

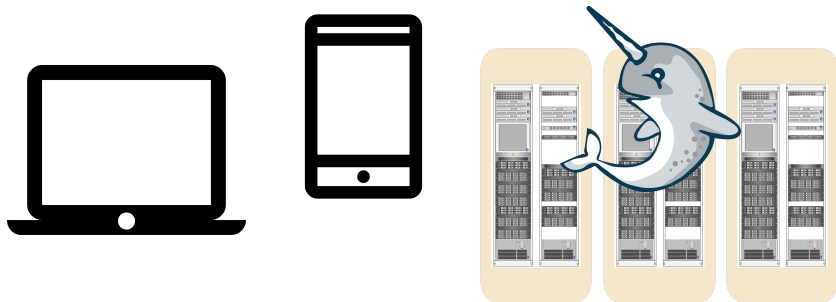


Chapitre 1 : Intro à l'informatique quantique

Survol

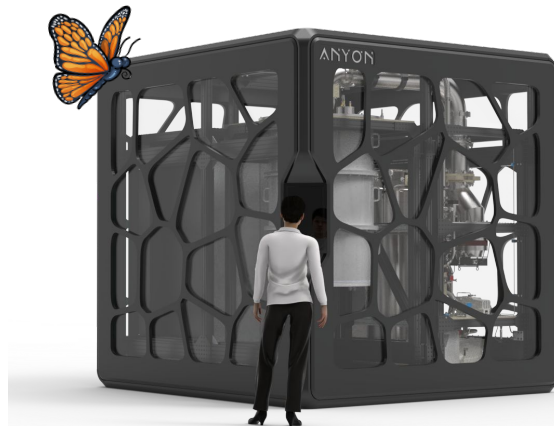
Informatique classique

- Utilise des états binaires ou des **bits** (0 et 1)
- Calcul déterministe
- Ordinateurs portables, téléphones, grappes de calcul, etc.



Informatique quantique

- Utilise des bits quantiques ou **qubits**
- Superposition, intrication et interférence
- Calcul probabiliste
- MonarQ



Qubit : l'objet mathématique

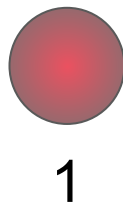
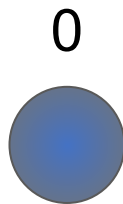


Les qubits sont la réalisation physique d'un système quantique à deux niveaux, qui stocke et traite l'information quantique.

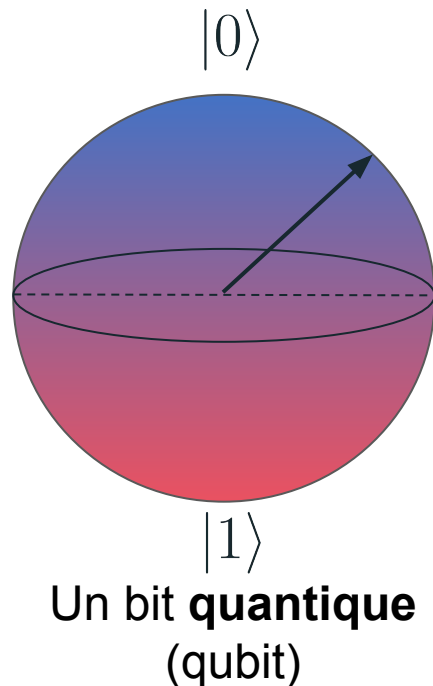
Superposition

$$|\psi\rangle = \alpha|0\rangle + \beta|1\rangle \text{ avec } |\alpha|^2 + |\beta|^2 = 1$$

Mathématiquement, un qubit est un vecteur dans un espace vectoriel complexe



Deux bits
classiques



Qubit : l'objet mathématique



Les qubits sont la réalisation physique d'un système quantique à deux niveaux, qui stocke et traite l'information quantique.

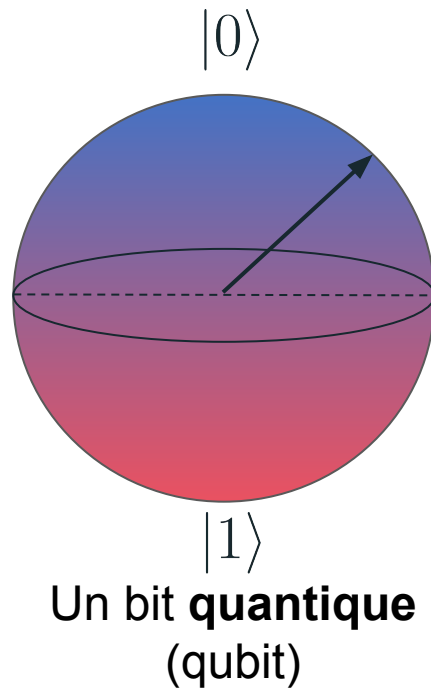
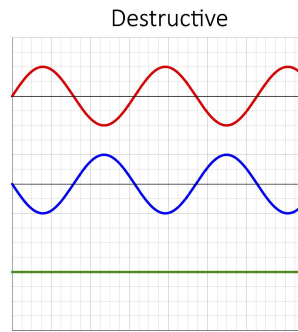
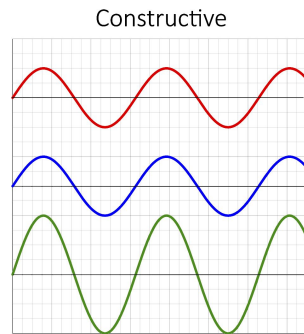
Interférence

$$|\psi\rangle = \alpha|0\rangle + \beta|1\rangle \text{ avec } |\alpha|^2 + |\beta|^2 = 1$$

$$P(|0\rangle) = |\alpha|^2$$

$$P(|1\rangle) = |\beta|^2$$

On peut manipuler les amplitudes et les probabilités avec l'interférence constructive et destructive.



Qubit : l'objet mathématique

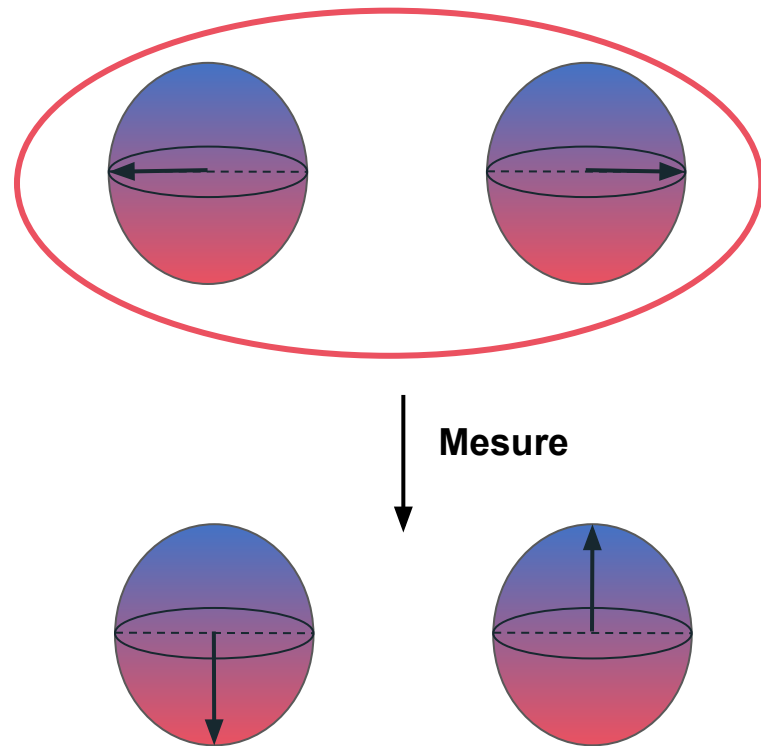


Les qubits sont la réalisation physique d'un système quantique à deux niveaux, qui stocke et traite l'information quantique.

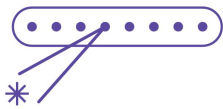
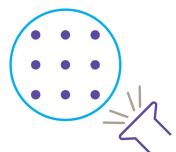
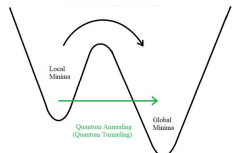
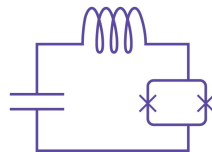

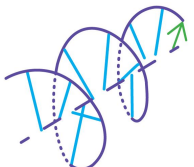











Intrication

Les qubits intriqués sont corrélés. La mesure de l'un modifie la mesure des autres.

Il n'y a pas d'analogue en mécanique classique.



Qubit : l'objet physique

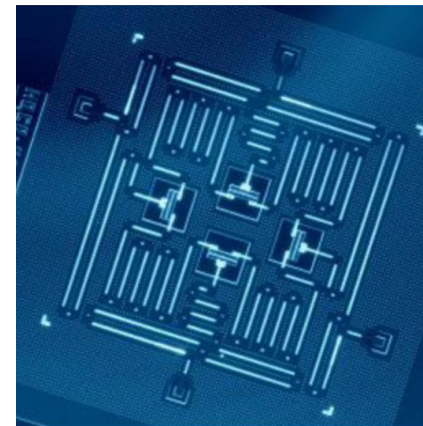
Atomes		Électrons			Photons
Ions piégés	Atomes froids	Recuit ("Annealing")	Supraconducteur	Topologique	Photons
					
 IONQ  QUANTINUUM	 QuEra Computing Inc.  Pasqal	 D-WAVE	 amazon  ANYON IQM  Nord Quantique	 Microsoft	 XANADU  PsiQuantum QUANDELA

Qubits

- Élément fondamental de l'informatique présentant les propriétés de la mécanique quantique.
- Les états booléens 0 et 1 sont représentés par une pair d'états quantiques normalisés et orthogonaux $|0\rangle$ et $|1\rangle$.
- En pratique, un qubit est un système microscopique que l'on peut manipuler de manière cohérente



Les qubits de MonarQ sont des **transmons** fabriqués à partir de matériaux supraconducteurs fonctionnant à des températures extrêmement basses et manipulés par des impulsions de micro-ondes.

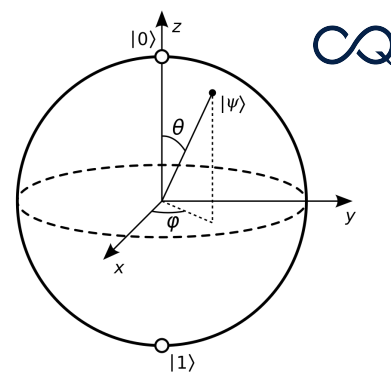


Pause programmation



Notebook 1 : Développer un simulateur quantique

Notebook 1 : Aide-mémoire



1. **État** d'un qubit
 - $|\psi\rangle = \alpha|0\rangle + \beta|1\rangle$ avec $|\alpha|^2 + |\beta|^2 = 1$
 - Représenté par un vecteur dans un espace vectoriel complexe
2. Notation de **Dirac**
 - Un **ket** $|\psi\rangle$ est un vecteur colonne et le **bra** $\langle\psi|$ associé est le vecteur ligne obtenu en prenant le conjugué complexe transposé du ket
3. **Sphère de Bloch**
 - **Représentation visuelle d'un qubit** comme un vecteur sur la sphère avec θ et ϕ comme coordonnées de l'état: $|\psi\rangle = \cos\left(\frac{\theta}{2}\right)|0\rangle + e^{i\phi}\sin\left(\frac{\theta}{2}\right)|1\rangle$
4. Les **portes** quantiques sont des **matrices unitaires** et agissent sur les qubits comme des **rotations** sur la sphère de Bloch
 - Un **circuit quantique** est une séquence de transformations unitaires (portes) appliquées à un état initial $|\psi_{\text{final}}\rangle = U_n \cdots U_2 U_1 |\psi_{\text{initial}}\rangle$
5. La **mesure** donne des **résultats probabilistes** basés sur l'état final
 - $P(|0\rangle) = |\alpha|^2 = \alpha^* \alpha$ et $P(|1\rangle) = |\beta|^2 = \beta^* \beta$