

Le skyrmion, mémoire en attente

PHYSIQUE | Cette pseudo-particule pourrait remplacer les électrons pour stocker et traiter l'information dans les puces ou les disques durs des ordinateurs

DAVID LAROUSSERIE

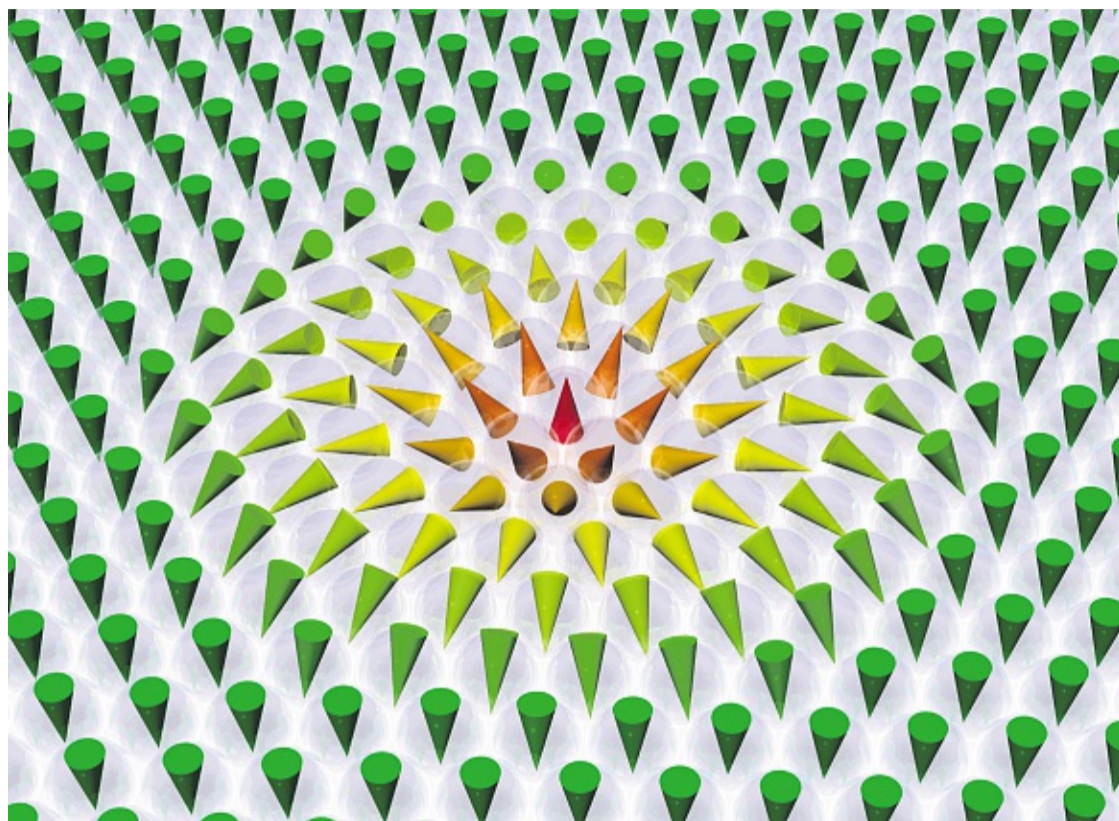
Un nom imprononçable. Une définition impénétrable. Une représentation insaisissable. Mais des promesses palpables. Tels sont les skyrmions, nouveaux venus dans le catalogue des particules et prêts à bousculer bien des technologies.

Observés pour la première fois en 2009 en Allemagne, ils suscitent la passion de plusieurs groupes de recherche dans le monde, car ils pourraient remplacer rien de moins que les vaillants électrons dans tout ce qui sert à stocker et à traiter l'information dans les puces ou les disques durs des ordinateurs. Après l'électronique, la skyrmionique ?

« Au début, nous avons observé quelque chose que nous ne comprenions pas. Les explications proposées avaient l'air tellement compliquées qu'on ne voulait même pas en entendre parler. Nous avions comme un blocage mental. Et puis cette idée inhabituelle s'est imposée », raconte Christian Pfleiderer, de l'université de Munich, auteur dans *Science* du premier article ayant identifié des skyrmions dans un cristal de silicium et de manganèse.

Mais qu'est-ce qu'un skyrmion ? « Pour nous aussi c'est compliqué ! », prévient André Kubetzka, de l'université de Hambourg, qui, dans *Science*, vient d'expliquer comment son groupe a fait pour la première fois apparaître et disparaître à sa guise des skyrmions un à un.

En fait, un skyrmion n'est pas une particule élémentaire comme peut



Représentation schématique des skyrmions, visibles dans la zone où les spins, représentés par des petits cônes, ont l'air de s'enrouler.

IMAGE COURTESY OF THE GROUP OF PROF. R. WIESENDANGER, UNIVERSITY OF HAMBURG

tête en bas, tête inclinée... Souvent les spins ont tendance à s'orienter tous dans la même direction : cela crée des aimants. C'est aussi la clé du stockage de l'information dans les disques durs.

Dans un skyrmion, au contraire, les spins ne sont pas au garde-à-vous. Ils semblent s'enrouler de proche en proche, chaque spin pivotant par rapport à son voisin. La beauté est que cette configuration finale est stable et robuste, comme un simple nœud bien serré. Pas facile à défaire sans ciseaux. Finalement, le skyrmion se comporte comme une particule que les physiciens rêvent d'utiliser pour développer de nouveaux systèmes plus performants.

« Dans un disque dur, une tête de lecture se déplace mécaniquement au-dessus d'une surface pour lire les informations magnétiques. Les skyrmions défileraient, eux, devant une tête fixe. Un stockage d'informations purement électronique, sans dispositif mécanique, aurait beaucoup d'avantages », résume Albert Fert, Prix Nobel de physique 2007 et directeur d'un groupe de recherche commun à Thales et au CNRS.

Sa passion pour ces états bizarres de spin remonte à loin. Il avait en effet prévu les forces au cœur des matériaux qui leur donnent naissance dès 1990. Mais sans les baptiser d'après le nom du physicien anglais Skyrme qui, en 1962, avait

proposé cet objet mathématique pour décrire les particules élémentaires (mais sans succès). « A l'époque j'avais d'autres "soucis" ; ces états de spin pouvaient attendre », ironise le chercheur en évoquant son travail d'alors qui lui vaudra le prix Nobel : la découverte d'un effet magnétique géant qui dopera la quantité d'informations stockables dans les disques durs.

L'autre avantage du skyrmion est qu'il est minuscule, de la taille de quelques atomes, et donc occupe cent fois moins de place que les domaines magnétiques qui servent aujourd'hui à stocker l'information, promettant des densités de stockage encore plus importantes.

Encore faut-il être capable de les créer, de les voir, de les effacer, de les déplacer... Les skyrmions apparaissent en fait « naturellement » dans des cristaux bien choisis ou à l'interface entre une mince couche magnétique et un substrat de métal lourd. Des interactions particulières ont lieu alors entre les spins qui font que ceux-ci préfèrent s'entortiller plutôt que de pointer tous dans la même direction.

C'est ce que l'équipe de M. Pfleiderer a eu du mal à croire pendant presque deux ans entre 2007 et 2009. Puis que les japonais de l'université de Tokyo ont confirmé par une autre méthode. Le 9 août, l'équipe d'André Kubetzka montrait sa

capacité à détruire et à créer des skyrmions. Un effet étonnant puisqu'ils sont réputés stables. Les chercheurs ont en fait « coupé » le nœud magnétique grâce à la fine pointe d'un microscope à effet tunnel et en faisant passer un assez fort courant électrique... « Cependant on ignore ce qui se passe pendant le passage d'un état à l'autre. Les théoriciens ont encore du travail », souligne André Kubetzka.

Les expérimentateurs aussi. Car pour l'instant aucun système n'est exploitable hors du laboratoire. Les champs magnétiques utilisés sont trop forts. Les températures très basses. Et la fabrication n'est pas simple : l'équipe de Kubetzka utilise une couche de fer aussi fine qu'un seul atome !

Albert Fert reste optimiste. « Les simulations effectuées avec Vincent Cros et Joao Sampaio, que nous allons publier, montrent que des couches un peu plus épaisses, plus faciles à fabriquer, peuvent aussi contenir des skyrmions. Et des courants électriques polarisés peu intenses peuvent déplacer aussi ces objets. » Des expériences sont aussi en cours pour confirmer la faisabilité. Pour le Prix Nobel, « les skyrmions peuvent représenter l'entité ultime d'information magnétique manipulable. L'excitation actuelle devrait durer ». A moins de tomber sur un nœud vraiment costaud. ■

« Un stockage magnétique à base de skyrmions aurait beaucoup d'avantages »

ALBERT FERT

Prix Nobel de physique

l'être un électron. C'est plutôt une bille d'électrons dont le caractère surprenant vient d'une propriété subtile de l'électron : le spin. Le spin est une sorte de petite aiguille aimantée portée par les électrons, qui sont généralement utilisés comme porteurs des charges électriques négatives que les différents composants d'un ordinateur comptent, stockent, déplacent...

Le spin, lui, peut bouger, sans que l'électron se déplace. Tête en haut,

TÉLESCOPE

Cartographie
Le plus ancien globe montrant le Nouveau Monde



Un globe gravé constitué de deux bases d'œufs d'autruche accolées pourrait être le plus ancien figurant le Nouveau Monde, selon un collectionneur belge, Stefaan Missinne, qui le présente dans le dernier numéro de *The Portolan*, la revue de la société cartographique de Washington. Le globe daterait, selon M. Missinne, de 1504. Le continent sud-américain y apparaît, avec les dénominations : Mundus Novus, Terra de Brazil et Terra Sanctae Crucis. L'Amérique du Nord n'est représentée qu'à travers des îles éparées. Jusqu'alors, le globe le plus ancien montrant les Amériques était le globe de cuivre Lenox, conservé à la Public Library de New York. M. Missinne estime qu'il pourrait être issu d'un moulage du globe d'autruche, auquel il ressemble fortement. Tous deux seraient issus d'ateliers italiens, estime-t-il, avançant même qu'un dessin de bateau naufragé évoque la « patte » d'un familier de l'atelier de Léonard de Vinci. Le globe aurait été acquis par un collectionneur anonyme lors d'une vente d'objets cartographiques, à Londres, en 2012. Mais des spécialistes s'inquiètent d'un possible conflit d'intérêts en soulignant que M. Missinne pourrait en être le propriétaire, interrogations que l'intéressé refuse de commenter, rapporte le *Washington Post*.

(PHOTO : WASHMAPSOCIETY.ORG)

► Missinne, « *The Portolan* », n° 87, automne 2013.

50

C'est, en pourcentage, la part estimée du nombre d'articles scientifiques publiés en 2011 et accessibles gratuitement (encore appelés *open access*). C'est la première fois qu'un tel niveau était atteint, selon une étude rendue publique le 21 août, financée par l'Union européenne et réalisée par l'entreprise Science-Metrix. L'*open access* s'oppose aux publications à accès payant, qui sont la norme académique. Les auteurs ont agréé différents types de publications ouvertes (accès gratuit/publication payante ; dépôt libre après une certaine période...). La plupart des pays de l'Union européenne flirtent déjà avec ce seuil de 50 %. L'étude souligne aussi l'avantage à publier en *open access* : les articles sont plus cités que ceux en accès payant. Elle note aussi une progression annuelle de l'ordre de 2 %, qui devrait se poursuivre devant les incitations à publier par ce biais, lancées notamment par les Etats-Unis et l'Union européenne.

Médecine

Les vols à haute altitude à risque pour le cerveau

Les pilotes d'avions volant à altitude élevée ont un risque accru de lésions cérébrales, conclut une étude qui a inclus une centaine de pilotes de l'armée américaine volant sur des avions espions U2 (circulant à des altitudes supérieures à 19 000 mètres). Ces professionnels présentent, à l'IRM, trois fois plus de petites lésions cérébrales au niveau de la substance blanche que des témoins non pilotes, et le volume de celles-ci est quatre fois supérieur. En outre, leurs atteintes sont diffuses, alors que celles des témoins se concentrent surtout dans le lobe frontal. Conséquences d'accidents de décompression liés à la très faible pression atmosphérique à haute altitude, ces lésions cérébrales sont en augmentation chez les pilotes de l'US Air Force, du fait de vols à risque plus fréquents et plus longs ces dernières années ; mais les médecins n'ont pas observé de séquelles cliniquement décelables, notamment sur la mémoire.

► McGuire Setal., « *Neurology* », 20 août.

D.L.

Le versant sombre des imprimantes 3D

La taille et le nombre de particules de plastique émises par ces machines sont évalués pour la première fois

C'est connu. Toute technologie a son revers. Et l'une des dernières à la mode n'échappe pas à la règle.

Il s'agit des imprimantes dites « 3D » qui permettent de fabriquer des objets en trois dimensions par addition couche par couche de matière. D'abord réservées à l'industrie, ces machines commencent à être connues du grand public, soit par l'intermédiaire de sites Web qui fabriquent à la demande toutes sortes de produits (figurines, jouets, bijoux, pièces de rechange...), soit par les hackerspaces et « fablabs » (« laboratoires de fabrication »), des lieux de rencontre entre bricoleurs, inventeurs ou simples passionnés.

Rien de bien méchant a priori, sauf qu'une équipe de l'Institut de technologie de l'Illinois à Chicago vient, pour la première fois, de mesurer les microscopiques poussières émises par ces machines dans les pièces où elles sont installées. Les imprimantes 3D utilisent en effet des thermoplastiques qui sont fondus, déposés

couche par couche, puis resolidifiés ; un processus émetteur de minuscules particules dites « ultrafines ».

Plus précisément, les chercheurs, comme ils l'exposent dans la revue *Atmospheric Environment* à paraître en novembre, ont mesuré des émissions de particules entre 11,5 et 115 nanomètres de dimension, à des débits entre 20 et 200 milliards par minute, selon le type de matériau utilisé. Cinq imprimantes, de marque tenue secrète pour ne pas « incriminer un fabricant en particulier », ont servi pendant deux heures et demie. Un détecteur de particules fines de l'entreprise américaine TSI a été utilisé dans le local abritant les imprimantes.

« Particules fines »

« Ces chiffres sont comparables à ceux d'activités banales comme la cuisson, la consommation de bougies, la consommation de cigarettes ou l'impression laser », résume Brent Stephens, le responsable de l'étude. « La taille et le nombre de particu-

les ne font pas tout. La nature chimique est prédominante », ajoute le chercheur, qui cite néanmoins des risques recensés liés aux thermoplastiques, observés sur des rats ou des souris.

« L'expérience est intéressante car, il y a quelques années, mesurer ces émissions dans des environnements professionnels était impossible. Les valeurs obtenues sont relativement élevées. Les particules fines peuvent se déposer dans les voies respiratoires et il convient d'être prudent », note Olivier Witschger, spécialiste de la métrologie des aérosols à l'Institut national de recherche et de sécurité pour la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles (INRS).

C'est aussi la position du groupe américain qui écrit : « Ces résultats suggèrent la prudence lorsque ces technologies sont utilisées dans des environnements non ventilés ou non filtrés. » A l'appui de cette conclusion, Brent Stephens rappelle que, récemment, des études ont fait état de

crainces sur les imprimantes à laser. Une équipe américaine de l'université de Massachusetts-Lowell a ainsi montré que certaines nanoparticules utilisées dans ces copieurs causent des inflammations (M. Khatri et al., *Nanotoxicology*, août).

Les travaux à suivre ne manquent pas. « Au départ, c'est un de nos étudiants qui travaillait dans un magasin utilisant ces machines qui nous avait alertés à cause des odeurs qu'il sentait. Nous n'avons finalement pas étudié les gaz émis mais les particules », se souvient Brent Stephens. « On voudrait étudier maintenant les gaz émis. Et comparer nos résultats avec d'autres imprimantes 3D et d'autres matériaux. Nous cherchons aussi des partenaires en toxicologie pour tester les effets de ces particules. Et nous travaillons aussi à développer des systèmes de filtration à installer sur les machines », poursuit le chercheur. Le versant sombre des imprimantes 3D est donc aussi dans l'air du temps. ■