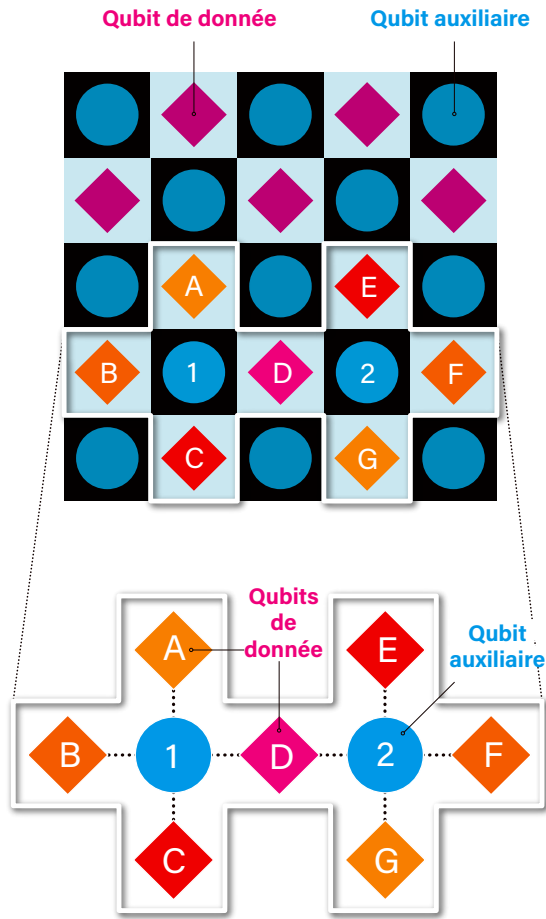
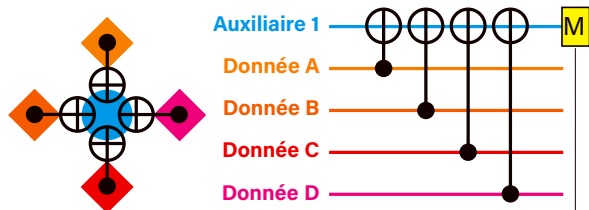


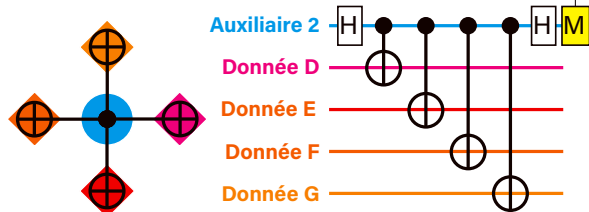
Configuration du code de surface



Détection d'erreur



Si les deux mesures [M] sont égales à 0, le code ne contient pas d'erreur.



Le défi aujourd'hui est donc de trouver des moyens pour améliorer les codes correcteurs afin qu'ils puissent gérer des taux d'erreurs plus élevés, une plus grande variété d'erreurs et s'adapter aux contraintes du matériel.

Les codes correcteurs d'erreurs les plus populaires sont les « codes quantiques topologiques ». Leur origine remonte à 1982, lorsque Frank Wilczek, du MIT (l'institut de technologie du Massachusetts), aux États-Unis, a proposé que l'Univers pouvait contenir une toute nouvelle catégorie de particules. Contrairement aux types connus, dont le spin a une valeur entière (comme le photon) ou demi-entière (comme l'électron), ces particules auraient des valeurs fractionnaires intermédiaires (mais elles n'existeraient que dans des géométries bidimensionnelles). Le physicien les a nommées « anyons » et pensait que les applications pratiques de ces objets étaient probablement lointaines.

DES ANYONS POUR LA CORRECTION

Mais les physiciens ont vite découvert que les anyons n'étaient pas si inutiles que cela. En fait, ils sont liés à des phénomènes du monde réel, dans certains systèmes de matière condensée. Pour achever leur passage de la théorie aux besoins pratiques de la technologie, Alexei Kitaev, de Caltech (l'institut de technologie de Californie), a constaté que les anyons constituaient un outil efficace pour exprimer certains calculs quantiques. Il a alors montré qu'ils avaient une application directe dans des systèmes qui manipulent un grand nombre de particules pour en faire un code quantique.

Dans ces systèmes, les particules sont connectées dans un réseau bidimensionnel où leur état d'énergie le plus bas est fortement intriqué. Les erreurs correspondent à des états d'énergie plus élevée du système, on parle d'excitations. Ces excitations sont représentées par des anyons. Ces idées ont marqué la naissance des codes topologiques (et avec eux, un autre pont entre le calcul quantique et la physique de la matière condensée). Comme le bruit est censé agir localement sur le réseau et que les codes topologiques ont des excitations localisées, ils sont rapidement devenus le système préféré pour protéger les informations quantiques.

Le « code de surface » (ou « code de Kitaev ») et le « code de couleur » sont deux exemples de codes topologiques. Le premier a été développé par Alexei Kitaev et Sergey Bravyi, un de mes collègues chez IBM. Le code de surface est composé des qubits initiaux portant l'information et de qubits auxiliaires, disposés de façon alternée sur un carré bidimensionnel, comme sur un échiquier, les premiers occupant les cases blanches, les seconds les noires.