

Virtualisation

Emuler Des Q-bits sur Pc standard

Isaac Djoko

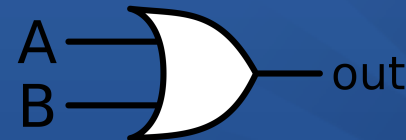
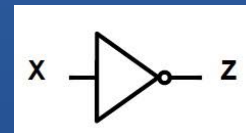
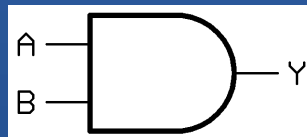
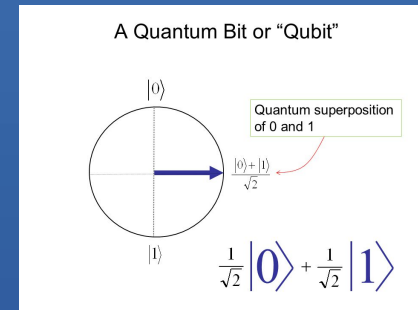
Superviseur : Dr. Sebastian Combefis

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

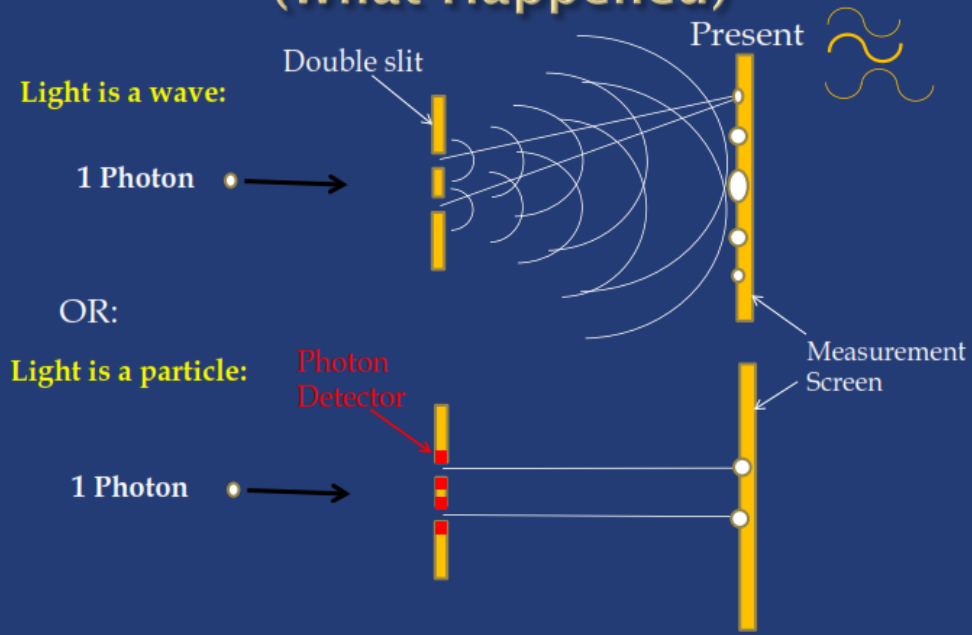
- Echelle standard
- Etat physique objet: masse, position et vitesse
- Decoherence Quantique : un etat physique à la fois

Physique quantique

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

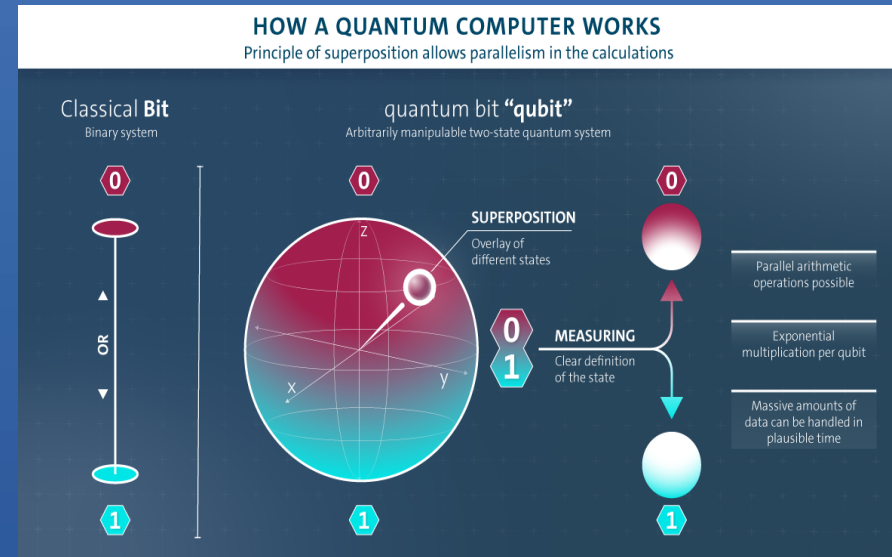
Experience de Young

The Double Slit Experiment (What Happened)



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 operations/s



Porte de Hadamard

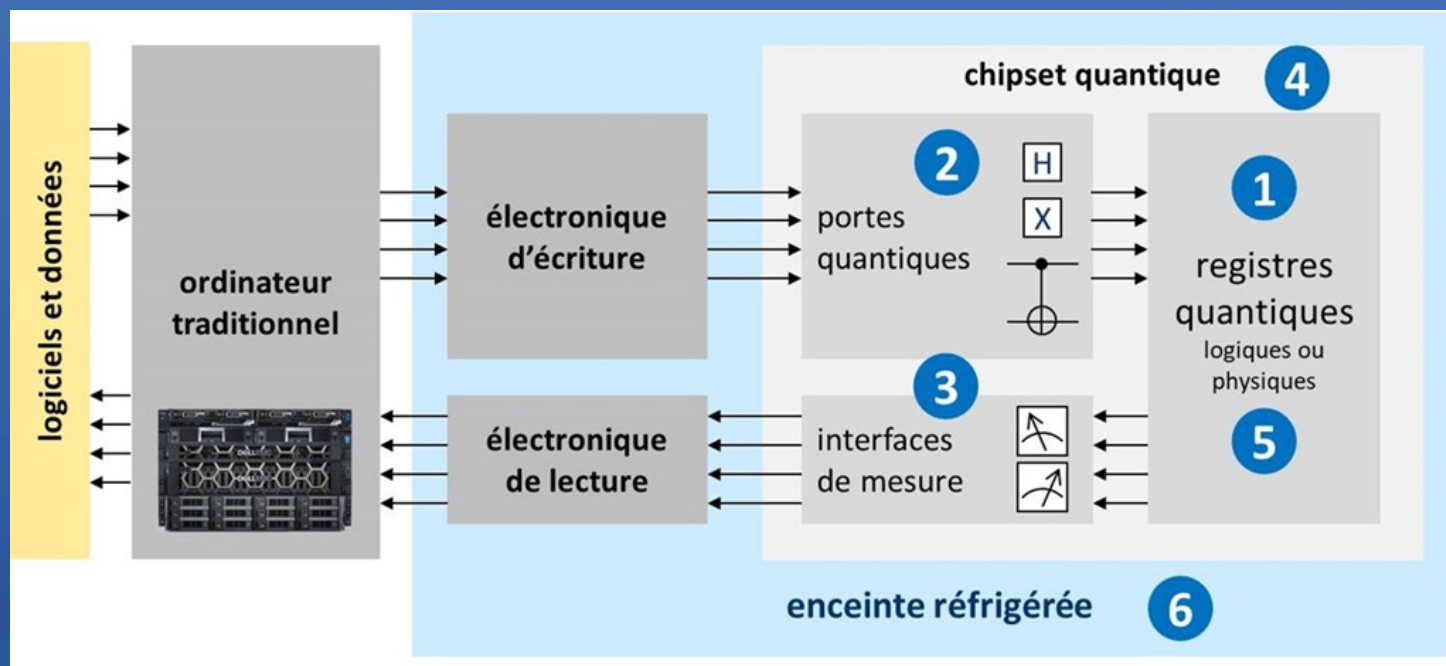


Porte NOT



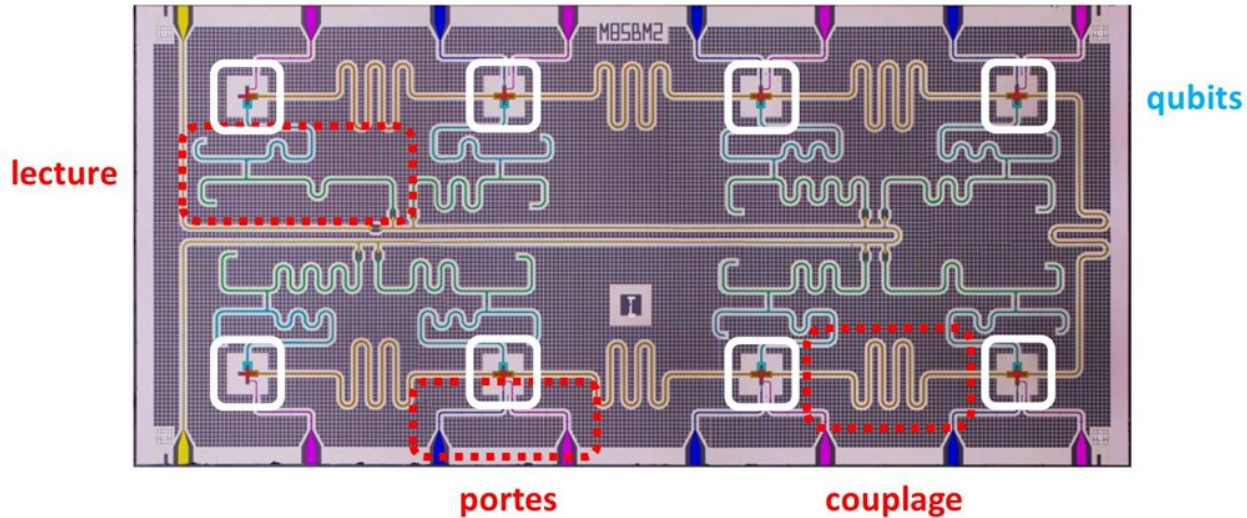
Porte Swap

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

IBM Q Experience

1st sample × Getting Started ... Result 5e05227...

New Save Clear Delete OpenQASM Help

1st sample

Saved → Run

1

2

3

4

5

6

7

8

9

OPENQASM 2.0;

include "qelib1.inc";

qreg q[4];

creg c[5];

h q[0];

cx q[0],q[1];

measure q[0] -> c[0];

Circuit composer

Gates

H S S†

T† cH cRz

X Y Z I0 U1 U2 U3 Rx Ry Rz

T

Barrier Operations Subroutines

01 if

+ Add

q[0] |0>

q[1] |0>

q[2] |0>

q[3] |0>

+

c5

H

+

0

Pending results (0)

Results (1)

ibmq_qasm_simulator - 1024 shots - 7 minutes ago. Status: COMPLETED

IBM Quantum Experience

[← Back to Results](#)

[Download](#) 

Result 5e052279c7173b0011782fb5

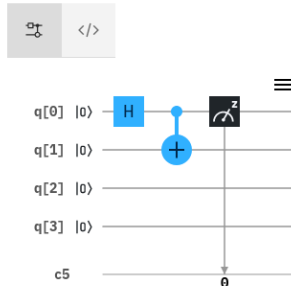
Type	Provider	No. Circuits	Created
Composer	ibmq-q/open/main	1	Dec 26, 2019 10:13 PM

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

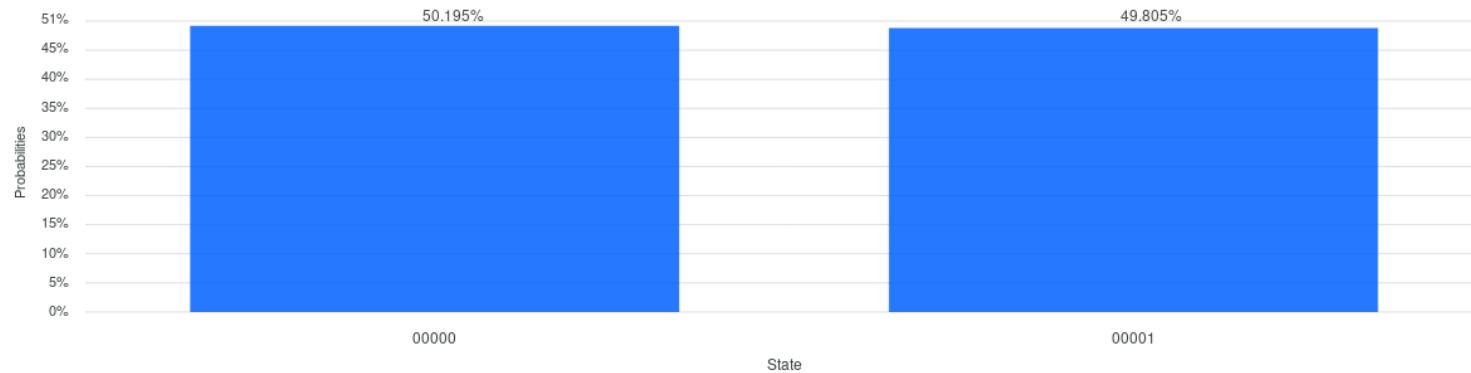
Circuit diagram (transpiled)



IBM Quantum Experience

Result

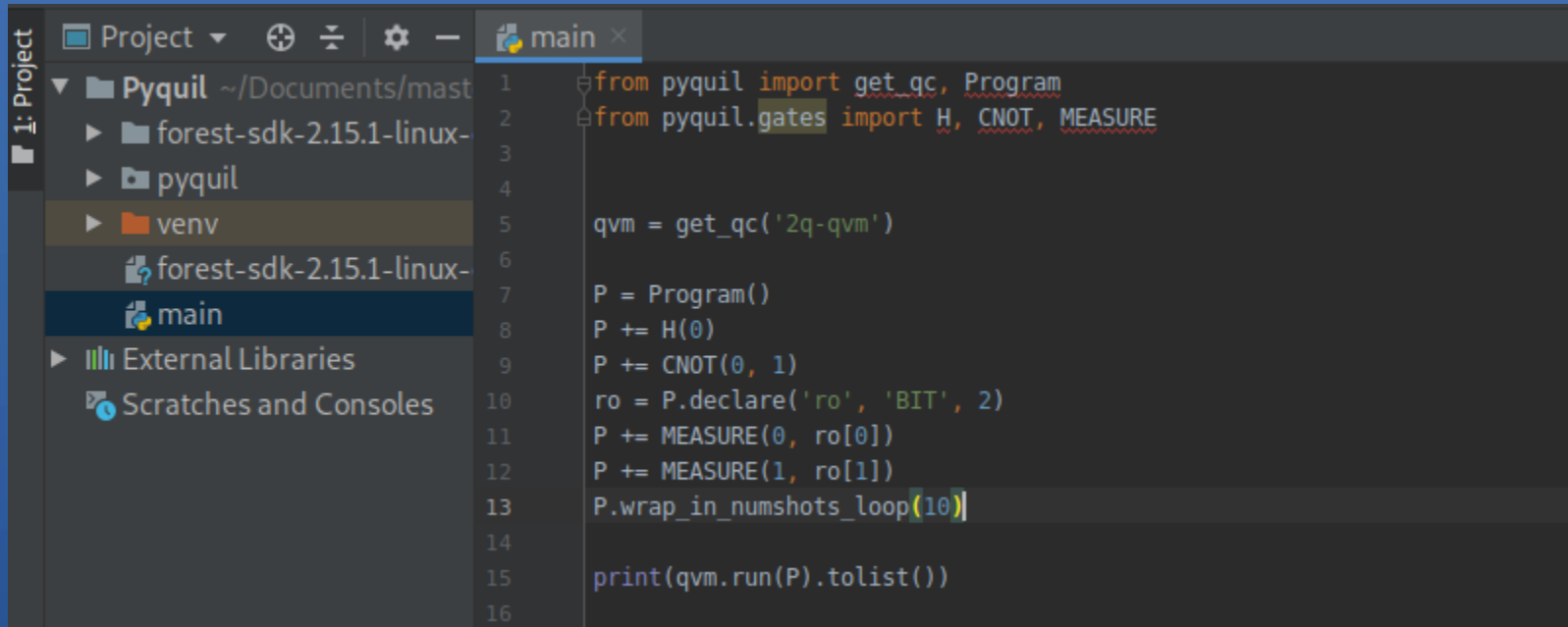
Histogram



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



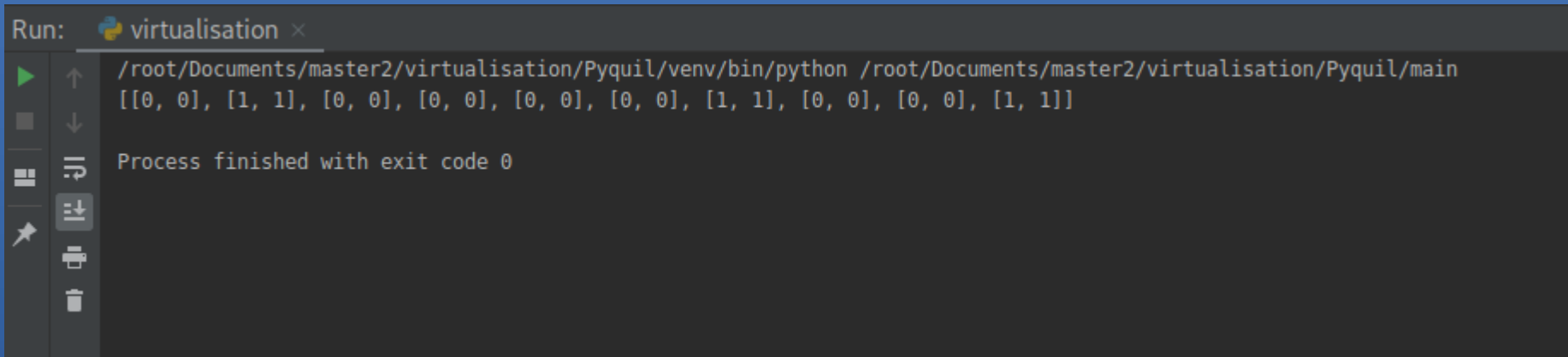
The screenshot shows a code editor interface for Pyquil. On the left, a project tree under '1: Project' shows the following structure:

- Pyquil ~/Documents/mast
 - forest-sdk-2.15.1-linux-
 - pyquil
 - venv
 - forest-sdk-2.15.1-linux-
 - main (selected)
- External Libraries
- Scratches and Consoles

The main editor window displays the following Python code:

```
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



The screenshot shows a JupyterLab interface with a 'Run' console. The console title is 'virtualisation x'. The output shows the execution of a Python script that runs a Pyquil program. The program's output is a list of 10 pairs of values: `[[0, 0], [1, 1], [0, 0], [0, 0], [0, 0], [0, 0], [1, 1], [0, 0], [0, 0], [1, 1]]`. Below the output, it states 'Process finished with exit code 0'. The left sidebar of the console contains several icons: a green play button, a square, a refresh icon, a list icon, a star, a printer, and a trash can.

```
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