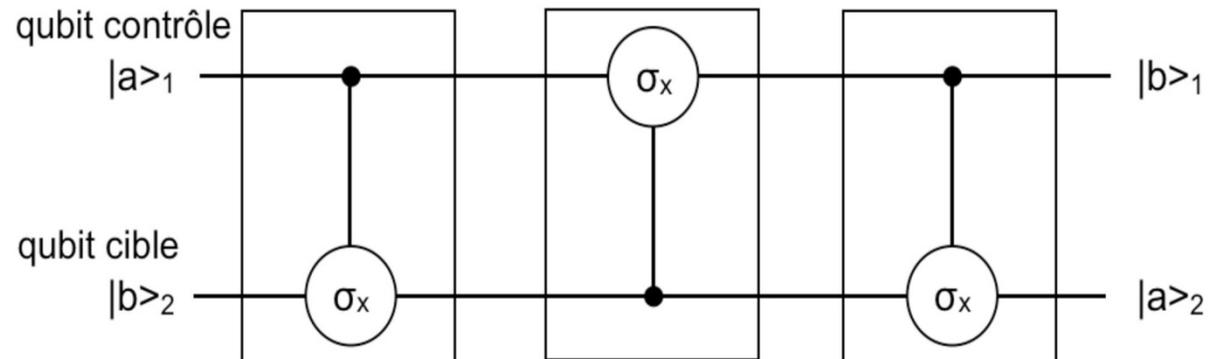
Opérations logiques

Porte CNOT



Opérations logiques

- Opération échange (swap):



Opérations logiques

- Le bit ancilla (auxiliaire ou accessoire) n'est pas un bit actif. Il a été soigneusement préparé.
- Actuellement, dans les circuits supraconducteurs, on manipule trois qubits.

En optique quantique, avec les ions piégés en cavité micro-onde, on manipule huit qubits.

Nous sommes loin des milliards de bits manipulés en information classique (Megaoctet ou Gigaoctet).

Circuits logiques réversibles

- Représentation analogue à une partition de musique avec une portée.
- Fonction qui conserve (préserve) l'information. Calcul (opération) réversible.

Aucune information n'est perdue.

Il y a autant de bits qui entrent que de bits qui sortent.

La fonction conserve l'information donc l'entropie.

Sorte de conservation de l'énergie lorsque le nombre de bits à 1 au départ est égal au nombre de bits à 1 à l'arrivée (pas toujours vérifié).

- Quantiquement on ne pourra pas effectuer de mesure sans perturber l'état.

Porte logique à un qubit

- Exemple NOT: circuit logique quantique NOT

$$|1\rangle \text{ ----- temps -----} \rightarrow -i|0\rangle$$

Précession de l'état vectoriel autour d'un champ dirigé suivant Ox, pendant un temps correspondant à un angle de 180°.

Résolution du deuil (dans l'inconscient):

$$|U1\rangle \text{ -----} \rightarrow -i|U0\rangle$$

« le père est vivant »

« le père est mort »

Porte logique à un qubit

- Les portes logiques à un qubit sont les rotations sur la sphère de Bloch.

En général, les portes logiques à un qubit sont obtenues en appliquant **des champs** aux qubits.

Dans le cas d'une particule de spin $\frac{1}{2}$ il s'agit d'un champ magnétique (pulse micro-onde de Rabi). Exemple de la Résonance Magnétique Nucléaire (RMN), utilisée dans les IRM (Imagerie par Résonance Magnétique nucléaire).

Porte logique à un qubit

Dans l'exemple:

$$|1\rangle \xrightarrow{\text{temps}} -i|0\rangle$$

il faut appliquer un champ micro-onde le long de Ox pendant un temps égal à π/B_{eff} .

Si nous laissons agir le champ suffisamment longtemps nous obtenons des oscillations de Rabi.

Champs de la Psyché

- Dans ce cas les champs appliqués aux qubits peuvent être:
 - les champs du conscient (volonté),
 - les champs de l'inconscient individuel,
 - les champs de l'Inconscient Collectif (archétypes),
 - les champs de l'inconscient individuel d'une autre personne.

Champs de la Psyché

- Remarquons qu'en ce qui concerne, par exemple le deuil, ces champs peuvent agir dans un sens ou dans l'autre.

Portes logiques à deux qubits – Porte CNOT

- qubit contrôle:

$$|\Psi_1\rangle = \alpha|0\rangle_1 + \beta|1\rangle_1$$

qubit cible:

$$|\Psi_2\rangle = |0\rangle_2$$

Porte CNOT (Contrôle NON):

$$\text{CNOT}_{12} |\Psi_1\rangle |\Psi_2\rangle = \alpha|0\rangle_1 |0\rangle_2 + \beta|1\rangle_1 |1\rangle_2$$

Il n'y a plus factorisation: $|\Psi_1\rangle |\Psi_2\rangle$

Système non-séparable de deux qubits, intrication quantique.

Portes logiques à deux qubits – Porte CNOT

Il n'y a pas copie mais une sorte d' « alignement » du qubit cible sur le qubit contrôle, bien que la direction de chacun des deux qubits sur la sphère de Bloch ne soit pas définie.

Voir plus haut l'exemple des deux photons maximalement intriqués.

Il ne s'agit pas d'un clonage de $|\Psi_1\rangle$ sur $|\Psi_2\rangle$, ni même d'un clonage approximatif.

Portes logiques à deux qubits – Porte CNOT

- Cas d'un qubit inconscient et d'un qubit préconscient:

$$\text{CNOT}_{12} |U\rangle |P\rangle = \alpha |U0\rangle |P0\rangle + \beta |U1\rangle |P1\rangle$$

Intrication quantique entre l'inconscient et le préconscient

ou de deux qubits de l'inconscient de deux individus:

$$\text{CNOT}_{12} |U\rangle_1 |U\rangle_2 = \alpha |U0\rangle_1 |U0\rangle_2 + \beta |U1\rangle_1 |U1\rangle_2$$

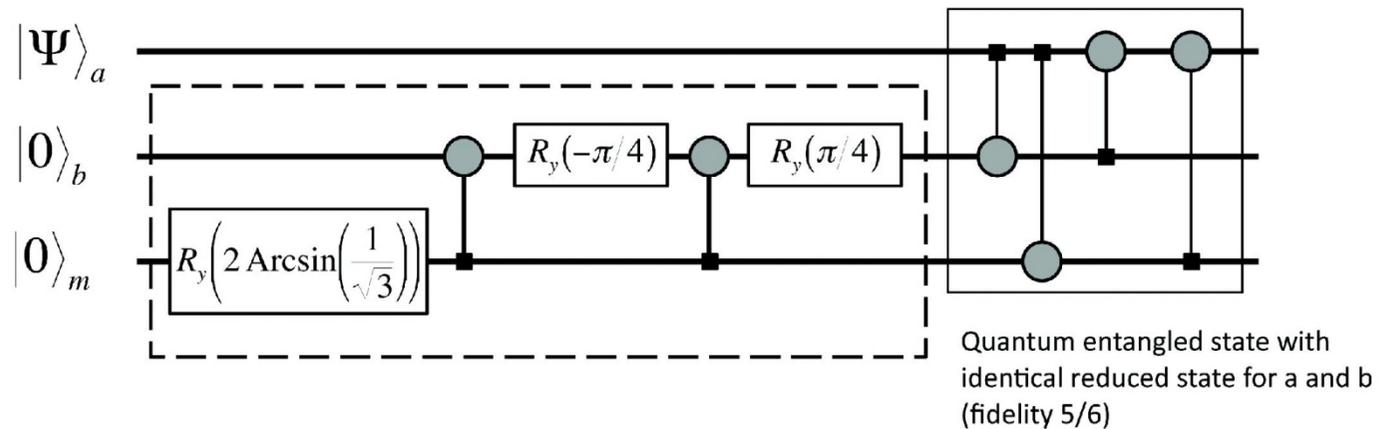
Intrication quantique entre deux inconscients.

Transformation unitaire d'un système de qubits

- Une transformation unitaire est non destructive (QND: Quantum Non-Demolition).
Elle conserve les probabilités.
- **Théorème fondamental de l'information quantique:**
Toute transformation unitaire d'un système à n qubits peut se décomposer en portes CNOT à deux qubits et en rotations à un qubit (up to an irrelevant overall phase). (Nielsen et Chuang, 2000)

Circuits quantiques

- Exemple: circuit de clonage optimal



Circuits quantiques

- Nous pouvons imaginer un tel circuit avec
 $|\Psi\rangle_a = |U\rangle$, $|0\rangle_b = |P0\rangle$
et $|0\rangle_m = |I0\rangle$ (ancilla).

Ainsi nous clonons de manière optimale l'inconscient sur le préconscient (fidélité 5/6), l'insight $|I\rangle$ jouant le rôle d'ancilla.

Interaction d'un qubit avec un champ quantique

- Un quantum du qubit est échangé avec un quantum du champ.

Interactions entre deux qubits

- Interaction séculaire:

$$H_{\text{int}} = (\hbar J_{||}/4)\sigma_z^1 \otimes \sigma_z^2$$

- à privilégier,
- permet la construction d'une porte CNOT en faisant interagir les deux qubits pendant un temps $t = 1/(2J_{||})$,
- utilisée en RMN (Résonance Magnétique Nucléaire).

Interactions entre deux qubits

- Interaction Flip-Flop

$$H_{\text{int}} = (\hbar J_{\perp}/4)[\sigma^1_x \otimes \sigma^2_x + \sigma^1_y \otimes \sigma^2_y]$$

$$= (\hbar J_{\perp}/2)[\sigma^1_+ \otimes \sigma^2_- + \sigma^1_- \otimes \sigma^2_+]$$

σ_+ crée un qubit $|0\rangle$ et annihile un qubit $|1\rangle$

- L'interaction transforme un qubit $|0\rangle$ en qubit $|1\rangle$
au bout d'un temps $t = 1/(2J_{\perp})$

- Oscillations de Rabi de période $1/J_{\perp}$

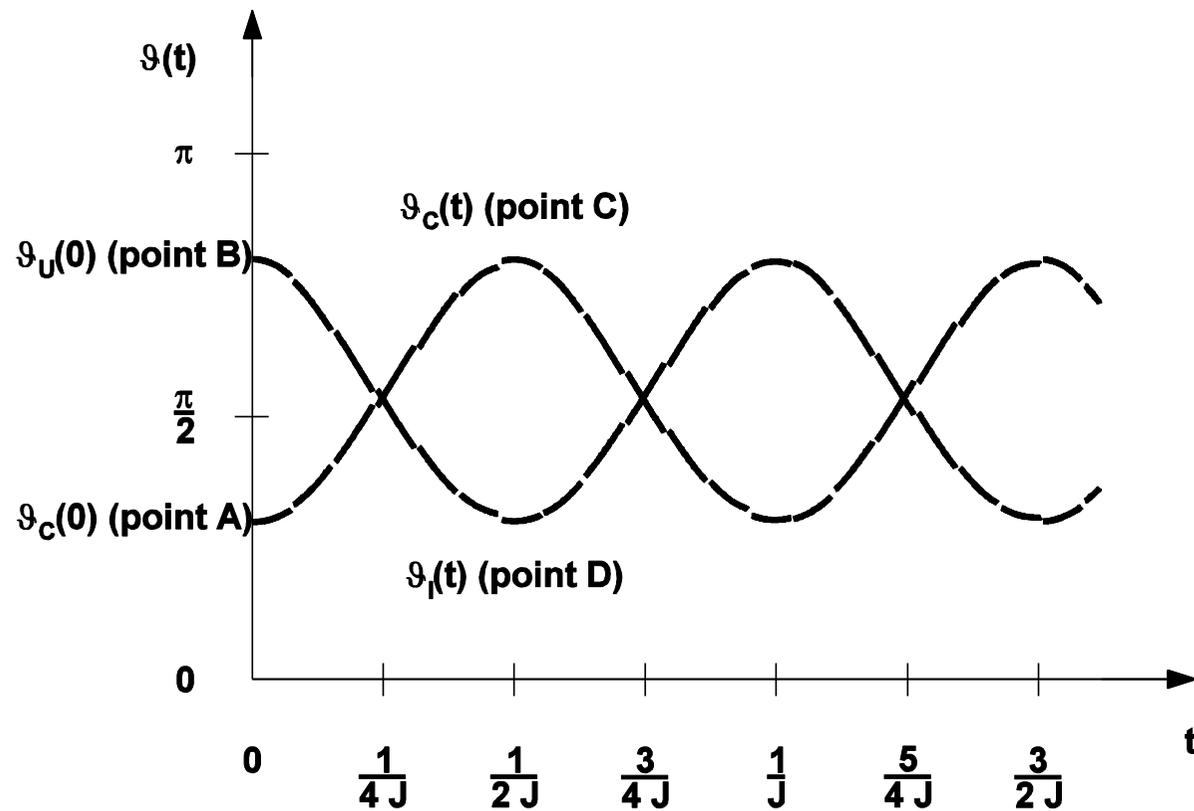
Interactions entre deux qubits

- Exemple dans le cas de l'inconscient:
oscillations de Rabi entre l'inconscient et le préconscient

$$\cos(\pi J_{\perp} t) |U1\rangle |P0\rangle - i \sin(\pi J_{\perp} t) |U0\rangle |P1\rangle$$

ou entre le préconscient et le conscient.

Oscillations de Rabi



Interactions entre deux qubits

- Interaction d'échange

$$H_{\text{int}} = (\hbar J/4)\sigma^1 \otimes \sigma^2$$

- difficile à gérer,
- utilisée dans les supra-conducteurs,
- étudiée dans l'article F. M., F. Carminati et G. Galli Carminati

III - Amplification

- **Jung**: « L'amplification est l'extension et l'approfondissement d'une image onirique au moyen d'associations centrées autour du thème du rêve et de parallèles tirés des sciences humaines et de l'histoire des symboles (mythologie, mystique, folklore, religion, ethnologie, art, etc.). Grâce à quoi le rêve devient accessible à l'interprétation. »

Amplification

- Analogie avec la physique quantique:
microscopique → macroscopique
Particule dans une chambre à bulles.
Laser.

IV - Archétypes

- **Jung**: « Les représentations archétypiques qui apparaissent dans les fantaisies, les rêves, les idées délirantes et les illusions des individus, ont leur origine dans l'archétype qui, en lui-même, **échappe à la représentation**, forme préexistante et inconsciente qui semble faire partie de la structure héritée de la psyché et peut, par conséquent, se manifester spontanément partout et en tout temps. »

Archétypes

- **Physique quantique**: un système quantique **échappe à toute représentation** classique. Représentation par un objet mathématique (fonction d'onde, champ quantique).
- **Jung**: « Les archétypes ne sont déterminés que dans leur *forme* et encore à un degré très limité. Une image primordiale n'a un contenu déterminé qu'à partir du moment où elle est devenue consciente et est, par conséquent, emplie du matériel de l'expérience consciente. »

Archétypes

- **Physique quantique**: une particule n'existe en tant que telle qu'à partir du moment où elle a été enregistrée par un détecteur. Elle acquiert alors un « contenu déterminé ».
- **Jung**: « **L'archétype en lui-même est vide**; il est un élément purement formel, rien d'autre qu'une *facultas praeformandi* (une possibilité de préformation), forme de représentation donnée *a priori*. »

Archétypes

- Les **Archétypes** (avec un grand A) seraient des quanta du champ universel inconscient. Ces Archétypes seraient des **systemes quantiques vides de « forme »**, c'est-à-dire vides de toute représentation. Ils contiendraient cependant de l'information quantique.

Archétypes

- L'interaction de ces Archétypes avec un inconscient individuel, en particulier avec les états de mémoire, ainsi qu'avec les états de mémoire collectifs de l'humanité (Inconscient Collectif), « feraient surgir » certains archétypes (avec un petit a) qui seraient des représentations des Archétypes et qui pourraient donc devenir conscients.

Archétypes

- Superposition jeune femme – vieille femme:

Archétype: le Temps

« Champ magnétique »: la Femme

archétype: l'image de la superposition jeune femme – vieille femme qui contient les deux états pointeurs (« pointer-states »).

Le **« Champ magnétique »** représente le matériel de l'expérience consciente.

Métaphore pour le principe de superposition



Le Rebis

PHILOSOPHORVM.



hie ist geboren die eddele Keyserin reich/
Die meister nennen sie ihrer dochter gleich.
Die vermeret sich/gebirt kinder ohn zal/
Sain vnd selich rein/vnnd ohn alles wahl.

Die

Le Rebis

- Le Rebis

Archétype: le Sexe

« **Champ magnétique** »: l'être humain

archétype: l'image du Rebis qui contient les deux états pointeurs (« pointer-states »).

La représentation reste quantique.

Shiva



V - Conclusions

- Importance de l'intrication quantique:
 - dans les systèmes physiques: information quantique, ordinateur quantique, cryptographie, téléportation, ...
 - dans les phénomènes psychiques,
 - dans la stabilité des systèmes biologiques?
- Intrication quantique entre inconscients individuels, Inconscient Collectif et matière? Synchronicité.

Conclusions

- L'existence d'un champ quantique de conscience universelle permet d'expliquer l'existence de la conscience sans que cette dernière soit une propriété émergente de la complexité des circuits neuronaux.
- Elle permet aussi d'expliquer les phénomènes de synchronicité.
- Problème de l'interaction de ce champ avec les champs de matière (une solution: l'intrication quantique ?).

Conclusions

- La théorie quantique de l'information est un candidat à la modélisation du transfert d'information
 - d'inconscient à inconscient (intrication),
 - de l'inconscient au conscient (via le préconscient) et vice versa.

Elle est donc un candidat à la modélisation de l'influence de l'inconscient sur le conscient et vice versa.

Conclusions

Elle peut aussi, éventuellement, expliquer le phénomène d'amplification des éléments de l'inconscient, notamment lors de la prise de conscience d'un rêve.

Information quantique, amplification, Archétypes, ..., tout cela conforte l'idée originelle de Jung et Pauli.

Merci pour votre attention