

Introduction à la Mécanique Quantique



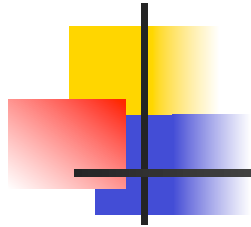
Federico Carminati
Giuliana Galli Carminati
François Martin

Genève, 28 juin 2007



Programme de l'exposé

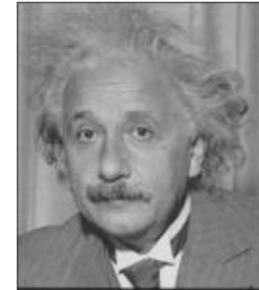
- Quelques notions de TIQ
- Une modelisation du deuil
 - le deuil de Bob
 - L'aide d'Alice
- Le deuil dans le groupe (*si on a le temps*)
- Conclusions



- **Quelques notions de
Théorie de l'Information
Quantique**

L'univers et nous

La chose la plus incompréhensible de l'univers est qu'il est compréhensible



L'expérience
du réel évoque
le souvenir des
formes
incorructibles

Plato



Les principes
universels sont
réels mais pas
distincts des
objets

Aristotle



A la fin du 18^{eme} siècle...

- Le professeur de physique de Max Planck lui suggéra d'entreprendre des études de piano parce qu'il n'y avait rien d'autre à faire en physique que mesurer les constantes de la nature avec quelques décimales de plus. (A.A.Michelson, Physics Today, 22, 1: 9, **1969**)

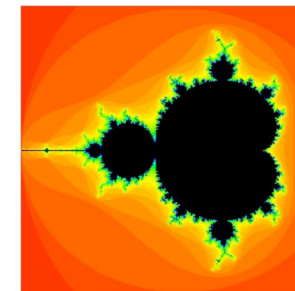
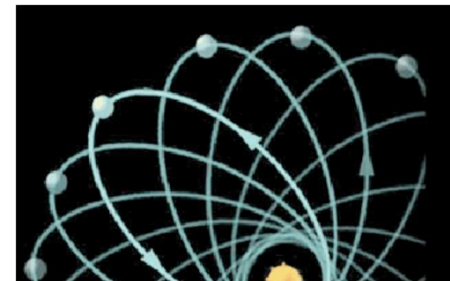
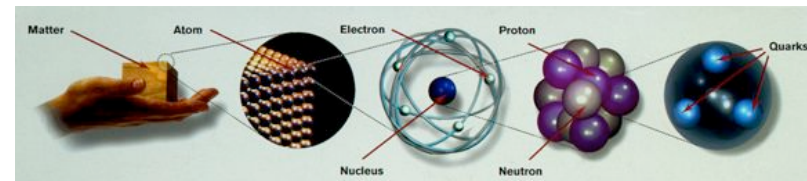


Mais il est en bonne compagnie

- Des machines volantes plus lourdes de l'air sont impossibles à réaliser. (Lord Kelvin, président de la Royal Society, 1895)
- Je pense qu'il y a un marché mondial peut être pour cinq ordinateurs. (Thomas Watson, directeur général d'IBM, 1943)
- Il n'y a pas de raison pour un particulier d'avoir un ordinateur chez lui. (Ken Olsen, président, directeur et fondateur de Digital Equipment Corp., 1977)
- Le téléphone a trop d'inconvénients pour être considéré sérieusement comme moyen de communication. L'appareil n'a aucun intérêt pour nous. (Mémo interne Western Union, 1876)
- Les avions sont des jouets intéressants, mais sans aucune utilité militaire. (Maréchal Ferdinand Foch, commandant français des forces alliées pendant les derniers mois de la grande guerre, 1918)
- La boîte à musique sans fil n'a aucune valeur commerciale imaginable. Qui voudra payer pour des messages envoyés à personne en particulier? (Les associés de David Sarnoff, en réponse à sa proposition d'investissements dans la radio dans les années 1920)
- Le Professeur Goddard ne connaît pas la relation entre action et réaction et le besoin d'avoir quelque chose mieux que le vide contre quoi réagir. Il semble manquer des connaissances de base enseignées chaque jour au lycée. (Editorial du New York Times à propos des recherches révolutionnaires de Robert Goddard sur les missiles, 1921)
- Qui diable veut entendre des acteurs parler? (Harry M. Warner, Warner Brothers, 1927)
- Tout ce qui pouvait être inventé a été inventé (Commissaire Charles H. Duell, Office des brevets des EEUU, 1899)

La fin des certitudes (fin 19^{ème})

- La mécanique quantique
- La relativité
- Le chaos

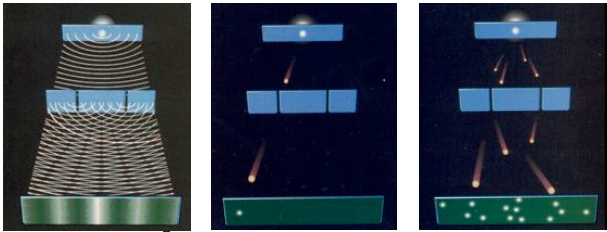




Et encore...

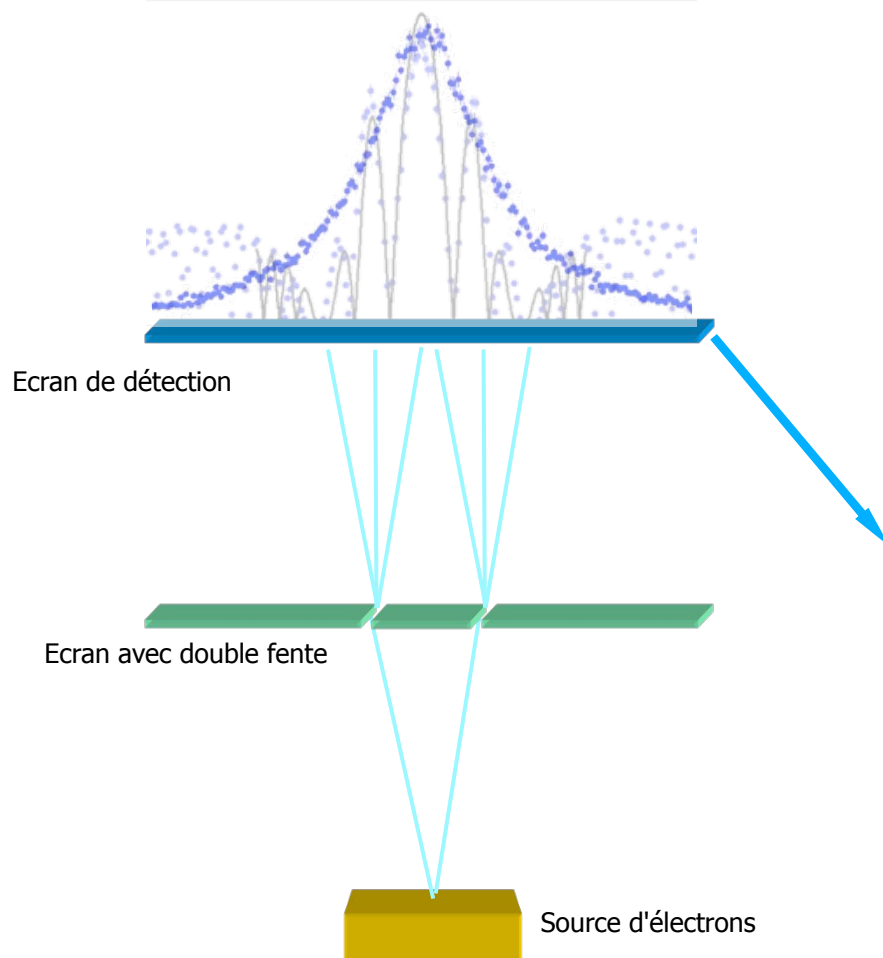
- La réalité n'est plus "intuitive"

- Mais nous continuons à la comprendre!



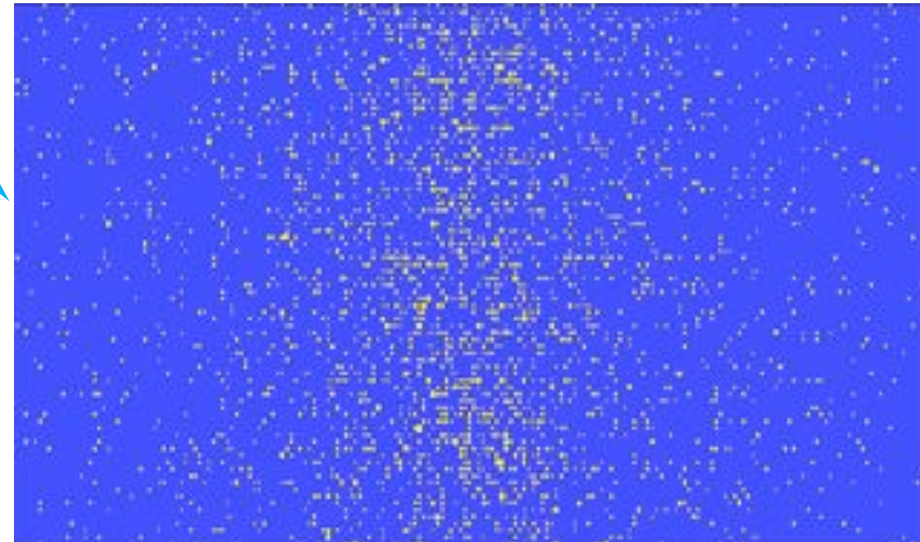
Ondes ou particules

Expérience de la double fente de Young

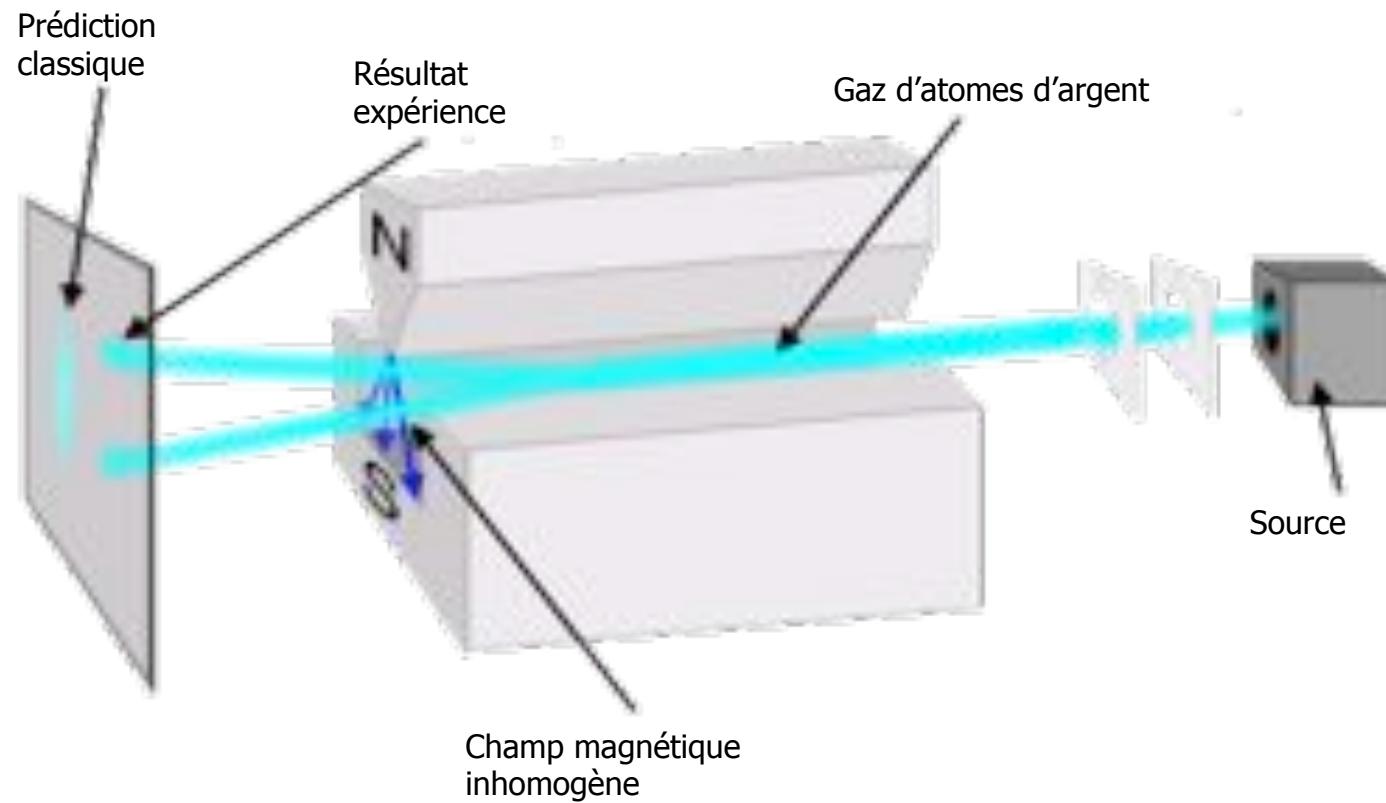


- Les particules élémentaires sont aussi des ondes...
- Et vice-versa...

Résultat de l'expérience

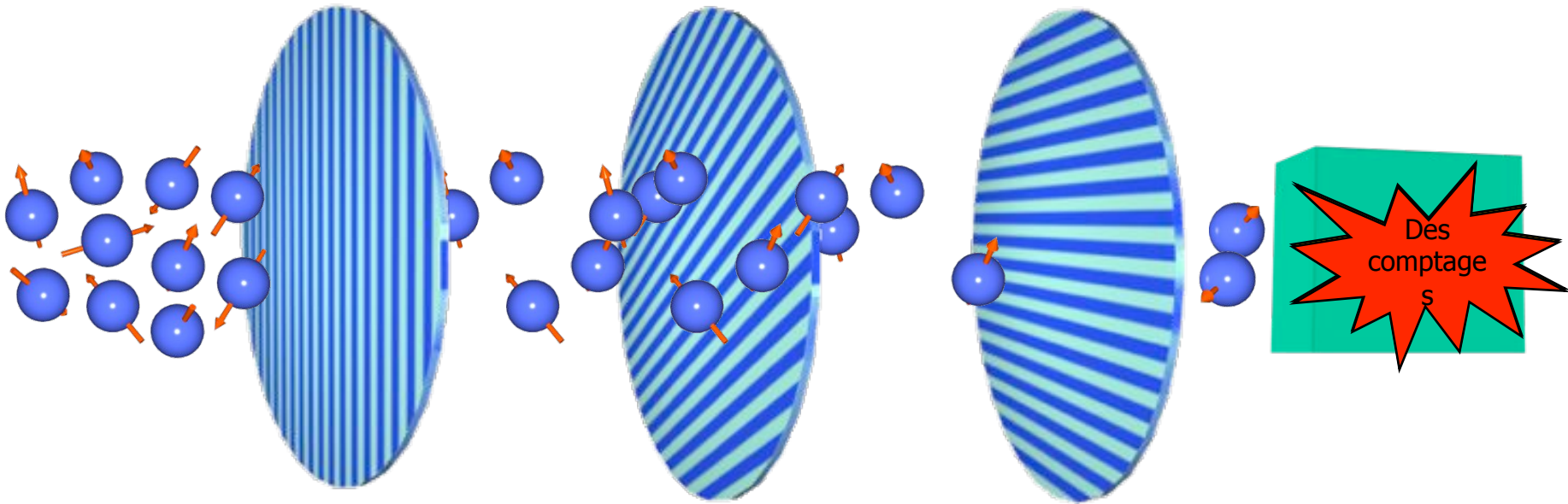
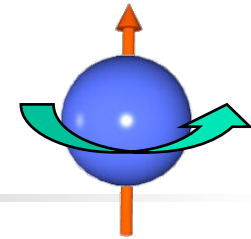
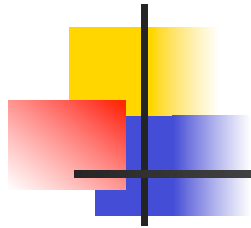


La nature est « quantique »



Stern et Gerlach, 1920

Une expérience de polarisation



Polariseur
90 degrés

Polariseur
45 degrés

Polariseur
0 degrés

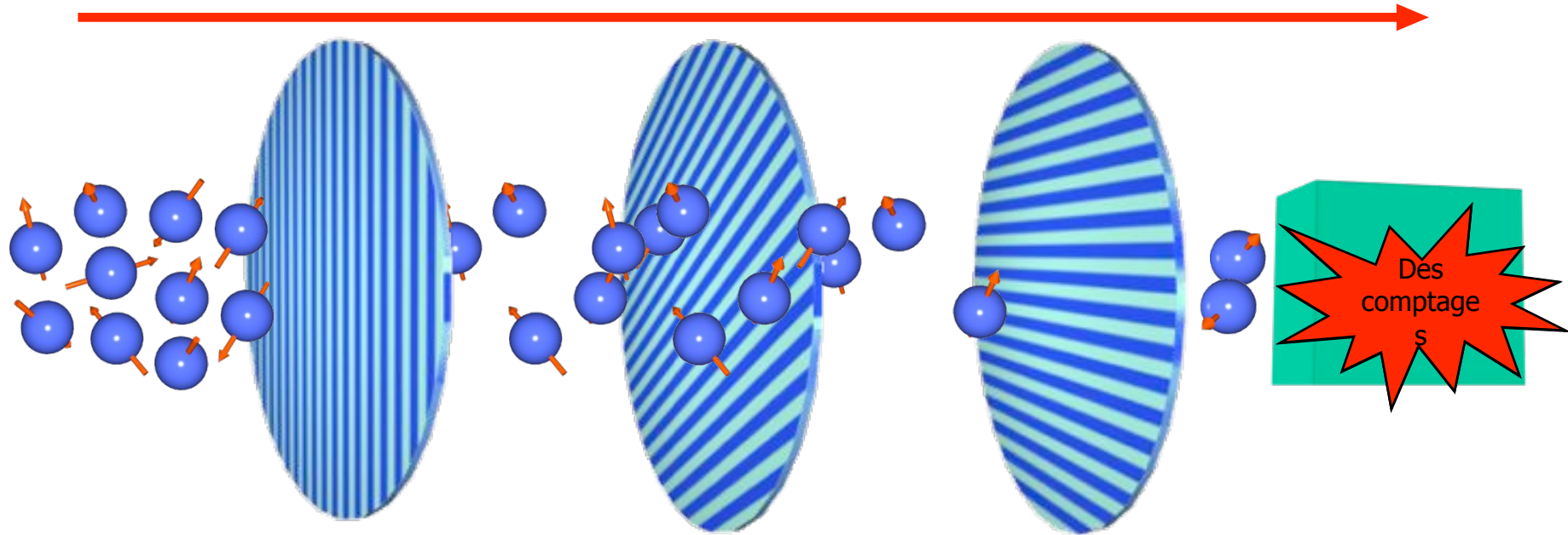




La fonction d'onde quantique

- L'évolution d'une particule quantique est décrite par un élément d'un espace mathématique appelé espace de Hilbert
$$|\psi(x, y, z, t)\rangle$$
- Dans cette fonction sont présents « tous » les résultats possibles avec une certaine probabilité (qui peut être zéro)
- Principe de « superposition »

Une expérience de polarisation



Polariseur
90 degrés

Polariseur
45 degrés

Polariseur
0 degrés

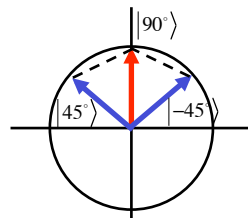
$$|90^\circ\rangle + |0^\circ\rangle + |-90^\circ\rangle$$

$$|90^\circ\rangle$$

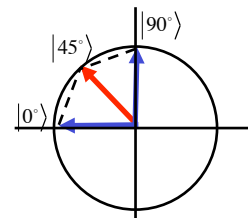
$$|90^\circ\rangle$$

$$|45^\circ\rangle$$

$$|0^\circ\rangle$$



$$|90^\circ\rangle = |45^\circ\rangle + |-45^\circ\rangle$$



$$|45^\circ\rangle = |0^\circ\rangle + |90^\circ\rangle$$

Régénération quantique

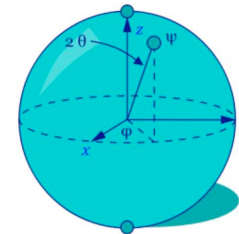
Les vecteurs de l'espace de Hilbert

- Les états qui ont une valeur déterminée d'une quantité mesurable sont des états « de base »
- L'ensemble de leurs combinaisons linéaires décrit tous les états possibles du système

$$|\psi(x, y, z, t)\rangle = \lambda_1 |\varphi_1\rangle + \lambda_2 |\varphi_2\rangle + \lambda_3 |\varphi_3\rangle + \dots$$

- $|\lambda_i|^2$ est la probabilité de mesurer le système dans l'état i

$$\lambda_1^2 + \lambda_2^2 + \lambda_3^2 + \dots = 1$$



Sphère de Bloch



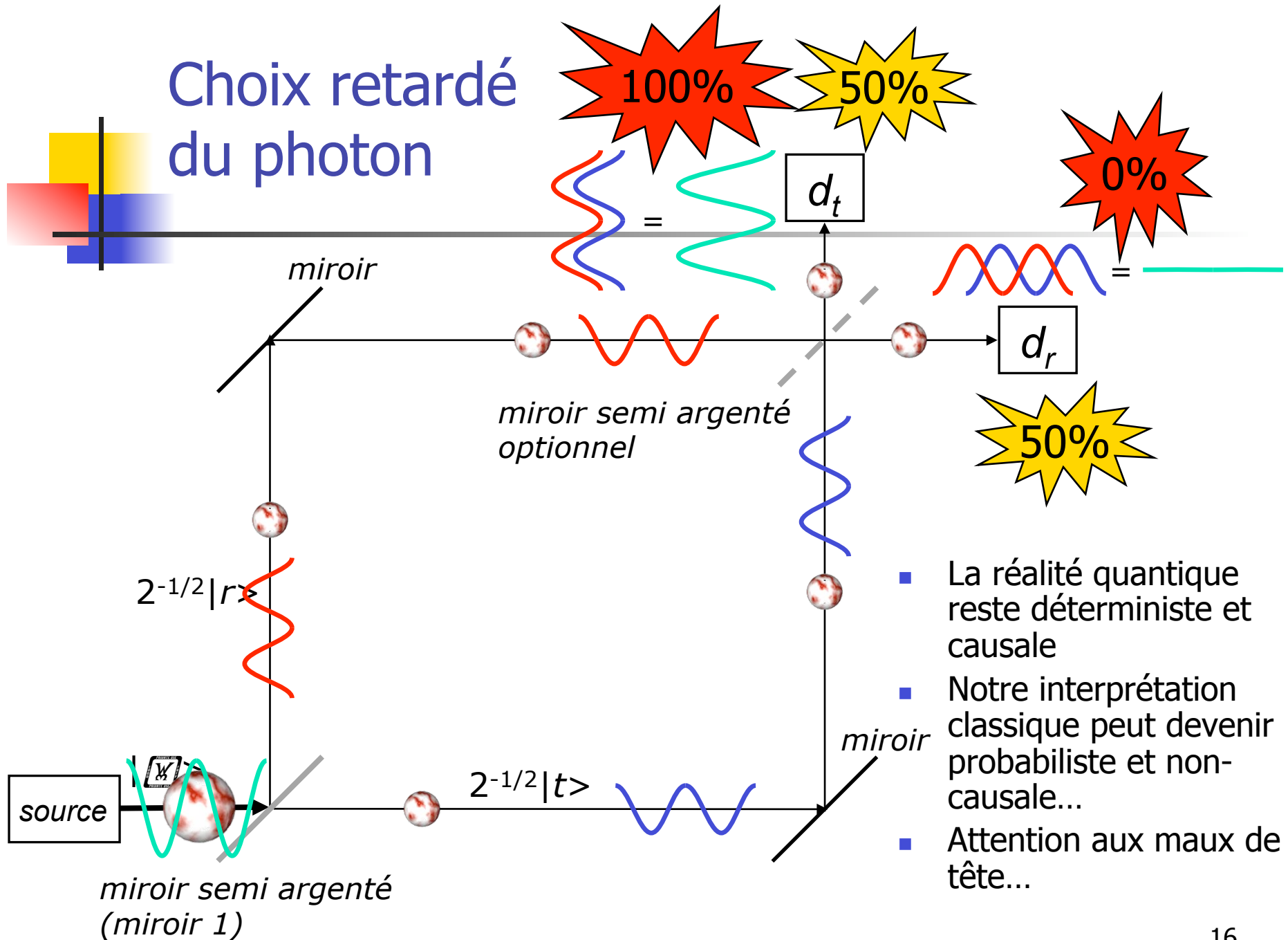
Les vecteurs de l'espace de Hilbert

- L'acte de la mesure sélectionne un des états de base et change le système

$$|\psi(x, y, z, t)\rangle = \lambda_1 |\varphi_1\rangle + \lambda_2 |\varphi_2\rangle + \lambda_3 |\varphi_3\rangle + \dots \xrightarrow{\substack{\text{La valeur} \\ \text{propre de la} \\ \text{fonction } N.3 \\ \text{est mesurée}}} |\varphi_3\rangle$$

- Il opère ce qu'on appelle un « effondrement » de la fonction d'onde
- Ce qui ne va pas sans poser pas mal de problèmes « philosophiques » depuis presque un siècle

Choix retardé du photon



- La réalité quantique reste déterministe et causale
- Notre interprétation classique peut devenir probabiliste et non-causale...
- Attention aux maux de tête...

Etat EPR





Entropie

- L'entropie est un caméléon de la physique
 - Née en 1800 comme quantité liée à l'étude du rendement des processus thermiques
 - Réinterprétée par Boltzmann et Gibbs comme mesure de la probabilité et du désordre microscopique
 - Redéfinie par von Neumann dans le domaine quantique
 - Réutilisée par Shannon comme mesure de l'information
- Elle a probablement encore de beaux jours devant elle...



Entropie de von Neumann

- L'entropie est la mesure du « désordre » d'un système
- C'est l'information perdue dans le système, mais aussi l'information que nous pourrions extraire en principe
- L'entropie d'un système quantique pur est nulle
 - Il n'y a pas d'information manquante, en particulier toutes les phases sont présentes et peuvent être, en principe, mesurées
- Tout ceci est étudié par la TIQ



Et pourquoi on vous raconte tout ça??

- La physique quantique nous montre des exemples où l'interprétation « classique » d'un phénomène nous conduit à des paradoxes par rapport au passé
- La physique suppose une « réalité » sous-jacente et déterministe que l'on interprète en termes classiques
- Dans le domaine du psychisme, on retrouve souvent la question du caractère arbitraire du passé, de l'expérience du réel, et de sa relativité par rapport au présent, en particulier dans le deuil
- On peut donc se demander s'il n'y a pas une « réalité » sous-jacente de notre psychisme qui pourrait expliquer des phénomènes psychiques et leurs apparentes ambiguïtés



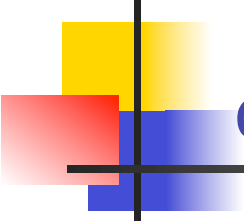
Définition de TIQ

- La Théorie de l'Information Quantique est une théorie de l'information qui fait état des échanges d'entropie et d'information dans des systèmes superposables comme les systèmes quantiques
- L'inconscient pourrait être considéré comme un système quantique, et c'est notre option



Théorie de l'Information Quantique

- Un état quantique n'est pas connu directement
- Il peut être connu indirectement quand il est intriqué avec un état mesurable:
 - Cerf & Adami → Q inconnu
 - Décohérence Quantique → environnement inconnu



Théorie de l'Information Quantique de la physique à la psyché...

- Dans le modèle de Cerf et Adami il n'y a ni effondrement de la fonction d'onde ni saut quantique, ceci est spécialement intéressant quand on traite de l'inconscient



Théorie de l'Information Quantique

- Objet Quantique **Q**
- Instrument de mesure **A** (*quantum ancilla*)
- Etat EPR $|QA\rangle$
- Entre Q & A
 - Corrélation Quantique
 - Pas de Corrélation Classique
- Il faut une autre ancilla **A'** pour créer une corrélation classique entre une partie de $|QA\rangle$ et l'état $|A'\rangle$



Théorie de l'Information Quantique

- Création d'un triplet EPR $|QAA'\rangle$ via un processus unitaire
- Matrice de Densité

$$\rho_{QAA'} = |QAA'\rangle \langle QAA'|$$



Théorie de l'Information Quantique

- Les corrélations classiques entre A & A' sont observables quand nous ne connaissons pas l'état de Q
 - Les corrélations entre A & Q ne sont pas observables
 - On trace sur les états de Q → production d'un état mixte A A'
 - Matrice de densité réduite

$$\rho_{AA'}^{red} = Tr_Q (\rho_{QAA'})$$



Théorie de l'Information Quantique

- L'entropie (de von Neumann) *positive* de AA' est rééquilibrée par l'entropie conditionnelle, *négative* de Q (quand le système AA' est connu)
- Le triplet EPR $|QAA'\rangle$ reste un état pur après la mesure
 - Car il n'y a ni effondrement de la fonction d'onde ni saut quantique



Pointer-states

- Les pointer-states de la conscience sont définis par l'interaction de la psyché avec l'environnement
- Ils sont compatibles avec la réalité classique qui nous entoure
- Ils représentent les interactions avec l'environnement avec le Minimum d'Entropie



Conclusions

- Le deuil est un mécanisme mental central dans le fonctionnement psychique
- Nous avons essayé de le modéliser à l'aide de la TIQ car elle est spécifique des systèmes superposés
- Nous avons pris l'option de considérer le système psychique comme un système quantique
- Il y a encore beaucoup de chemin à faire...