

# Quantique : les concepts de base

---

DEVCON #18 - 100% QUANTIQUE - 23 FÉVRIER 2023 - ESGI PARIS

# Objectifs de la présentation

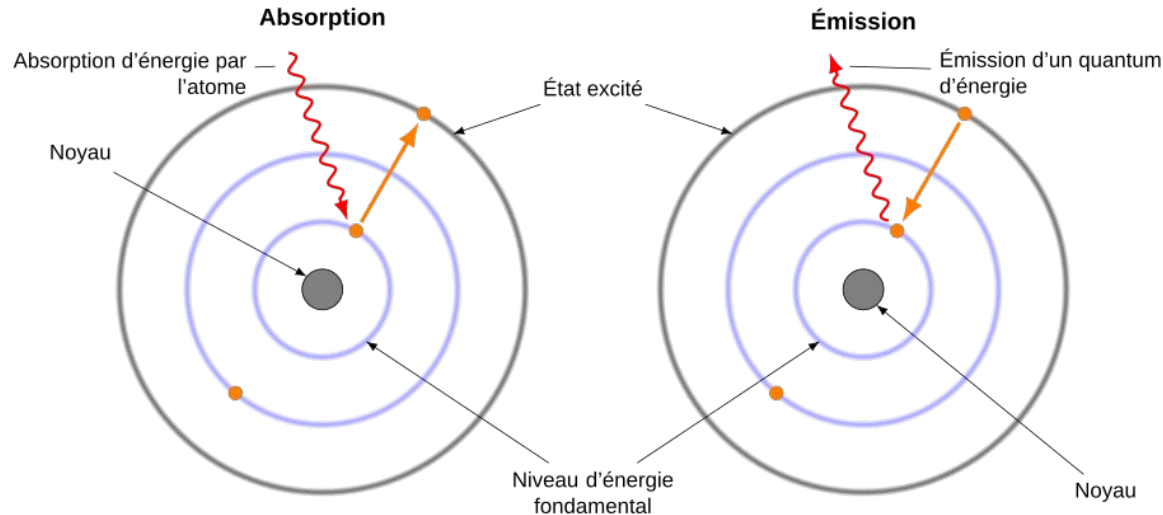
- Exposer les notions principales de la physique quantique, constituant les bases de l'informatique quantique.
- Exposer les notions principales utilisées par l'informatique quantique elle-même.

# **La physique quantique, quelques éléments**

- Physique de l'infiniment petit (microscopique).
- Contre-intuitive, par opposition à la physique/mécanique dite classique.

# inventaire de particules et...étymologie

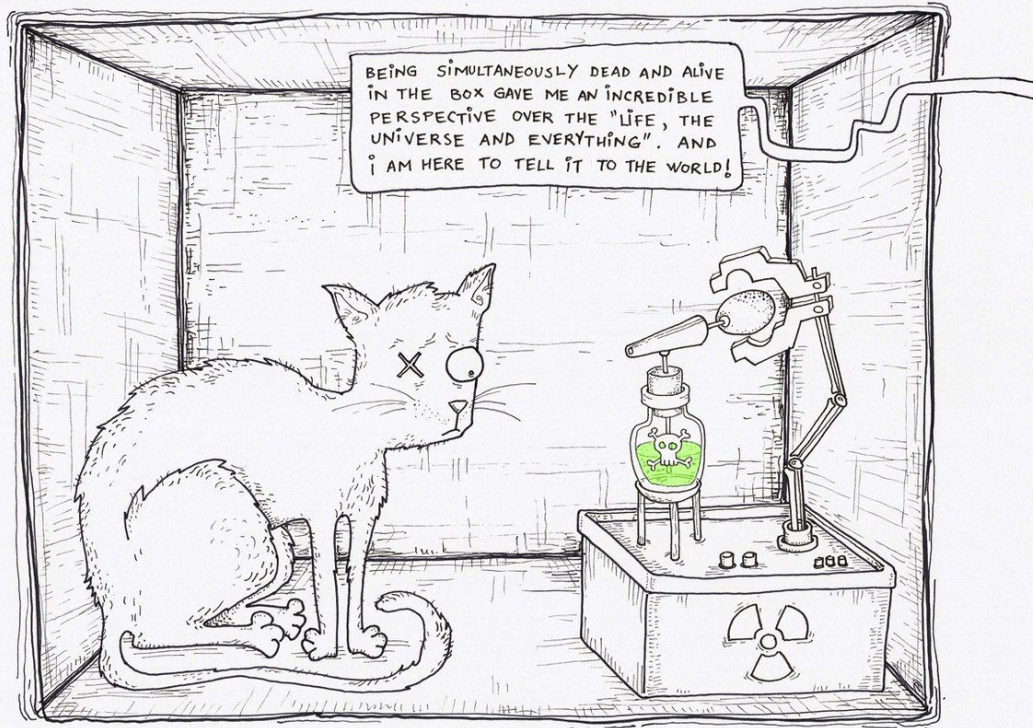
- Neutron, proton, électron.
- Photon, dualité onde-corpuscule.
- Les niveaux d'énergie à fournir sont quantifiés ("quanta"). Constante de Planck.



# Principe d'incertitude d'Heisenberg

- Si on connaît (de façon précise) la position d'une particule, on ne peut pas connaître (de façon précise) sa vitesse. Et réciproquement.
- Première approche de la superposition quantique.
- La mesure perturbe la grandeur mesurée (contre-analogie mécanique classique).

# Expérience de Schrödinger



Cristineagoe sur Wikipédia anglais, CC BY-SA 3.0  
<<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>>, via  
Wikimedia Commons

Spiros1976, CC BY-SA 4.0  
<<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>>, via  
Wikimedia Commons

# Fonction d'onde

- Le quadruplet (x, y, z, t) et le triplet (vx, vy, vz) de la vitesse permettent de décrire complètement un modèle issu de la mécanique classique. Le mouvement obéit à la loi suivante (PFD).

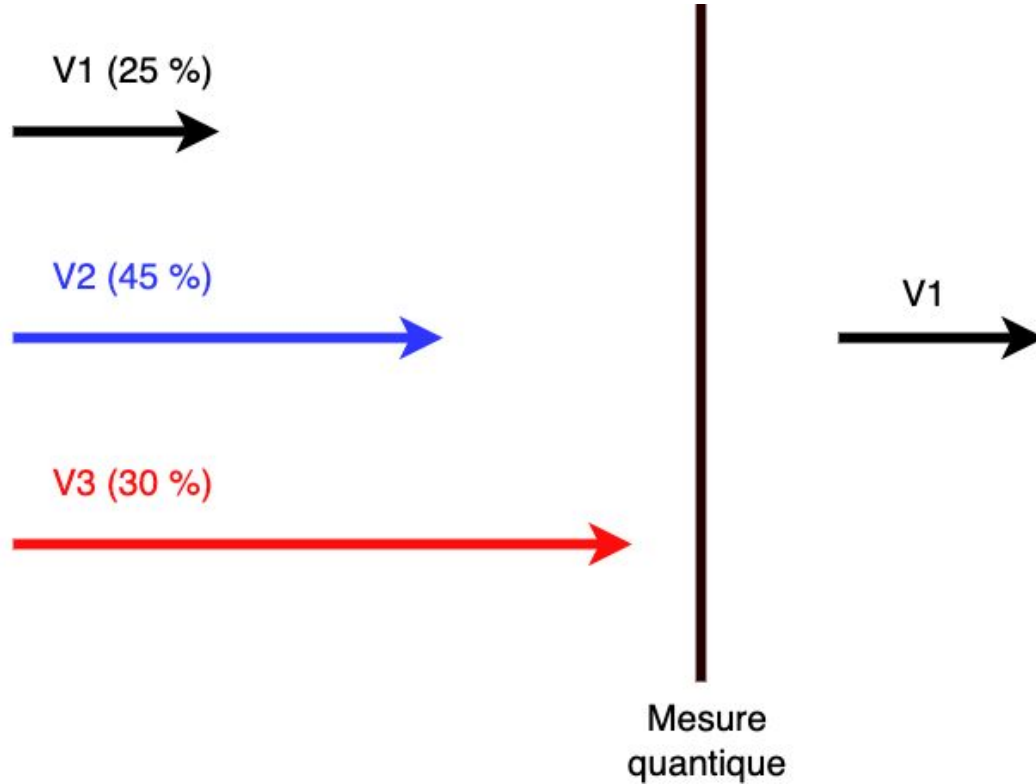
$$\sum \vec{F}_i = m\vec{a}$$

- La mécanique quantique propose la fonction d'onde, probabiliste. On peut ainsi calculer la probabilité de la présence de telle particule à tel endroit précis.
- La loi quantique “analogue” est l'équation de Schrödinger. Le principe de superposition permet d'accéder à certaines solutions de cette équation (densité de probabilité).

$$i\hbar \frac{d}{dt} |\Psi(t)\rangle = \hat{H} |\Psi(t)\rangle$$

# Superposition quantique...et notation bracket

l'état quantique  $\rangle = 25\% |V1\rangle + 45\% |V2\rangle + 30\% |V3\rangle$





# Notation bracket...et circuit quantique

Qubit 1  $|qubit1\rangle = a.|0\rangle + b.|1\rangle$  a, b... nombres complexes

---

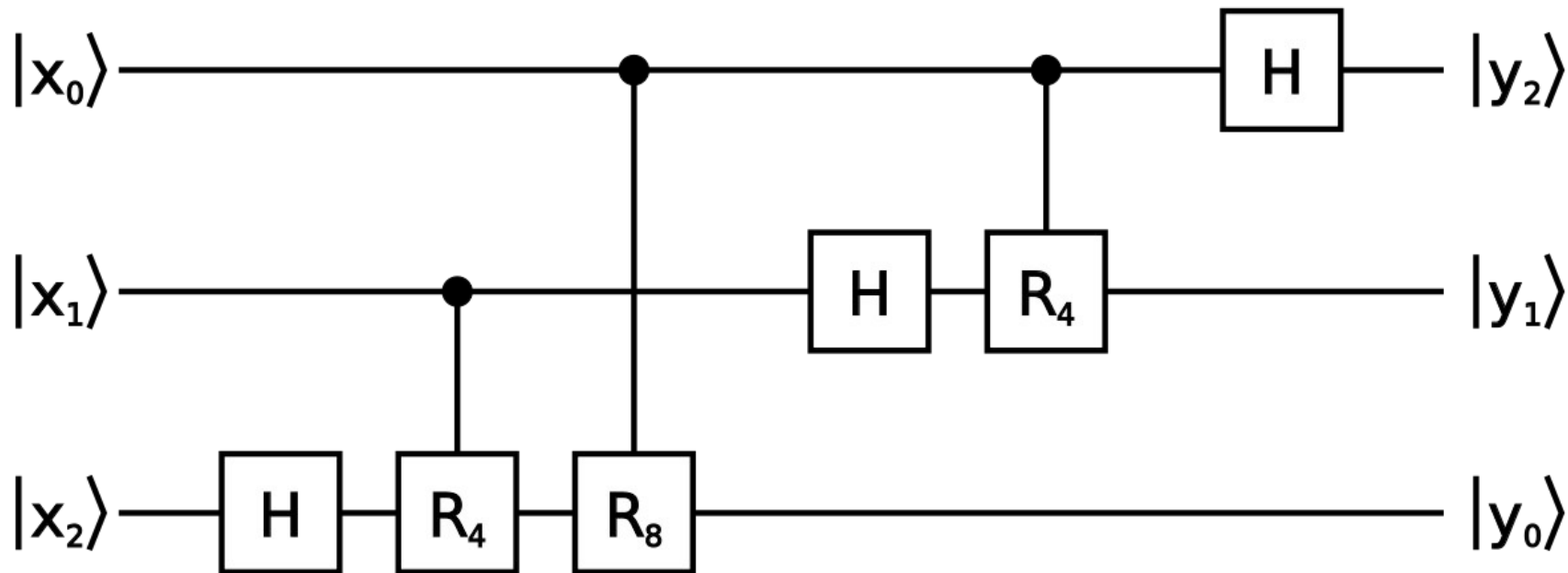
Qubit 2  $|qubit1\rangle = a.|00\rangle + b.|10\rangle + c.|01\rangle + d.|11\rangle$

---

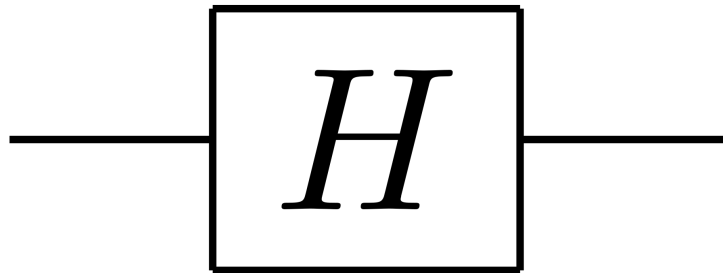
Qubit 3  $|qubit1\rangle = a.|000\rangle + b.|001\rangle + c.|010\rangle + d.|100\rangle + e.|110\rangle + f.|011\rangle + g.|101\rangle + h.|111\rangle$

---

# Un exemple de circuit quantique

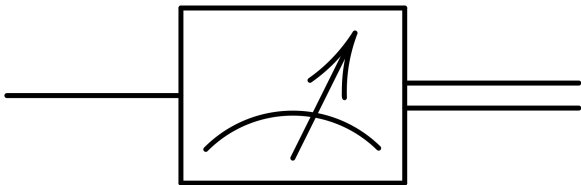
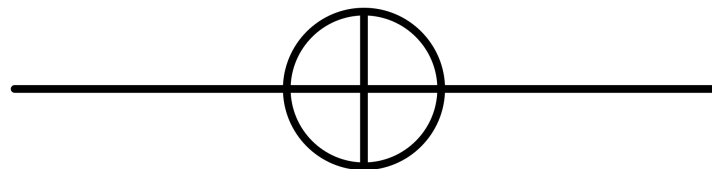


# Des portes quantiques



$$H = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix}.$$

$$X = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}$$



# Simulateur quantique vs ordinateur quantique

- Ordinateurs quantiques, fabrication des qubits :
  - Polarisation de photons
  - Spin d'électrons
  - Atomes froids (état quantique : niveaux d'énergie)
  - ...
- Simulateurs quantiques, qubits :
  - Usage combinatoire, environ 16 Go de RAM pour 30 qubits
  - Qiskit, Microsoft Quantum, Cirq (Google), myQLM

# Intrication quantique

- Deux particules forment un système lié, et présentent des états quantiques dépendant l'un de l'autre quelle que soit la distance qui les sépare.
- Paradoxe EPR (vitesse de la lumière notamment)
- Débats Bohr-Einstein :
  - Théorie déterministe locale à variables cachées (Einstein)
  - Inégalités de Bell, violées dans l'hypothèse EPR
  - Expérience d'Aspect (1982, absence de variables cachées)
  - Application en informatique quantique : téléportation quantique

**Des questions ? - faciles svp ;)**