

ART & SCIENCE

L'art quantique se tisse

Comment rendre compte de l'étrange réalité du monde quantique ? Un physicien devenu sculpteur répond avec plusieurs œuvres, notamment une série illustrant le spin des particules.

Loïc MANGIN

En 1999, l'équipe d'Anton Zeilinger, de l'Université de Vienne, met en évidence des figures d'interférences obtenues avec de grosses molécules, des fullerènes C_{60} . C'est à cette époque le plus gros objet exhibant une dualité onde-corpuscule, propriété initialement attribuée aux photons, puis étendue à la matière par Louis de Broglie. Jusqu'aux travaux du groupe autrichien, seuls les électrons, les atomes d'hydrogène et de toutes petites molécules avaient montré ce comportement quantique. Le record est détenu depuis 2012 par la molécule $C_{48}H_{26}F_{24}N_8O_8$, un dérivé de la phtalocyanine (un colorant bleu-vert synthétique).

Julian Voss-Andreae était l'un des auteurs de cette percée. Il a depuis quitté les laboratoires pour se tourner vers la sculpture et s'est installé aux États-Unis. Il est aujourd'hui sollicité par de nombreuses institutions. Par exemple, deux projets sont en cours, l'un pour le nouveau bâtiment de physique et de nanotechnologie de l'Université du Minnesota, à Minneapolis, l'autre à l'Université Rutgers, dans le New Jersey.

En 2009, il a organisé l'exposition *Quantum objects* au Centre américain pour la physique, à College Park, dans le Maryland. L'idée sous-jacente était que « l'art est plus approprié que la science pour donner à voir certaines facettes de la réalité. » On pouvait notamment y voir *Quantum Corral*, une sculpture en bois représentant la densité d'électrons autour d'un anneau d'atomes de fer déposée sur une surface en cuivre.

Attardons-nous sur une œuvre, la série *Spin family* (voir la figure a).

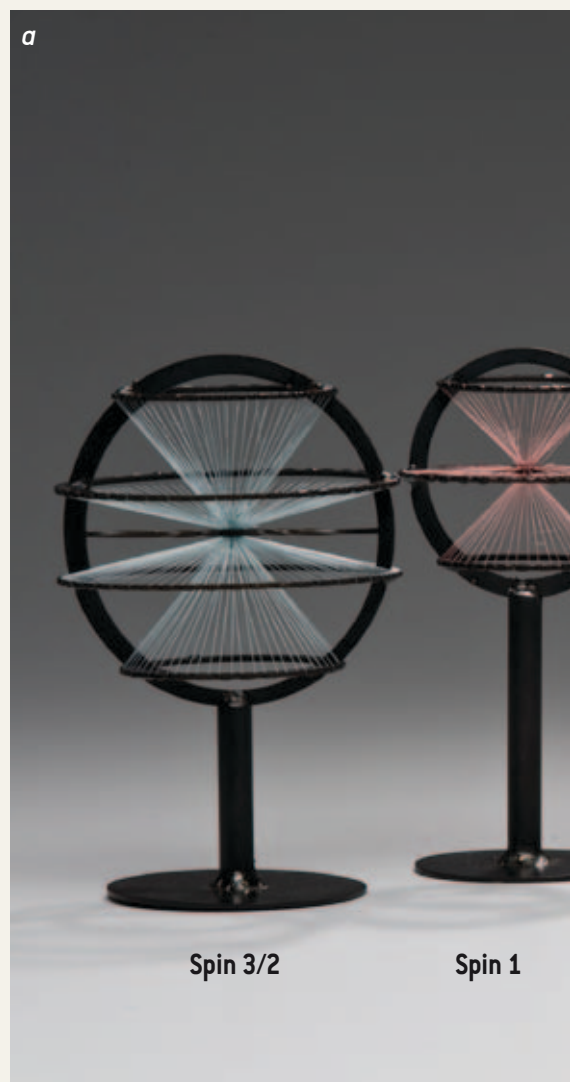
Ces objets ont été conçus pour illustrer la notion de spin, une propriété quantique des particules. Le spin a été proposé en 1924 par Wolfgang Pauli, à propos de l'électron, pour expliquer un résultat expérimental, l'effet Zeeman anormal, qui décrit l'influence des champs magnétiques sur la lumière émise par les atomes.

Le spin correspond au moment cinétique intrinsèque d'une particule. Il ne s'agit pas à proprement parler d'une rotation : le spin est une propriété purement quantique qui n'a pas d'équivalent en physique classique.

Les sculptures de *Spin family* illustrent les deux grandes familles de particules élémentaires, les fermions et les bosons, qui se distinguent par les valeurs du spin. J. Voss-Andreae met en parallèle cette distinction avec celle qui sépare les deux genres (masculin et féminin) en utilisant deux couleurs.

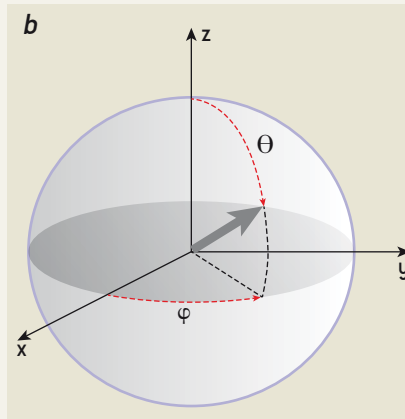
Les fermions, en bleu, sont les constituants de la matière. Ce sont les leptons (l'électron, le muon, le neutrino...), ainsi que les six quarks (u, d, s, c, b et t). Seuls les seconds sont soumis à l'interaction forte, l'une des quatre forces fondamentales de la nature. Les fermions ont un spin demi-entier ($1/2, 3/2, 5/2$), par exemple $1/2$ pour l'électron.

Les bosons, en rose, sont les vecteurs des forces fondamentales. On connaît le photon, les gluons, les bosons Z, W^- et W^+ ainsi que le boson de Higgs, dont l'existence a été confirmée en juillet 2012. Le spin d'un



boson est un entier (0, 1, 2,...). Par exemple, le boson de Higgs a un spin égal à zéro.

Comment représenter un spin ? En projection sur un axe donné, un spin J ne peut prendre que les $2J + 1$ valeurs $-J, -J + 1, \dots, J - 1, J$. Cela correspond à certaines orientations, que l'on peut figurer sur une sphère dite de Bloch [voir la figure b, où les angles θ et ϕ définissent l'orientation]. S'en inspirant, J. Voss-Andreae a tissé un fil de soie bleu ou rose sur une structure à cercles. Les cônes ainsi formés illustrent les états possibles d'un spin donné. Les objets roses (les bosons) ont un disque plan, qui correspond à une projection

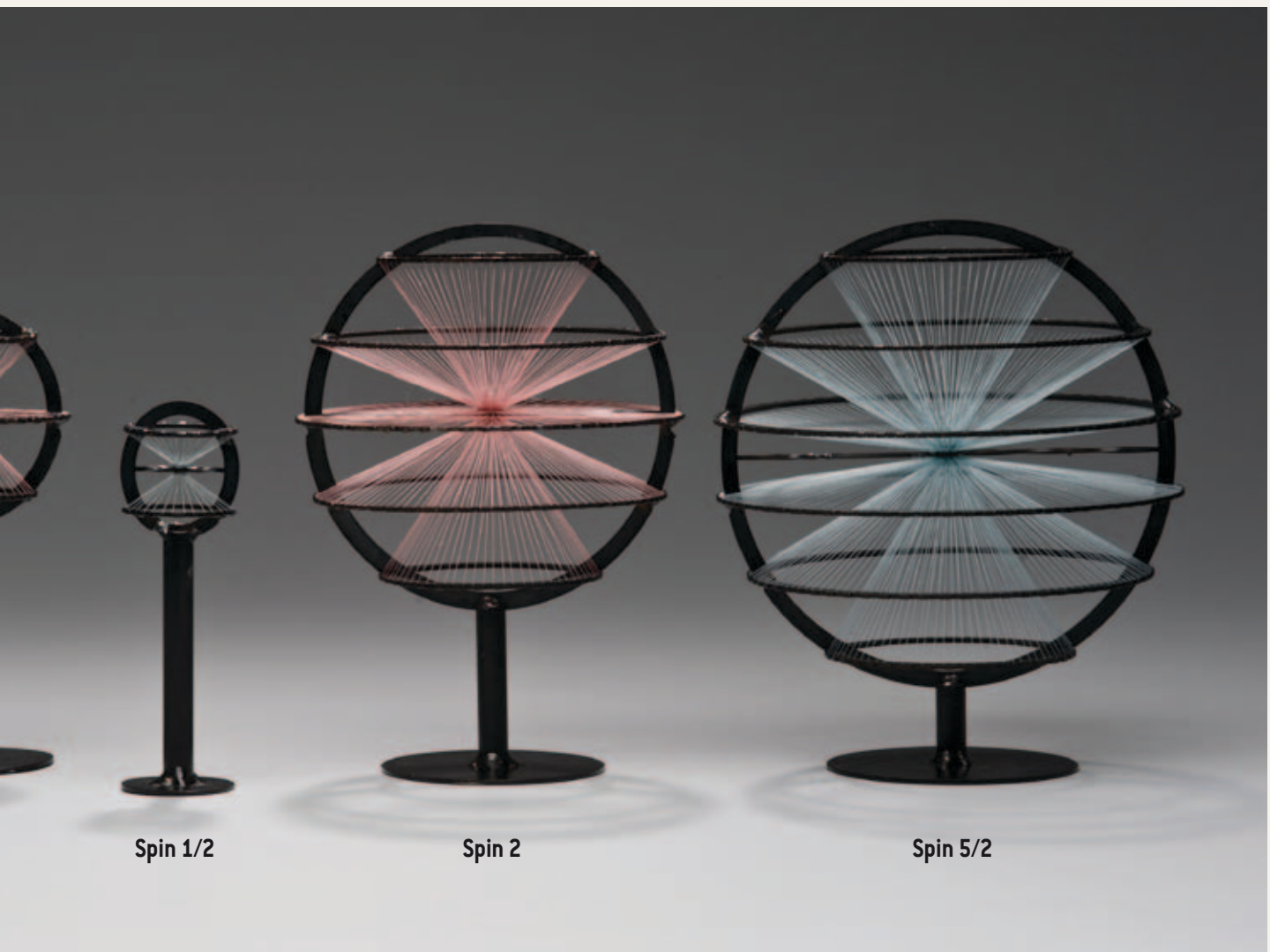


de spin égale à zéro, alors que les objets bleus (les fermions) en sont dépourvus.

Qu'en est-il de l'attribution des sexes ? Deux fermions identiques ne peuvent coexister dans le même état quantique, car ils sont soumis au principe d'exclusion de Pauli. Ces particules, « rivales pour une même place » seraient donc masculines. L'opposition des deux sexes serait-elle d'origine quantique ? ■

Les paradoxes de la matière, Dossier Hors-Série Pour la Science, n° 79, avril-juin 2013.

M. Arndt et al., Wave-particle duality of C_{60} molecules, Nature, vol. 401, pp.680-682, 1999.



© Copyright