Effet des interactions

T-201

- La condition de résonance
$$\delta\omega = \frac{\hbar K^2}{2M} + \vec{K}\cdot\vec{v}$$
a été établie pour des atomes libres
- Il faudrait en toute rigueur étudier le spectre des excitations élémentaires du condensat et calculer la différence d'énergie des couples d'états reliés par la transition d'effet Raman stimulé

Un cas simple : Système homogène

- Pour un système homogène, la théorie de Bogolubov donne la relation de dispersion des excitations élémentaires (voir T-16)
$$\hbar\omega(k) = \sqrt{\frac{\hbar^2 k^2}{2M}\left(\frac{\hbar^2 k^2}{2M} + 2 n_0 g\right)}$$
où n_0 est la densité d'atomes, $g = \frac{4\pi\hbar^2}{M} a$
a étant la longueur de diffusion
- Le condensat correspond à $k = 0$
- Après le transfert d'impulsion $\hbar\vec{K}$ par effet Raman stimulé, l'état atteint a une énergie $\hbar\omega(\vec{K})$

La condition $\frac{\hbar^2 K^2}{2M} \gg n_0 g$ est en général largement réalisée quand $\vec{K}$ est un vecteur d'onde dans le domaine optique. On a alors

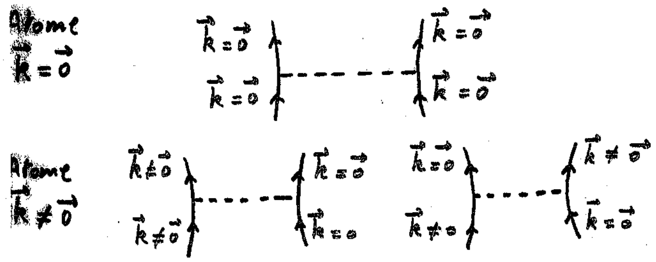
T-202

$$\hbar\omega(K) \simeq \frac{\hbar^2 K^2}{2M} + n_0 g$$

La variation d'énergie d'un atome initialement immobile et gagnant une impulsion $\hbar\vec{K}$ n'est pas simplement l'énergie cinétique correspondante $\frac{\hbar^2 K^2}{2M}$

Son énergie d'interaction avec les autres atomes n'est pas la même suivant qu'il est condensé ($\vec{k} = \vec{0}$) ou qu'il a une impulsion $\vec{k} \neq \vec{0}$. Cette différence d'énergie d'interaction est égale à $n_0 g$ (si $\vec{k}$ est suffisamment grand)

Origine de cette différence : Terme d'échange dans l'interaction



Cas d'un condensat inhomogène

T-203

2 modifications importantes par rapport au cas homogène

① L'impulsion des atomes condensés n'est plus nulle. L'extension spatiale finie du condensat entraîne une dispersion d'impulsion qui est précisément la quantité que l'on veut mesurer

② La densité d'atomes n'est plus constante. Elle varie avec $\vec{r}$: $n(\vec{r})$

Traitement approché

Chaque élément de volume d^3r du condensat contient $n(\vec{r})\,d^3r$ atomes. On considère le condensat comme homogène au voisinage de $\vec{r}$ et on introduit une condition de résonance locale au point $\vec{r}$ par l'équation
$$\delta\omega = \frac{\hbar K^2}{2M} + \frac{g\,n(\vec{r})}{\hbar} + \vec{K}\cdot\vec{v}$$

Prédictions du traitement approché

T-204

- Chaque élément d^3r donne un spectre Doppler correspondant à la distribution des valeurs de $\vec{K}\cdot\vec{v}$, décalé de $\frac{\hbar K^2}{2M} + \frac{g\,n(\vec{r})}{\hbar}$
- Par rapport à la fréquence $\hbar K^2/2M$, le spectre attendu $I(\delta\omega)$ (nombre d'atomes quittant le condensat en fonction de $\delta\omega$) est la convolution du spectre Doppler correspondant à la distribution de $\vec{K}\cdot\vec{v}$ par la courbe donnant la répartition des valeurs possibles du déplacement $gn/\hbar$

2 Problèmes à résoudre

- Distribution des valeurs de $\vec{K}\cdot\vec{v}$
- Distribution des valeurs de n

Pour un calcul plus rigoureux du signal

Voir les calculs en cours du "facteur de structure dynamique" dans l'équipe de Trento (S. Stringari, L. Pitaevskii)