

Dans l'expérience de Christopher Monroe, les physiciens ont utilisé deux lasers; le premier servait à inverser le spin des ions et le second à faire interagir les spins les uns avec les autres de façon aléatoire et pour produire un certain désordre. Avec la bonne configuration, le spin des ions oscillait à la moitié de la cadence des impulsions laser.

Dans le projet de Mikhail Lukin, les scientifiques ont utilisé des impulsions microondes pour inverser le spin des défauts du diamant. Ils ont observé des cristaux temporels séparés de deux et trois fois l'intervalle entre impulsions successives. Dans ces deux expériences, les matériaux ont subi une excitation extérieure (des impulsions laser ou microondes), mais ils ont affiché une période différente de celle de l'excitation: en d'autres termes, ils ont spontanément brisé la symétrie temporelle du système.

Ces expériences ont servi de déclencheurs pour de nombreux autres travaux. Ainsi, d'autres matériaux utilisant les mêmes principes généraux (qui ont acquis le nom de «cristaux temporels de Floquet») sont entrés en scène depuis.

DES RÉPONSES SOUS-HARMONIQUES

Certains physiciens ont souligné que des réponses dont la période est égale à un multiple des périodes d'excitation – des «réponses sous-harmoniques» ne sont pas des phénomènes nouveaux. Ainsi, dès 1831, Michael Faraday avait remarqué que lorsqu'il secouait verticalement du mercure liquide avec une période T , l'écoulement présentait souvent une période de $2T$.

Mais entre les cristaux temporels de Floquet et les réponses sous-harmoniques, il existe des différences importantes. D'abord, la brisure de symétrie dans le système de Faraday (et ceux du même genre) ne présente pas les caractéristiques d'une brisure spontanée de symétrie. Si le système entier constitué du matériau et du dispositif d'entraînement a simplement moins de symétries que le dispositif d'entraînement pris seul, cela ne suffit pas pour parler de cristal temporel.

D'un point de vue thermodynamique, dans l'expérience de Faraday, le dispositif d'entraînement (en l'occurrence les secousses appliquées) injecte en permanence de l'énergie (ou plutôt de l'entropie) dans le système, qui la dissipe sous forme de chaleur. Dans les systèmes de 2017, après une brève période de mise en place, le système s'établit dans un état où il n'échange plus d'énergie ou d'entropie avec le dispositif d'entraînement (s'il en absorbait, il chaufferait et perdrait ses propriétés de cristal temporel). Cette situation est possible grâce au désordre créé dans le système par les physiciens: en présence de désordre, les états du

FABRIQUER UN CRISTAL TEMPOREL

Les cristaux ordinaires brisent la symétrie de translation spatiale car leurs atomes occupent des positions fixes, et semblent différents lorsqu'on les translate d'une distance quelconque. Ils présentent aussi une rigidité et résistent à toute perturbation de leur structure spatiale. Les cristaux temporels brisent la symétrie de translation temporelle: ils changent d'un moment à un autre, tout en répétant un motif qui est également robuste. En 2017, aux États-Unis, deux équipes, celle de Christopher Monroe, de l'université du Maryland, et celle de Mikhail Lukin, de l'université Harvard, ont produit les premiers cristaux temporels.

