Durée τ de l'impulsion RF

T.257

Très courte devant

- les périodes de vibration du condensat
- la plage des fréquences de résonance du champ de radiofréquence quand on se déplace d'un point à l'autre du condensat

Cette plage dépend de la courbure du potentiel piégeant, des interactions, de la gravité g

Conséquences de cette durée courte

- L'impulsion RF peut être considérée comme résonnante pour tous les atomes du condensat
- Seuls les degrés de liberté de spin changent pendant l'impulsion RF, la fonction d'onde $\phi(\vec{r})$ des atomes condensés demeurant inchangée

Etat du système après l'impulsion RF

Système à 2 états de spin $|1\rangle$ et $|2\rangle$ T.258

- Comme seuls les degrés de liberté de spin évoluent pendant τ, l'état final $|\psi_f\rangle$ s'écrit

$$|\psi_{final}\rangle = \prod_{i=1}^{N} |\phi\rangle_i \left[t\,|1\rangle + r\,|2\rangle \right]_i$$

où $\phi(\vec{r})$ est la fonction d'onde solution de l'équation de Gross-Pitaevskii, et où

$$t = \cos\frac{\omega_R \tau}{2} \qquad r = \sin\frac{\omega_R \tau}{2}$$

ω_R : Fréquence de Rabi

- L'état $|\psi_{final}\rangle$ peut aussi s'écrire

$$|\psi_{final}\rangle = \sum_{n=0}^{N} \sqrt{\frac{N!}{n!(N-n)!}}\; t^{N-n} r^{n} |N-n, n\rangle$$

où $|N-n, n\rangle$ représente l'état avec $N-n$ atomes dans l'état 1, n dans l'état 2

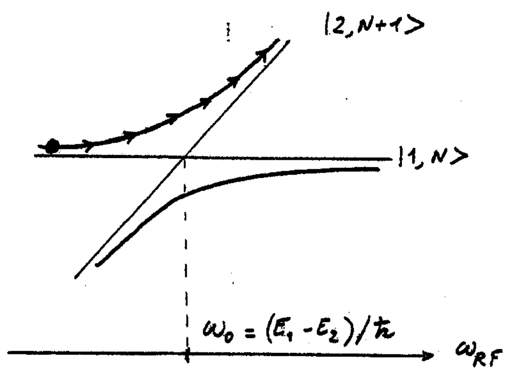
On reconnait là un état de phase relative (voir cours III, T. 82)

- Proportion d'atomes transférés dans l'état 2

$$\frac{\langle n\rangle}{N} = |r|^2 = \sin^2\frac{\omega_R \tau}{2}$$

Transfert par passage adiabatique

T.259



$|1,N\rangle$: Atome dans l'état $|1\rangle$ avec N photons RF

$|2,N+1\rangle$: Atome dans l'état $|2\rangle$ avec $N+1$ photons RF

Formule de Landau-Zener pour un balayage de ω_{RF} à vitesse constante

$$|r|^2 = 1 - e^{-2\pi\Gamma} \qquad |t|^2 = e^{-2\pi\Gamma}$$

$$\Gamma = \omega_R^2 \left(4\,\frac{d\omega_{RF}}{dt}\right)^{-1}$$

Généralisation à un système à 3 niveaux

Spin 1 $F=1$, $m_F = -1, 0, +1$ T.260

- Il faut remplacer

$$\cos\frac{\omega_R \tau}{2}|1\rangle + \sin\frac{\omega_R \tau}{2}|2\rangle$$

par

$$\cos^2\!\left(\frac{\omega_R \tau}{2}\right)|-1\rangle + i\sqrt{2}\,\sin(\omega_R \tau)|0\rangle - \sin^2\!\left(\frac{\omega_R \tau}{2}\right)|+1\rangle$$

- On peut également généraliser la formule de Landau Zener

Résultat numérique approximé à mieux que 0.1 % près par

$$|a_{-1}|^2 = e^{-2\pi\Gamma}$$

$$|a_0|^2 = 2e^{-\pi\Gamma}\left(1 - e^{-\pi\Gamma}\right)$$

$$|a_1|^2 = \left(1 - e^{-\pi\Gamma}\right)^2$$

$$\Gamma = \omega_R^2 \left(2\,\frac{d\omega_{RF}}{dt}\right)^{-1}$$

Le balayage commence avec le système dans l'état $|-1\rangle$