2023-09-26

Circuit QED

4.2 Hamiltonien de Jaynes-Cummings

$$H_{JC} = \hbar a^\dagger a + \hbar\frac{\omega_a}{2}\sigma_z + \hbar g\left(a^\dagger\sigma_- a\sigma_+\right)$$

Le couplage est:

$$g = dE_0$$

On peut faire la diagonalisation par block pour trouver les énergies propres et les états propres. Les dress states:

$$E_{\bar{\sigma n}}, |\bar{\sigma n}\rangle$$

Exception: l'état fondamentale

$$E_{\bar{g0}} = E_{go} = -\hbar\omega_q/2$$

dans le sous espace à n quanta:

$$E_{\bar{gn}} = \hbar n\omega_r - \sqrt{\Delta^+ 4gn} \qquad E_{\bar{gn}} = \hbar n\omega_r + \sqrt{\Delta^+ 4gn}$$

$$|\bar{gn}\rangle = \cos\theta_n |gn\rangle - \sin\theta_n |en-1\rangle \qquad |\bar{en-1}\rangle = \sin\theta_n |gn\rangle + \cos\theta_n |en-1\rangle$$

avec $\theta_n = \arctan(2g\sqrt{n}/\Delta)$ l'angle de mélange

2 premier états excités à $\Delta = 0$

$$|\bar{g1}\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}\left(|g1\rangle - |e0\rangle\right) \qquad |\bar{e0}\rangle = |g1\rangle + |\bar{e0}\rangle$$

4.3 Régime dispersif

à $\Delta = 0$, le qubit est maximalement intriqué avec les photon: le qubit est essentiellement dans un état aléatoire si on a pas acces au photon

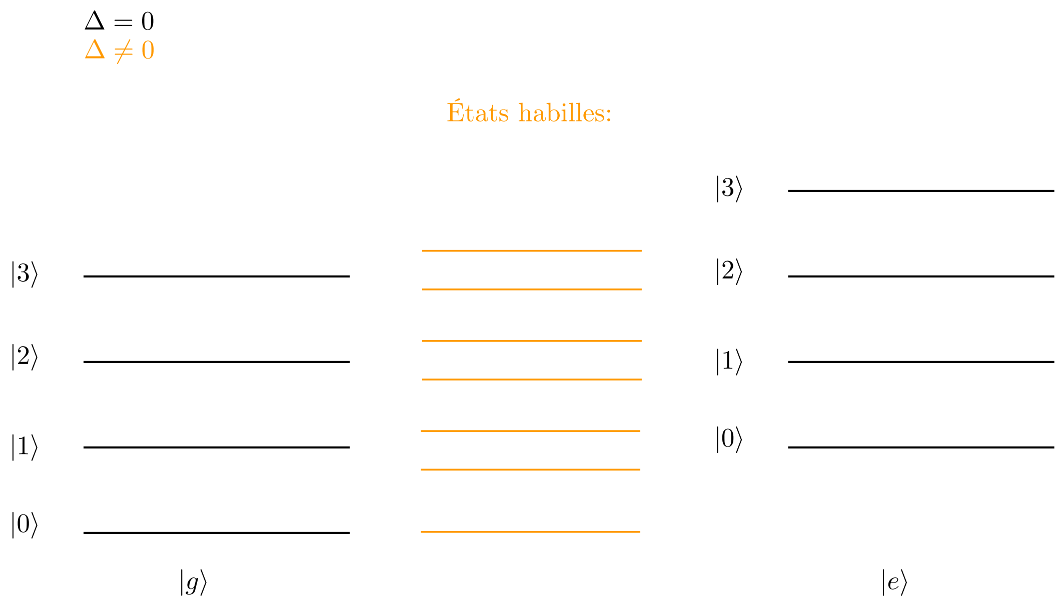

Figure 1: niveaux d'énérgies

4.3.1 Transformation de Shrieffer-Wolff

En quantique, L'approche usuelle pour solutionner un problème est de diagonaliser l'hamiltonien

$$H_D = UHU^\dagger$$

Malheureusement, ce n'est pas toujours possible, on représente alors notre hamiltonien comme

$$H = H_D + V$$

Ou V est un *petit* terme qui *perturbe* note Hamiltonien

La perturbation couple faiblement les sous=espaces μ

On prend un trasformation unitaire qui diagonalise approximetivement le Halitonien

$$H' = e^{-S}He^{S} \quad \text{avec } S^\dagger = S \text{ pour que } e^{S} soitunitaire$$

Figure 2: circuit avec drive

$$
\begin{aligned}
H' &= \left(\mathbb{1} - s + \frac{s^2}{2!} + \cdots \right) H \left(\mathbb{1} + s + \frac{s^2}{2} + \cdots \right) \\
&= H + [H, S] + \frac{1}{2!}[[H, S], S] + \cdots \\
&= \sum_{k=0}^{\infty} \frac{1}{k!}[H, S]^{(k)}
\end{aligned}
$$

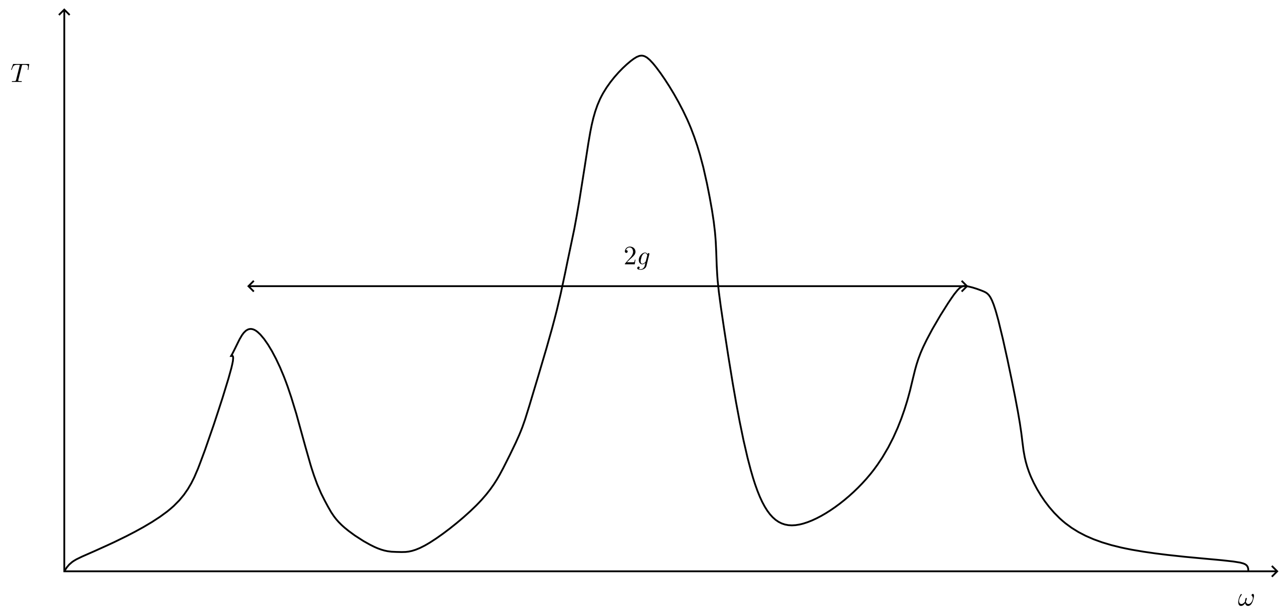

Figure 3: transmission en fonction de la fréquance

$\Delta = 0$

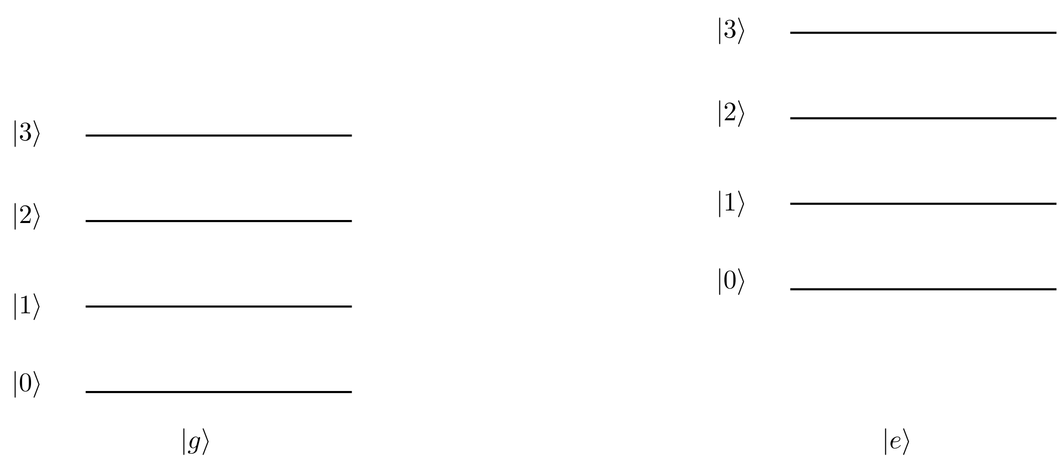

Figure 4: delta pas zero