

## SCIENCES

### LES PARTICULES MAJORANA DE LEO KOUWENHOVEN

Pour Leo Kouwenhoven (° 1963), l'intérêt quasi fulgurant suscité dans les médias par sa découverte de la particule Majorana n'est qu'un battage médiatique. Il fut aussitôt invité par le Premier ministre néerlandais Mark Rutte. On semblait s'agiter autour de lui comme s'il avait déjà remporté le prix Nobel de physique. Exagéré, certes! Il n'empêche que ce nanophysicien a réalisé une percée formidable qui pourrait bel et bien lui valoir le prix Nobel dès lors que les expériences complémentaires s'avèreraient concluantes.

Tout commence le 27 février 2012, à la réunion annuelle de l'*American Physical Society*. Dans une salle pleine à craquer du *Boston Convention Center*, Kouwenhoven présente ses derniers résultats de mesure; ils seront aussitôt dans toutes les bouches des congressistes. Son sujet? Sa découverte de fortes présomptions quant à l'existence de la particule Majorana, évoquée en 1937 par le physicien théoricien italien Ettore Majorana. Ce génie disparut de manière mystérieuse un an plus tard, mais sa particule a resurgi, après une quête qui aura duré trois quarts de siècle, dans un laboratoire de physique de la *Technische Universiteit Delft*<sup>1</sup>. Et ce n'est pas par hasard. Dans la recherche mondiale des propriétés électroniques des nanostructures, Kouwenhoven est un scientifique de premier plan. De telles structures ont des dimensions de millièmes de millimètre et répondent aux lois de la mécanique quantique. Alors que ces lois défient le bon sens (des particules pouvant être à deux endroits en même temps), elles sont indispensables à une compréhension fondamentale du monde de l'infiniment petit.

Kouwenhoven a d'abord soutenu en 1992 sa thèse *cum laude* à la *Technische Universiteit Delft*, où il est professeur depuis 1999 (après avoir refusé une offre de Harvard). En 2007, il reçut le prix Spinoza, la plus haute distinction scientifique aux Pays-Bas. Par ailleurs, ses résultats de recherches dans le domaine du



Leo Kouwenhoven.

transport quantique dans des matériaux semi-conducteurs font régulièrement l'objet d'articles dans des revues internationales comme *Nature* et *Science*. Mais c'est en construisant des *quantum dots*, «boîtes» minuscules dans lesquelles il réussit à capturer un électron, que Kouwenhoven est devenu célèbre. Celles-ci entrent en considération comme *qubits*<sup>2</sup> d'un ordinateur quantique. Les qubits ne portent pas sur 0 ou 1, tels que les bits d'un ordinateur normal, mais peuvent être *simultanément* 0 et 1. Ainsi, la puissance de calcul augmenterait de manière exponentielle, de sorte qu'un ordinateur quantique arriverait à résoudre des problèmes qui sont inaccessibles aux superordinateurs actuels (déchiffrement de codes, recherche dans une base de données). Il y a un seul «mais»: les qubits doivent être stables et ne pas se laisser perturber par leur environnement - c'est là que le bât blesse. Même si on les refroidit jusqu'à juste au-dessus du zéro absolu (-273°C), le problème subsiste toujours. Les ordinateurs quantiques n'existent donc que sur le papier.

C'est ici que les fermions de Majorana entrent en jeu. En sa qualité de professeur à Naples, Ettore Majorana avait déjà fait appel à l'équation de Dirac, qui se trouve au cœur de la théorie

quantique. Ses recherches aboutirent à une solution bizarre: des particules pouvant être leurs propres antiparticules, de sorte que leurs propriétés sont «nulles». Ces «particules sans propriétés» n'avaient que peu attiré l'attention au début, mais dans les années 1970, on se mit à s'efforcer d'en démontrer l'existence. Entre-temps, la cosmologie semble elle aussi s'y intéresser car une grande partie de l'univers est «matière noire». Elle pourrait être constituée de fermions de Majorana. Au CERN à Genève, on essaie à l'aide d'accélérateurs de particules de détecter les fermions de Majorana - jusqu'ici sans succès. Cependant, Kouwenhoven donne une autre orientation à ces recherches. Hormis les particules élémentaires (les composants de base), la nature connaît également des particules composées, qui sont bien pratiques dans les calculs. On pourrait faire la comparaison avec une *ola* dans un stade: un phénomène collectif porté par un groupe d'individus. En choisissant à présent les bonnes combinaisons de matériaux et de nanofils, et en travaillant à des températures ultrabasses en combinaison avec des champs magnétiques puissants, on crée les conditions dans lesquelles peuvent surgir des fermions de Majorana de type composé, une interaction de

milliers d'électrons. Kouwenhoven connaissait déjà ces conditions car elles étaient apparues dans ses recherches antérieures.

Les fermions de Majorana de Leo Kouwenhoven apparaissent aux extrémités d'un nanofil. Ce fil ténu (en antimoine d'indium, d'une longueur de 0,003 mm) se trouve sur une base supraconductrice (résistance électrique zéro, moyennant un refroidissement jusqu'à juste au-dessus du zéro absolu) et est exposé à un champ magnétique. Le courant dans le nanofil est mesuré à l'aide d'électrodes livrant des valeurs maximales qui ne peuvent s'expliquer que par la présence de fermions de Majorana. Mais les collègues physiciens (et le comité du Nobel) ne se contentent pas de fortes présomptions. Des expériences complémentaires à Delft doivent encore en fournir la preuve irréfutable. Elles ont pour objet de tenter de mesurer les propriétés spéciales des fermions de Majorana en s'écartant de ce que nous savons sur les particules élémentaires connues actuellement. Concrètement, Kouwenhoven entend démontrer que les fermions de Majorana obéissent à la statistique non-abélienne.

Cette dernière propriété rend les fermions de Majorana appropriés comme qubits d'un ordinateur quantique. C'est la raison pour laquelle *Microsoft* a contacté Kouwenhoven en 2010, d'où a résulté une aide américaine d'un million de dollars. Depuis, Kouwenhoven a

élaboré des projets qui permettent de réellement construire un ordinateur quantique - un projet se chiffrant en milliards pour lequel il cherche des investisseurs. Avec *Microsoft*, les contacts sont toujours excellents. Après la publication de son article sur les fermions de Majorana, le 12 avril 2012 dans *Science*, Kouwenhoven fut convié à déguster un quartier de tarte Majorana au siège à Redmond.

**DIRK VAN DELFT**  
(TR. N. CALLENS)

Voir [www.tudelft.nl](http://www.tudelft.nl)

- 1 Delft est situé à mi-chemin entre Rotterdam et La Haye.
- 2 Un qubit = un bit quantique