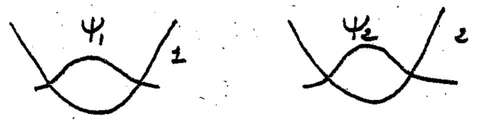
Interférences entre 2 condensats

T-93

Principe de l'expérience

- 2 condensats différents



Bosons piégés dans 2 puits 1 et 2 et condensés dans 2 états ψ_1 et ψ_2

- On coupe les pièges

Les 2 condensats subissent une expansion balistique et se recouvrent

On place un détecteur d'atomes dans la zone de recouvrement

Problèmes abordés

- Observe-t-on des franges d'interférence c-à-d des oscillations spatiales dans la probabilité de détection ?
- Quelles sont les caractéristiques de ces franges ?
- Description d'une expérience récente faite à MIT (Refs. 1, 2)

Notations - Hypothèses

T-94

$\psi_1(0)$: Etat individuel normé dans lequel sont condensés les bosons du piège 1 à l'instant initial $t=0$

$|N\rangle_{\psi_1(0)}$: Etat de Fock à N bosons dans l'état $\psi_1(0)$

$$|N\rangle_{\psi_1(0)} = \frac{1}{\sqrt{N!}}\left[\hat{a}^+_{\psi_1(0)}\right]^N |0\rangle$$

$\hat{a}^+_{\psi_1(0)}$: Opérateur de création d'un boson dans l'état $\psi_1(0)$

$|\alpha_1\rangle_{\psi_1(0)}$: Etat cohérent α_1 du "mode" $\psi_1(0)$

$$|\alpha_1\rangle_{\psi_1(0)} = e^{-|\alpha_1|^2/2} \sum_{N=0}^{\infty} \frac{\alpha_1^N}{\sqrt{N!}} |N\rangle_{\psi_1(0)}$$

$$\alpha_1 = |\alpha_1|\, e^{i\varphi_1} = \sqrt{\bar{N}_1}\, e^{i\varphi_1}$$

$\bar{N}_1$ = Nombre moyen de bosons dans le mode 1

Notations analogues pour le condensat 2 avec l'indice 1 remplacé par 2

Etat initial des 2 condensats

T-95

- On suppose que l'état initial des 2 condensats est un état cohérent relatif de phase relative φ [Voir T.87]
- C'est donc un mélange statistique de produits de 2 états cohérents

$$|\alpha_1\rangle_{\psi_1(0)} \otimes |\alpha_2\rangle_{\psi_2(0)}$$

$$\alpha_1 = |\alpha_1| e^{i\varphi_1} \qquad \alpha_2 = |\alpha_2| e^{i\varphi_2}$$

$$\varphi_1 - \varphi_2 = \varphi = \text{Phase relative}$$

où $|\alpha_1|$, $|\alpha_2|$, φ sont fixés et où φ_1 est équipartie entre 0 et 2π

- Les calculs seront faits pour un état produit $\big||\alpha_1| e^{i\varphi_1}\big\rangle_{\psi_1(0)} \otimes \big||\alpha_2| e^{i(\varphi_1-\varphi)}\big\rangle_{\psi_2(0)}$ puis les probabilités obtenues seront moyennées sur φ_1
- Pour simplifier, on suppose $\psi_1(0)$ et $\psi_2(0)$ orthogonaux

$$\int d^3r\; \psi_1^*(\vec{r},0)\, \psi_2(\vec{r},0) = 0$$

Evolution temporelle après coupure du piège

T-96

- Pour simplifier, on néglige dans une première étape les interactions entre atomes, aussi bien dans l'état initial que dans la phase d'expansion
- $\psi_1(0)$ et $\psi_2(0)$ sont les états fondamentaux des hamiltoniens des pièges 1 et 2
- Soit $\psi_1(t)$ la solution de l'équation de Schrödinger à 1 particule avec $\psi_1(0)$ pour état initial
- L'état de Fock $|N\rangle_{\psi_1(0)}$ se transforme au bout d'un temps t en l'état $|N\rangle_{\psi_1(t)}$ où N bosons sont condensés dans l'état $\psi_1(t)$

$$|N\rangle_{\psi_1(t)} = \frac{1}{\sqrt{N!}}\left[\hat{a}^+_{\psi_1(t)}\right]^N |0\rangle$$

$\hat{a}^+_{\psi_1(t)}$ = Opérateur de création d'un boson dans l'état $\psi_1(t)$