

Virtualisation

Emuler Des Q-bits sur Pc standard

Isaac Djoko

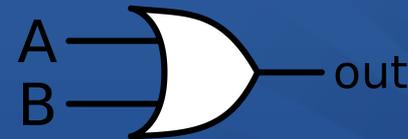
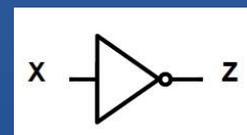
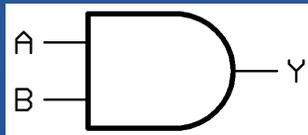
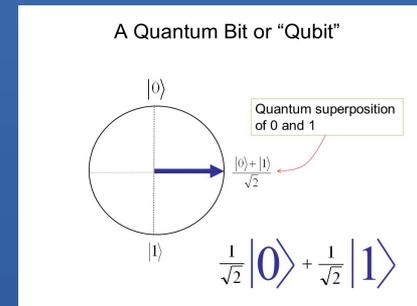
Superviseur : Dr. Sebastian Combefis

PLAN

- Introduction
- Physique Classique
- Physique Quantique
 - Superposition et Expérience de Young
- Ordinateur Quantique
 - Bits Vs Q-Bits
 - Architecture
- Demonstration

Introduction

- Emuler
 - imitation du comportement physique par un logiciel
- Q-bits
 - Quantum bit
 - Plus petite unité de stockage d'information quantique
- Pc standard
 - Bits (0 ou 1)
 - Porte logique



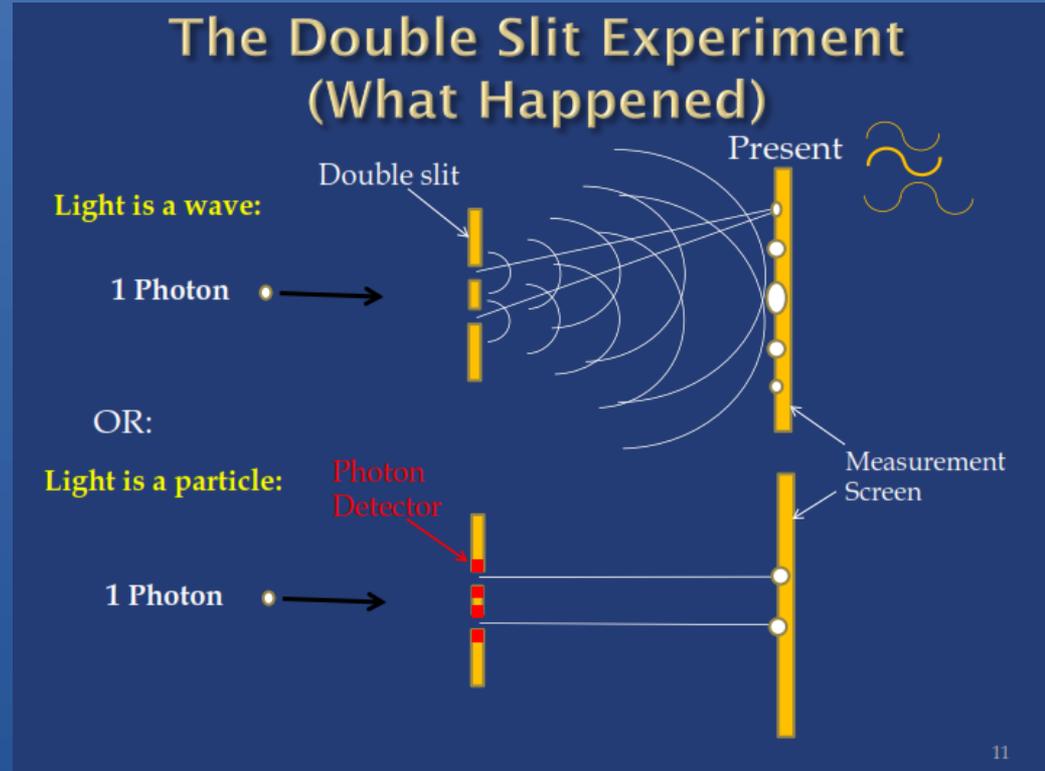
Physique classique

- Echelle standard
- Etat physique objet: masse, position et vitesse
- Decoherence Quantique : un etat physique à la fois

Physique quantique

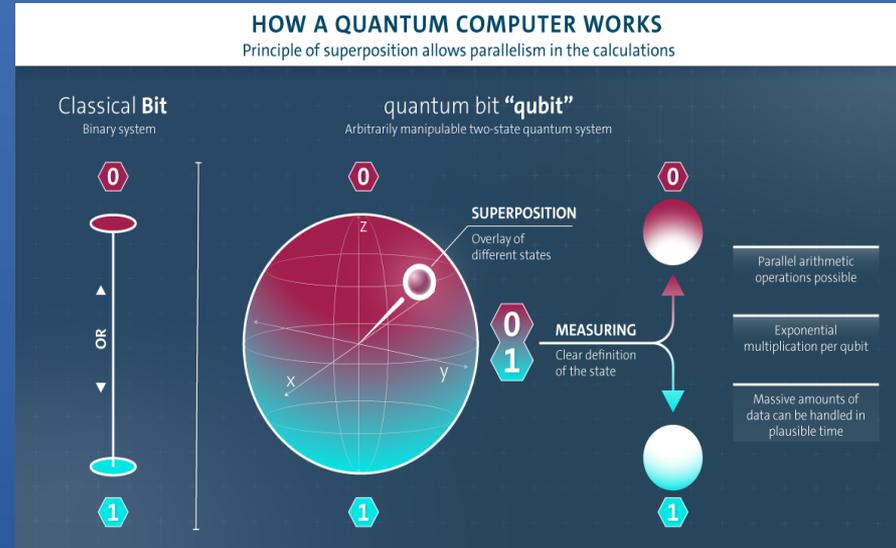
- Echelle atomique
- Superposition quantique : infinité d'état quantique à la fois
- Atome : particule + onde
- Expérience : fente de young

Experience de Young

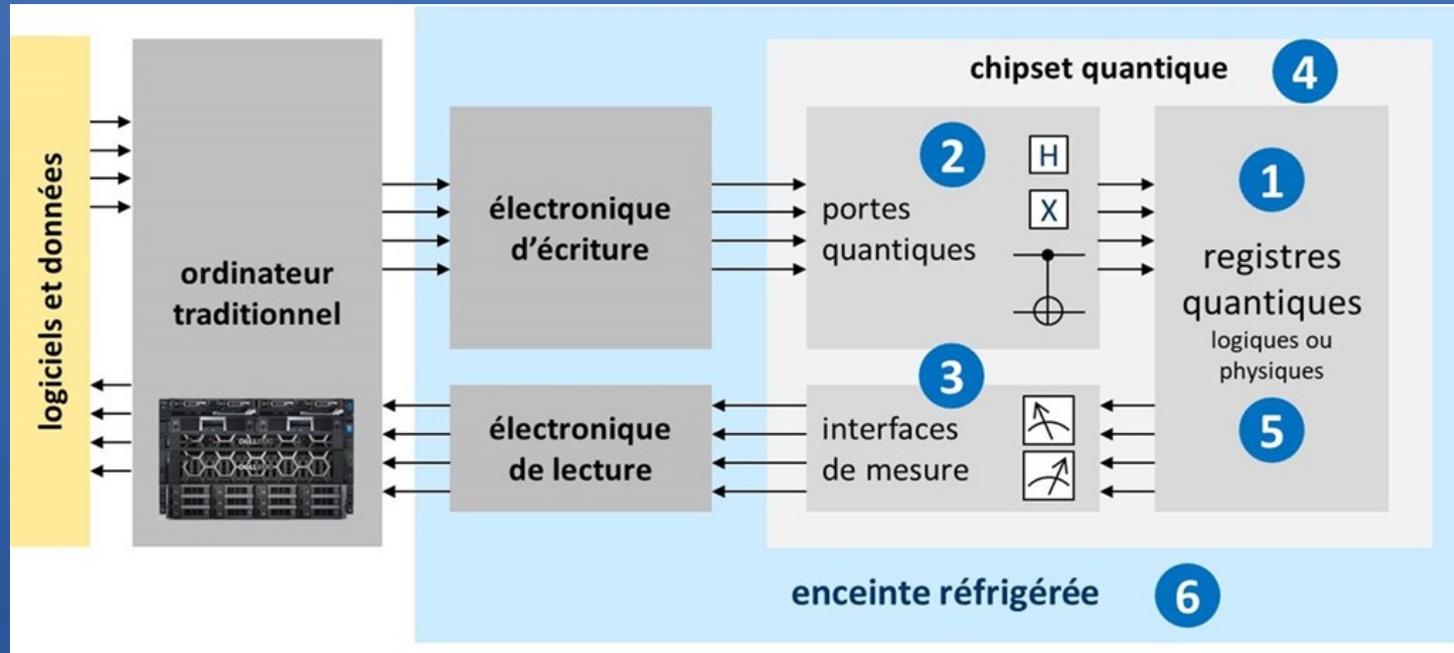


Ordinateur Quantique: Bits vs Q-Bits

	Bits	Q-Bits
Etat	0 ou 1	Propre 0 ou 1 Superposé $\alpha 0\rangle + \beta 1\rangle$
opération	Portes logiques	Portes quantiques https://www.wikiwand.com/fr/Porte_quantique
Software	Algorithmes	Algorithmes quantiques
Hardware	CMOS	SupraConducteur
Echelle	Cmos > 20nano	SC ≈ microns
Echantillonnage/ mesure	1 fois	Plusieurs fois
Registres	$2^8 = 256$ etats possibles, mais 1 seul etat à la fois	$2^8 = 256$ etats possibles, mais 256 etats à la fois
parallélisme	1 opération/s	256 opérations/s

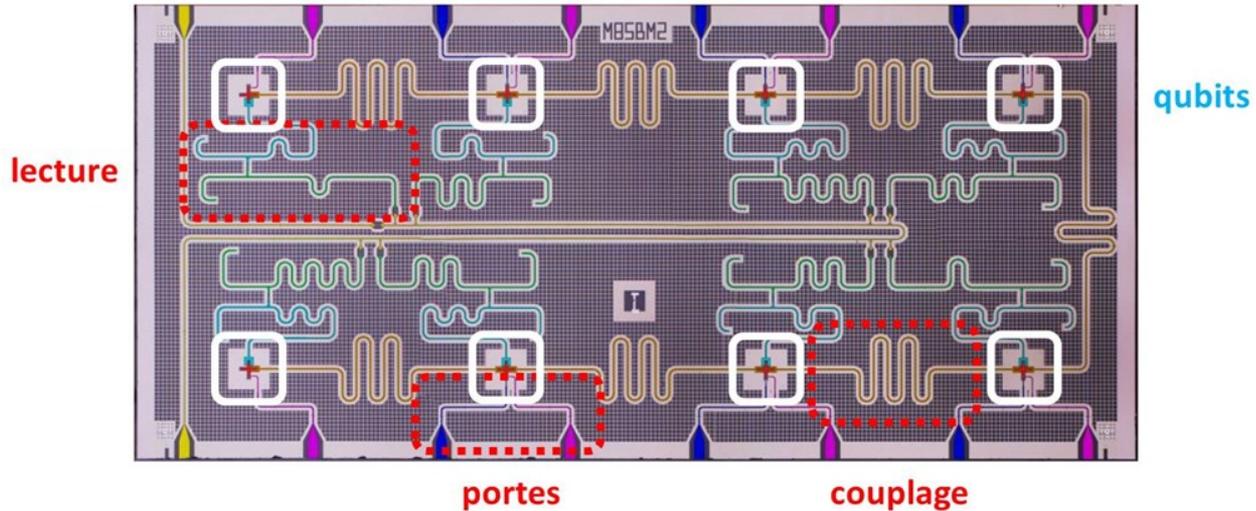


Ordinateur Quantique: Architecture



Ordinateur Quantique: Architecture

4 exemple de layout physique



8 superconducting qubits, ETH Zurich

Ordinateur Quantique : intérêts

- Vitesse de calcul au delai de l'imagination actuelle
- Amélioration des techniques de cryptographie : RSA
 - Factorisation en nombre 1ier
- Domaine de la chimie et de la science des matériaux
 - Synthèse de nouvelles molécules et matériaux au propriété inédit
- Domaine de la physique
 - Accélérer la recherche fondamentale, en permettant des simulations impossibles
- performance des Moteurs de recherche
- Révolution des systèmes IA en démultipliant la puissance

Demonstration : IBM Q Experience

- IBM Q Experience
 - Service cloud libre donnant l'accès aux processeurs quantiques IBM
 - Tester des algorithmes quantiques et faire des simulations
 - 2 modes d'édition d'algorithmes quantiques
 - Circuit editor : saisir textuellement du code quantique
 - Circuit composer : édition graphique

IBM Quantum Experience

The screenshot displays the IBM Quantum Experience web interface. At the top, the browser tabs show '1st sample', 'Getting Started ...', and 'Result 5e05227...'. The main menu includes 'New', 'Save', 'Clear', 'Delete', 'OpenQASM', and 'Help'. The current workspace is titled '1st sample' and has a 'Run' button.

The interface is divided into two main sections: 'Circuit editor' and 'Circuit composer'.
Circuit editor: Contains a text editor with the following QASM code:

```
1 OPENQASM 2.0;  
2 include "qelib1.inc";  
3  
4 qreg q[4];  
5 creg c[5];  
6  
7 h q[0];  
8 cx q[0],q[1];  
9 measure q[0] -> c[0];
```

Circuit composer: Features a 'Gates' palette with various quantum operations like H, S, S†, T, T†, cH, cRz, X, Y, Z, ID, U1, U2, U3, Rx, Ry, Rz, and T. It also includes 'Barrier', 'Operations' (|0>, if, Z), and 'Subroutines' (+ Add). The circuit diagram shows a sequence of operations on qubit q[0]: an H gate, followed by a CNOT gate with target q[1], and a measurement gate. The measurement result is stored in classical register c[0].

At the bottom, the 'Pending results (0)' section is empty, and the 'Results (1)' section shows a single entry: 'ibmq_qasm_simulator - 1024 shots - 7 minutes ago. Status: COMPLETED'.

IBM Quantum Experience

[← Back to Results](#)

[Download](#) 

Result 5e052279c7173b0011782fb5

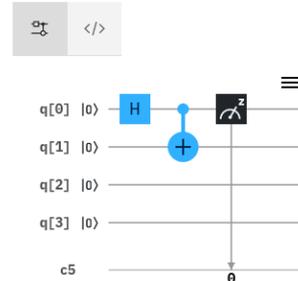
Type	Provider	No. Circuits	Created
Composer	ibmq-q/open/main	1	Dec 26, 2019 10:13 PM

Created Transpiling 468ms Validating 390ms In queue 706ms Running 4ms Completed

Run details

Backend	Shots	Status	Time taken	Last Update
ibmq_qasm_simulator	1024	COMPLETED	2s	Dec 26, 2019 10:13 PM

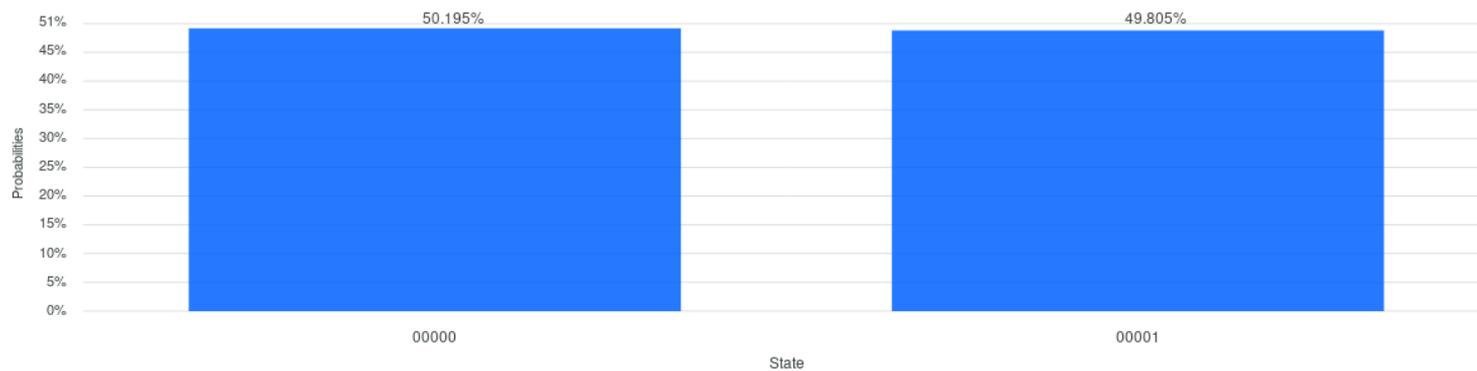
Circuit diagram (transpiled)



IBM Quantum Experience

Result

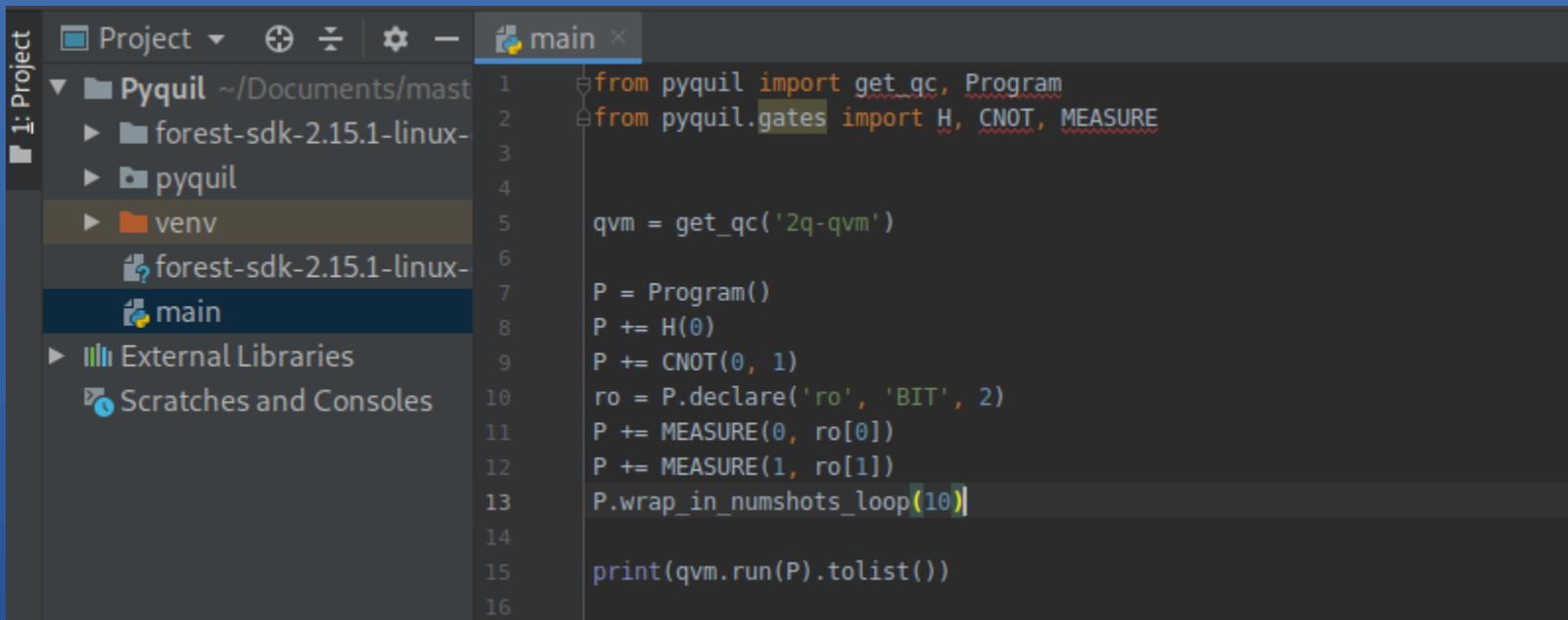
Histogram



Demonstration :Pquil

- Véritable virtualisation
- Library python pour la programmation quantique
- pyquil developpe par rigetti
- Comment ça marche ?
 - Telecharger et installer Forest SDK contenant
 - un QVM (demarrage : `qvm -S`)
 - Et un Quil Compiler (demarrage : `quilc -S`)
 - Installation pyquil: `pip install pyquil`
 - Ecrire de son programme et lancer

Pyquil



The image shows a code editor window with a dark theme. On the left, a project tree shows a folder named 'Pyquil' with subfolders 'forest-sdk-2.15.1-linux-', 'pyquil', and 'venv'. The 'main' file is selected. The code in the editor is as follows:

```
1 from pyquil import get_qc, Program
2 from pyquil.gates import H, CNOT, MEASURE
3
4
5 qvm = get_qc('2q-qvm')
6
7 P = Program()
8 P += H(0)
9 P += CNOT(0, 1)
10 ro = P.declare('ro', 'BIT', 2)
11 P += MEASURE(0, ro[0])
12 P += MEASURE(1, ro[1])
13 P.wrap_in_numshots_loop(10)
14
15 print(qvm.run(P).tolist())
16
```

Pyquil

```
Run: virtualisation x
/root/Documents/master2/virtualisation/Pyquil/venv/bin/python /root/Documents/master2/virtualisation/Pyquil/main
[[0, 0], [1, 1], [0, 0], [0, 0], [0, 0], [0, 0], [1, 1], [0, 0], [0, 0], [1, 1]]
Process finished with exit code 0
```

Conclusion

- Q-bit : Phase expérimentale et de recherche
- Apporte une véritable révolution technologique
- Pas forcément pour des utilisateurs standards
- Mais l'impact se fera ressentir sur toute les couches sociales

- important pour l'ingénieur de s'y intéresser:
 - Expérimentation par la virtualisation et service cloud

Sources

- Documents:

- <https://sebastien.combefis.be/files/ecam/virtualisation/quantum-computing-guru-2018.pdf>
- <https://github.com/rigetti/pyquil>
- https://fr.wikipedia.org/wiki/Calculateur_quantique
- <https://www.techniques-ingenieur.fr/actualite/articles/interview-quest-ce-quun-ordinateur-quantique-et-queelles-possibilites-laisse-t-il-entrevoir-1715/>

- Vidéos :

- <https://www.lespritsorcier.org/dossier-semaine/ordinateur-quantique/>
- https://www.youtube.com/watch?v=bayTbt_8aNc&t=339s
- https://www.youtube.com/watch?v=KaRd_eB2qOA&t=809s

- Images :

- <https://www.oezratty.net/wordpress/wp-content/Layout-physique-1.jpg>
- <https://www.oezratty.net/wordpress/wp-content/Architecture-Ordinateur-Quantique.jpg>
- https://www.volkswagenag.com/content/dam/online-kommunikation/brands/corporate/world/presence/stories/2019/11/where-is-the-electron-and-how-many-of-them/Website_QuantenComputer_01_EN_1163.png