2023-08-30

1.3 Critère de DiVincinzo (suite)

3. Temps de cohérence plus long que les qubits logiques
   $T_1 : |1\rangle \rightarrow |0\rangle$ (temps de relaxation)
   $T_{2:} |+\rangle \rightarrow |-\rangle$ (temps de déphasage)
4. Ensemble universel de portes logiques { rotation à 1 qubit (SU2), `CNOT` }
   Ex: spin 1/2 dans $B(t)$

$$H(t)\frac{\hbar\gamma}{2}\left(B_x(t)\sigma_x + B_y(t)\sigma_y + B_z(t)\sigma_z\right)$$

$$U(t) = Te^{-i\int_0^t \mathrm{d}t' H(t')}$$

   opérateurs à deux qubits

$$\texttt{CNOT} \rightarrow H(t) = J(t)\sigma_{21}\sigma_{x2}$$

5. Mesure des qubits
   En ce moment la fidélité est de $> 99\%$ pout T_{mesure}

2 Circuit quantiques supraconducteurs

2.1 Oscillateurs LC

$$V_L = V_C \implies \phi_L = \phi_C \equiv \phi$$

$$I_L = \frac{\Phi}{L} = \frac{\phi}{L}$$

$I_C = \dot{Q} = C\dot{V} = c\ddot{\phi}$

$$I_1 + I_2 = c\ddot{\phi} + \frac{\phi}{l} = 0$$

$$\underbrace{\implies \ddot{\phi} + \omega_0^2\phi = 0}_{\text{Eq. d'Euleur-Lagrange}} \qquad \text{avec } \omega_0\sqrt{\frac{1}{LC}}$$

Le Lagrangien qui donne cette équation est

$$L = \frac{1}{2}C\dot{\phi}^2 - \frac{\phi^2}{2L} \leftrightarrow \frac{1}{2}mx^2 - \frac{1}{2}kx^2$$

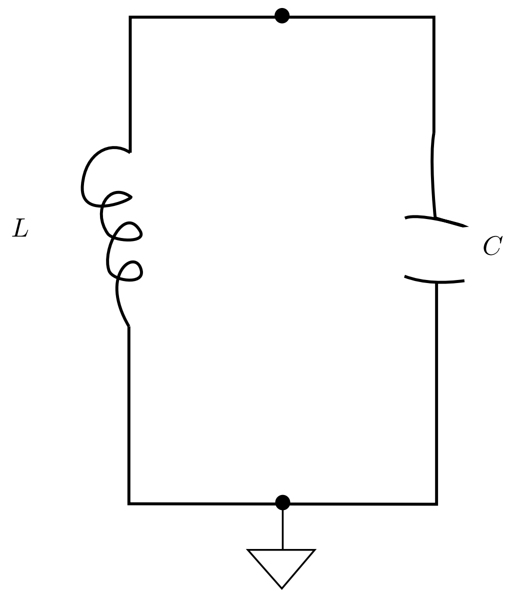

Figure 1: Circuit LC

L'Hamiltonien

$$H = \dot{\phi} q - L(\phi, \dot{\phi}) = \frac{q^2}{2c} \frac{\phi^2}{2L}$$

avec $q = \frac{\partial L}{\partial \dot{\phi}} = c\dot{\phi}$

Quantification:

$$q, \phi \to \hat{q},\ hat\phi$$

$$[A, B]_p \to \frac{1}{i\hbar}[A, B]$$

$$[\phi, q]_p = 1 \to [\hat{\phi}, \hat{q}] = i\hbar$$

On introduit les *opérateurs d'échelles* a et $a^\dagger$

$$\phi = \sqrt{\frac{\hbar Z_0}{2}} \left(a^\dagger + a\right) \qquad q = i\sqrt{\frac{\hbar}{2Z_0}} \left(a^\dagger - a\right)$$

$$H = \hbar\omega_0 \left(a^\dagger a + \frac{1}{2} \right) = \hbar\omega_o a^\dagger a$$

Valeur moyenne de ϕ dans $|0\rangle$: $\langle 0| \, \phi \, |0\rangle = 0$

La varience est non-nulle $\Delta\phi = \sqrt{\langle \phi^2 \rangle - \langle \phi \rangle^2} = \sqrt{\frac{\hbar Z_0}{2}}$

Est-ce possible d'opérer un circuit LC dans le régime quantique?

On veut $\omega_0 \gg \kappa = \frac{\omega_0}{Q}$

κ est le taux de perte d'énérgie

$$\kappa = \frac{1}{RC} \qquad Q = \omega_0 RC = \frac{R}{Z_0}$$

(pour un résistance en parallèle)

On veut que R (en parallèle) $\to 0$ pour avoir $Q \to \infty$

On veut aussi avoir $\hbar\omega_0 \gg K_B T$ afin d'éviter les excitation Harmoniques

À quoi correspondent les états $|n\rangle$

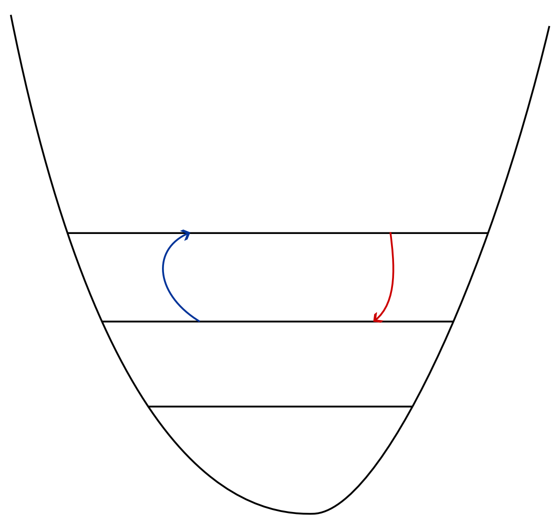

Figure 2: oscilleteur

Fluctuations quantiques du voltage

Opérateur voltage

$$q = CV \iff V = q/C$$

$$\Delta V = \sqrt{\langle 0| V^2 |0\rangle - \langle 0| V |0\rangle^2} = \sqrt{\frac{\hbar\omega_0}{2c}} \sim 2.5\mu V$$

Des micro volts c'est gros!

2.2 Hamiltonien d'un circuit: méthode des noeuds

Flux de branche: $\Phi_b(t) = \int_0^t \mathrm{d}t' V(t')$

Charge de branche: $Q_b(t) = \int_0^t \mathrm{d}t' i_b(t)$

Énérgie dans la branche b

$$E_b = \int \mathrm{d}t V_b(t) i_b(t)$$

branche capacitive

$$E_b = \cdots = \frac{1}{2} c_b \dot{\Phi}_b^2$$

branche inductive:

$$E_b = \cdots \frac{\Phi_b^2}{2L_c}$$

$\Phi_b = L_b i_b$