

Emergence d'une phase relative entre 2 condensats

T-125

Problème posé

2 condensats indépendants n'ont pas en général une phase relative bien définie.

Peut-on néanmoins observer des franges d'interférence dans la zone de recouvrement de ces condensats ?

Objet de ce cours

Montrer que au fur et à mesure que les atomes sont détectés, une phase relative s'établit, de sorte qu'une figure d'interférence peut être observée.

C'est le processus de détection qui fait apparaître une phase relative.

D'une réalisation expérimentale à l'autre, la valeur de la phase relative obtenue change aléatoirement.

Idée physique

T-126

L'exemple le plus simple d'état quantique de 2 condensats sans phase relative bien définie est un produit d'états de Fock $|N_1\rangle \otimes |N_2\rangle = |N_1, N_2\rangle$.

Dans un tel état, la dispersion sur $N_1 - N_2$ est nulle, et la variable conjuguée de $N_1 - N_2$, φ , est très mal définie.

Chaque atome détecté a une certaine amplitude de provenir du condensat 1, et une autre de provenir du condensat 2.

Chaque détection fait donc apparaître une dispersion sur $N_1 - N_2$.

L'augmentation progressive de cette dispersion au fur et à mesure que les atomes sont détectés, diminue donc corrélativement la dispersion sur φ .

Démarche suivie

T-127

Calcul de la probabilité de détecter, au cours d'une réalisation expérimentale, un atome en x_1 , puis un atome en x_2 , ... puis un atome en x_k .

$$W(x_k, x_{k-1}, \dots, x_2, x_1)$$

Ensuite, 2 manières différentes d'utiliser un tel résultat.

- ① Simulation numérique de type Monte-Carlo basée sur la probabilité $W(x_k, \dots, x_1)$.

Constatation que la figure formée par les positions des atomes détectés fait apparaître des franges.

- ② Etude à partir de W de la manière dont la distribution des valeurs possibles de la phase relative évolue au cours du temps et s'affine de plus en plus autour d'une valeur donnée.

Description quantique d'un processus dissipatif

T-128

Exemples de processus dissipatifs

- Emission spontanée de photons par des atomes excités
- Ionisation d'un atome par un rayonnement incident
- Détection optique d'un atome d'un condensat. L'atome disparaît de l'état dans lequel il était condensé, est transféré dans un autre état et quitte très vite la zone d'observation.

Existence de 2 échelles de temps τ_c , $\tau_R \gg \tau_c$

τ_R est le "temps de relaxation" décrivant l'amortissement des grandeurs physiques.

τ_c est le "temps de corrélation" caractérisant la mémoire des processus microscopiques responsables de la relaxation.

Par exemple, pour l'émission spontanée, τ_R est la durée de vie de l'état excité, τ_c le temps de corrélation des fluctuations du vide.