PHY361 DM1
Oscillations d'atomes piégés dans un potentiel parabolique

Isai GORDEEV et Imad BARAKAT
Promotion X2022, section Escrime

29 mai 2023

1 Mesure par vol libre de la densité de probabilité de l'impulsion

1.1

$$E_n = h\omega(n + \frac{1}{2})$$

1.2

$a_0 = \sqrt{\frac{\hbar}{2m}} = 72$ nm $< \sim 500$ nm, donc nous ne sommes pas capable.

1.3

image 1(a) est symétrique ? spin de Cs ?

Dans l'image a, $p_0 = 0$, après T_v on voit bien que $\psi(p,t)$ s'est séparé.

C'est prévu par la théorie dans le cas libre. Calculons $|\varphi_1(p)\rangle$ dans la représentation de l'impulsion p.

$$\hat{x} \overset{P}{=} i\hbar \frac{\partial}{\partial p}$$

$$\hat{p} \overset{P}{=} p$$

$$|\varphi_1(p)\rangle = \hat{a}^\dagger |\varphi_0(p)\rangle \tag{1}$$

$$|\varphi_1(p)\rangle = \left(\frac{\hat{x}}{a_0} - i\frac{a_0}{\hbar}\hat{p} \right) |\varphi_0(p)\rangle \tag{2}$$

$$\varphi_1(p) = \left(i\hbar \frac{1}{a_0}\frac{d}{dp} - i\frac{a_0}{\hbar}p \right) \varphi_0(p) \tag{3}$$

$$\varphi_1(p) = \sqrt{2} \left(\frac{a_0^2}{\pi\hbar^2} \right)^{\frac{1}{4}} \left[i\frac{a_o p}{\hbar} \exp\left(-\frac{a_0^2}{2\hbar^2}p^2 \right) \right] \tag{4}$$

Figure 1 – expli

Après l'extinction du laser les atomes de Cs se sont comporté comme les particules libres. Enfin, pour calculer T_v il faut mesurer l'impulsion moyenne de $|1\rangle$, ainsi regarder la coordonné de p_1. Comme il est demandé de calculer juste l'ordre de grandeur, on va prendre l'ordre de grandeur de $[p_1] = \sqrt{2}\frac{\hbar}{a_0}$

$$T_v = \frac{mx}{[p_1]} = \frac{mxa_0}{\sqrt{2}\hbar} \tag{5}$$

1.4

Nous avons déjà utilisé les opérateurs de $\hat{x}$ et $\hat{p}$ dans la représentation de l'impulsion p et prouvons maintenant que c'est correct en faisant cet exercice.

$$|\psi_1\rangle = \hat{a}^\dagger|\psi_0\rangle \tag{6}$$

$$|\psi_1\rangle = \left(\frac{a_0}{\hbar}\hat{x} - \frac{1}{a_0}\hat{p}\right)|\psi_0\rangle \tag{7}$$

$$\psi_1(x) = \left(\frac{a_0}{\hbar}x - i\hbar\frac{1}{a_0}\frac{d}{dx}\right)\psi_0(x) \tag{8}$$

$$\psi(x) = \langle x|\psi\rangle = \int dp\ \langle x|p\rangle\langle p|\psi\rangle = \int\frac{dp}{\sqrt{2\pi\hbar}}\ e^{ixp/\hbar}\varphi(p), \tag{9}$$

$$x\psi(x) = \langle x|x|\psi\rangle = \int dp\ \langle x|p\rangle\langle p|x|\psi\rangle = \int\frac{dp}{\sqrt{2\pi\hbar}}xe^{ixp/\hbar}\varphi(p) \overset{p.p.}{=} \int\frac{dp}{\sqrt{2\pi\hbar}}e^{ixp/\hbar}\ \underbrace{i\hbar\frac{d}{dp}\varphi(p)}_{\langle p|x|\psi\rangle} \tag{10}$$

$$-i\hbar\frac{d}{dx}\psi(x) = \langle x|p|\psi\rangle = \int dp\ \langle x|p\rangle\langle p|p|\psi\rangle = -i\hbar\frac{d}{dx}\int\frac{dp}{\sqrt{2\pi\hbar}}e^{ixp/\hbar}\varphi(p) = \int\frac{dp}{\sqrt{2\pi\hbar}}e^{ixp/\hbar}\ \underbrace{p\varphi(p)}_{\langle p|p|\psi\rangle} \tag{11}$$

Donc, nous avons dans la p-espace

$$\varphi_1(p)=\left(i\hbar\frac{1}{a_0}\frac{d}{dp}-i\frac{a_0}{\hbar}p\right)\varphi_0(p)(x) \tag{12}$$

1.5

De et de **??**

$$\varepsilon = i\sqrt{2}\left(\frac{a_0^3}{\pi\hbar^3}\right)^{\frac{1}{4}} \tag{13}$$

1.6

Regarder dessus

2 Préparation du système dans le premier état excité

]