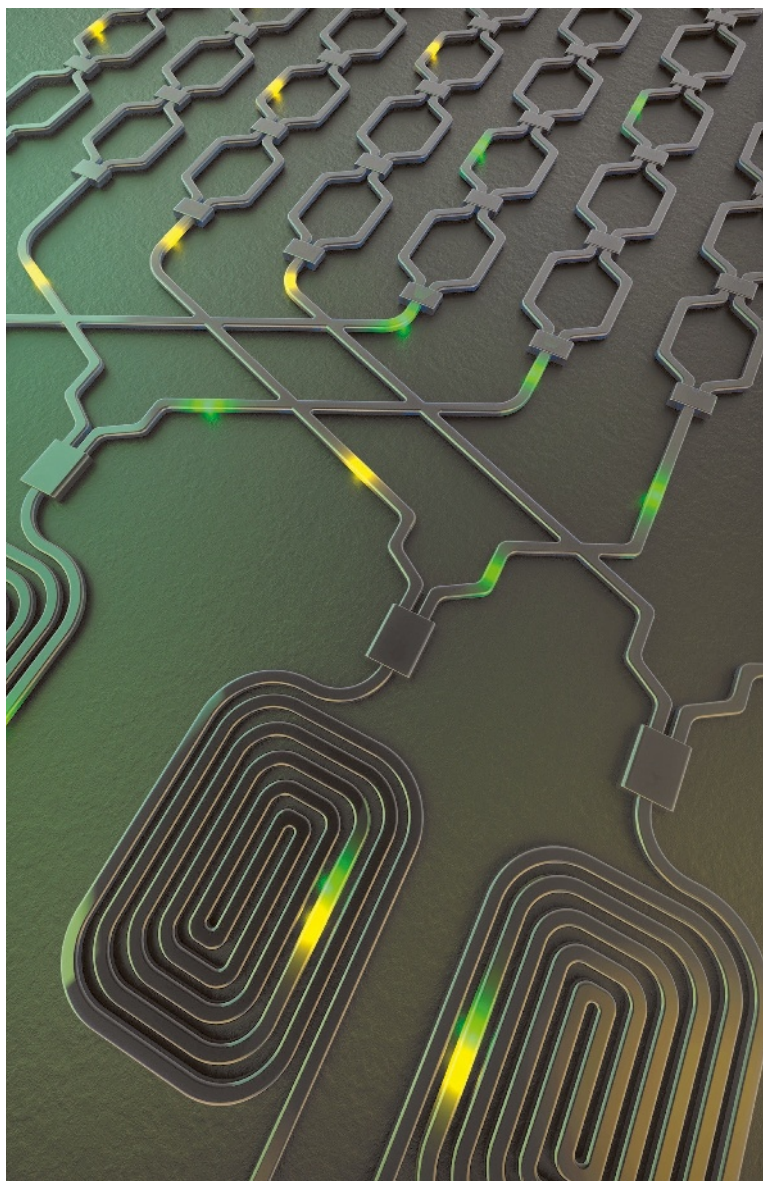
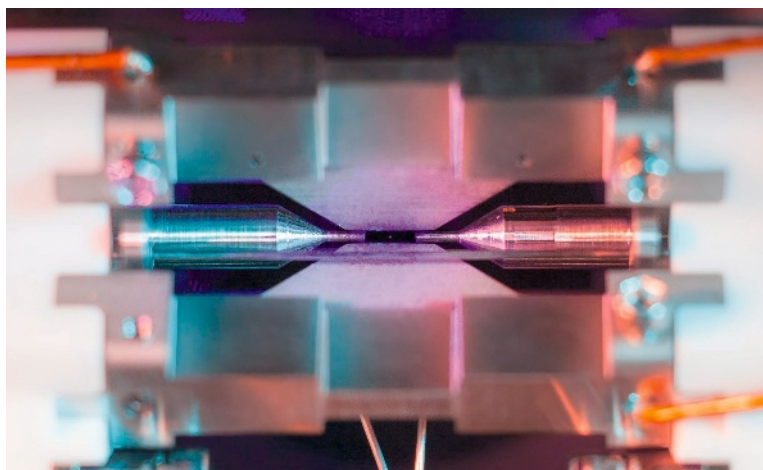




Des qubits sous la forme de photons sont créés dans les spirales puis guidés le long de pistes en silicium pour effectuer différentes tâches.



Un ion de strontium (le petit point au centre, la fluorescence apparaît après un temps de pose de 30 secondes) a été piégé dans une enceinte ultravide entre deux électrodes. De tels ions piégés pourraient constituer des qubits.

systèmes issus de la physique ou de la chimie et gouvernés par des propriétés quantiques, ceux ayant atteint ces objectifs avec une précision suffisante sont rares, et c'est à eux que nous nous intéresserons ici. Précisons que cette sélection n'est valable qu'à un instant donné, aujourd'hui, et reste tributaire de nos connaissances, encore en construction, sur l'ordinateur quantique et de notre capacité à contrôler les systèmes quantiques. Le même exercice dans quelques années pourrait conduire à une liste différente.

Les qubits retenus se distinguent notablement en termes de performances et de géométrie, autant de caractéristiques liées à des paramètres physiques et technologiques, comme la vitesse et la robustesse des opérations quantiques, la taille effective du qubit, la variabilité des paramètres de fonctionnement du qubit... (voir le tableau page 84) et aucun n'est pour le moment incontournable au vu des contraintes de l'ordinateur quantique.

### LA VOIE DU SUPRACONDUCTEUR

La vitesse d'opération est clairement importante, car elle détermine la rapidité du processeur quantique. Si elle devient le facteur clé, alors le choix le plus judicieux est clair aujourd'hui : miser sur les qubits de type supraconducteur (voir la figure page ci-contre), c'est-à-dire dépourvu de résistance électrique à basse température. L'étude de ces objets a commencé il y a plus de quarante ans lorsque diverses expériences ont montré le comportement globalement quantique du circuit supraconducteur le plus simple : la jonction Josephson. Cet élément est constitué de deux électrodes supraconductrices séparées par un mince isolant électrique que peuvent traverser, par effet tunnel, des paires d'électrons (dites «de Cooper»). Refroidis à des températures d'environ 20 millikelvins, les circuits à jonction Josephson se comportent comme des atomes artificiels à deux états possibles, le prérequis pour être un qubit.

La rapidité d'opération des qubits supraconducteurs résulte de leur taille. Au contraire d'autres systèmes, ils sont formés d'un nombre important de particules élémentaires, les électrons, qui se déplacent sans dissiper d'énergie dans des circuits de plusieurs centaines de microns. La taille des qubits supraconducteurs permet de bien les coupler aux sondes et excitations nécessaires pour les contrôler et autorise un temps de manipulation bien inférieur à la microseconde. À l'origine, les propriétés macroscopiques semblaient rédhibitoires pour élaborer des systèmes très résistants à la décohérence. Cependant, des efforts déployés pour comprendre et améliorer leur isolation vis-à-vis de l'environnement ont rendu les circuits supraconducteurs aussi performants que