

TABLE DES MATIERES

Introduction générale.

- Résumé du cours 1988-89. I.1
- Rappel de quelques résultats importants. I.5
- Problèmes abordés dans le cours 1989-90. I.9

Modèles simples d'opérations de mesure idéales.

- 1 - Le modèle de Von Neumann. II.1
 - Hypothèses simplificatrices. II.1
 - Etat du système global après interaction. II.1
 - Propriétés importantes de l'état final du système global. II.2
 - Application des postulats de la mesure au système global. II.3
 - quelques généralisations. II.3
- 2 - Succession de 2 opérations de mesure idéales sur S faites avec 2 appareils différents M_A et M_B . II.4
 - Problème étudié - Hypothèses simplificatrices. II.4
 - Calcul de l'état final du système global $S+M_A+M_B$. II.5
 - Calcul de quelques probabilités relatives aux résultats enregistrés par M_A et M_B . II.6
- 3 - La réduction du paquet d'ondes II.8
 - Nouvel éclairage apporté par l'approche précédente. II.8
 - Etat de S après une mesure non lue de M_A . II.9

Interférences quantiques et observations.

- 1 - Cas où le système S interagit plusieurs fois avec le même appareil de mesure M . III.1
 - Le modèle de Bell - Nauenberg. III.1
 - Probabilité de lire un résultat donné à l'instant final. III.2
 - Existence d'effets d'interférence quantique. III.2
 - Discussion physique. III.2
- 2 - L'interféromètre de Stern et Gerlach. III.3
 - L'expérience de Stern et Gerlach : un exemple de mesure idéale. III.3
 - Conséquences du principe de superposition : possibilité d'avoir 2 paquets d'ondes cohérents, polarisés différemment et bien séparés. III.3

- Expérience proposée par Bohm et Wigner pour montrer l'importance de ces cohérences.

III.4

3 - Introduction de dispositifs observant par quels chemins l'atome passe dans l'interféromètre.

III.5

- Le modèle de Scully, Shea, Mc Cullen.
- Le modèle de Scully, Englert et Schwinger.

III.5

III.8

Difficultés d'une théorie quantique de la mesure.

1 - Corrélations quantiques non-séparables entre système S et appareil de mesure M .

IV.1

- Ambiguïté sur la grandeur de S mesurée par M .
- Modèles simplifiés utilisant pour décrire S et M des systèmes à 2 états.

IV.1

IV.2

2 - Introduction dans l'analyse d'un autre appareil N mesurant le résultat enregistré par M .

IV.4

- Idée générale.
- Etude de l'évolution globale de $S+M+N$ sur un modèle simplifié.
- L'interaction $M-N$ peut lever l'ambiguïté sur la grandeur de S mesurée par M .

IV.4

IV.4

IV.5

3 - Où situer la frontière entre évolution unitaire et tirage aléatoire du résultat de mesure ?

IV.6

- La chaîne infinie de Von Neumann. Où l'arrêter ?
- Cohérence des résultats obtenus en appliquant le postulat de la mesure à S , $S+M$, $S+M+N$.

IV.6

IV.7

4 - Cohérences quantiques macroscopiques.

IV.8

- Les difficultés qui leur sont associées.
- L'interaction $M-N$ peut faire disparaître les cohérences entre états de $S+M$.

IV.8

IV.8

La théorie de Zurek. Règles de superselection induites par l'environnement.

1 - Introduction générale.

V.1

2 - Etude d'un modèle schématisant n'utilisant que des systèmes à 2 états.

V.2

3 - Etude plus générale.

V.4

- Forme générale de l'hamiltonien - Hypothèse simplificatrice.
- Lien avec l'opération de mesure - Buts du calcul.

V.4

V.5

- Niveaux d'énergie du système global $M + E$. V.5
- Relaxation T_2 de type purement inhomogène. V.6
- Relaxation T_2 de type à la fois homogène et inhomogène. V.8
- Limite des faibles couplages. Lien avec l'équation pilote. V.9

4 - Discussion physique. VI.1

- L'effet de l'interaction $M-E$ peut être considéré comme une mesure idéale de M par E . VI.1
- La mesure de M par E permet de résoudre deux des difficultés d'une théorie quantique de la mesure. VI.2
- Règles de supersélection. VI.2
- L'information n'est pas perdue. Elle est transférée. VI.3
- L'effet de M sur E est aussi important que l'effet de E sur M . VI.4
- Lien avec le point de vue de Copenhague. VI.4

5 - Etude d'un modèle permettant de suivre l'évolution de $S+M$ en présence d'interactions $S-M$ et $M-E$. VI.5

- Le modèle de Walls-Collet-Milburn. Hamiltonien. VI.5
- Equations pilote de $S+M$. VI.6
- Solution de l'équation pilote. VI.7
- Discussion physique. VI.8

Appendice. VI.9

Vitesse d'apparition des corrélations quantiques entre 2 systèmes initialement non corrélés.

Introduction - Buts de ce cours. VII.1

1 - Forme canonique de Schmidt pour le vecteur d'état d'un ensemble de 2 systèmes dans un état pur. VII.1

- Position du problème. VII.1
- Démonstration de l'existence d'une forme canonique de Schmidt. VII.2
- Quelques conséquences des résultats précédents. VII.3

2 - Calcul perturbatif de la vitesse d'apparition des corrélations quantiques à partir d'un état initial produit. VII.4

- Principe du calcul. VII.4
- Calcul perturbatif des valeurs propres de $\rho(1)$. VII.4

3 - Etude de quelques applications. VII.6

- Deux oscillateurs harmoniques couplés. VII.6
- Atome à 2 niveaux couplé au champ de rayonnement. VII.8

Comportement classique induit par l'environnement.

- 1 - Introduction. VIII.1
- 2 - Cas de 2 particules interagissant par un potentiel dépendant de la distance. VIII.2
 - Notations. VIII.2
 - Vitesse d'apparition des corrélations quantiques entre les 2 particules. VIII.3
 - Calcul non perturbatif à la limite $m_1, m_2 \rightarrow \infty$. VIII.3
 - Quelques ordres de grandeur. VIII.5
- 3 - Cas d'une particule de masse M subissant des collisions répétées avec d'autres particules microscopiques. VIII.6
 - Limite $M \rightarrow \infty$. Rappels de résultats concernant la vitesse de destruction des cohérences spatiales. VIII.6
 - Quelques ordres de grandeur. VIII.6
 - Compétition entre l'effet de l'étalement du paquet d'ondes et l'effet des collisions. VIII.7
- Quelques questions pouvant être posées à propos du §2. VIII.10
 - Existence d'autres variables qui peuvent rester décorréliées. VIII.10
 - Limite $m_2 \rightarrow \infty$. VIII.11
 - Exemple d'états quasiclassiques pour 2 particules interagissant par un potentiel en $1/r$. VIII.13
- 4 - Quelques problèmes pouvant être posés à propos des isomères optiques. IX.1
 - Description du système étudié. IX.1
 - Origine de la stabilité des isomères optiques. Réponse de Hund. IX.2
 - Insuffisances de la réponse précédente. Quelques autres questions. IX.2
- 5 - Modification par les collisions à basse température de l'oscillation de Rabi entre les états droit et gauche. IX.3
 - Equation pilote. IX.3
 - Etude des divers régimes. IX.5
 - Interprétation en termes de temps de transition à la limite $\Omega \ll \gamma_c$. IX.5
 - Conclusions.
- 6 - Autre analyse des phénomènes basé sur la théorie quantique de la mesure. IX.7
 - Reinterprétation de l'évolution de la molécule en termes de mesures répétées par l'environnement. IX.7
 - Calcul de l'opérateur densité de la molécule après n collisions. IX.7

- Limite des taux de collisions élevés.
- Effet Zénon quantique. Gel de l'évolution propre.

IX.8

IX.9

Mesure, information et entropie.

- 1 - Entropie statistique associée à un état quantique. X.1
 - Information manquante associée à une loi de probabilité. X.1
 - Entropie statistique de Von Neumann. X.1
 - Quelques propriétés importantes de l'entropie statistique. X.2
- 2 - Diverses entropies statistiques pouvant être introduites à propos d'une mesure idéale. X.4
 - Opérateurs densité du système avant et après la mesure. X.4
 - Entropie du système après la mesure. X.5
 - Entropie statistique associée à la distribution de probabilité des résultats de mesure. X.5
 - Relations entre ces diverses entropies. Additivité de l'information. X.5
- 3 - Bilan d'information au cours d'une mesure idéale. X.6
 - Perte d'information après une mesure idéale non lue. X.6
 - L'état D' est un état d'entropie maximale. X.6
 - Informations moyenne gagnée par la lecture. X.7