

L'homme qui a dopé les disques durs

Albert Fert, professeur à l'Université Paris-Sud 11, a reçu le Prix Nobel de physique 2007 pour avoir découvert la magnétorésistance géante. Il était de passage à Genève cet automne

Campus: Vous êtes présenté comme l'un des pionniers de ce qu'on appelle la «spintronique», ou l'électronique du spin. Qu'est-ce que le spin?

Albert Fert: Le spin de l'électron peut être vu comme la rotation de la particule sur elle-même. Il s'agit d'une grandeur propre à la physique quantique, qui ne peut prendre que deux valeurs: soit la particule tourne dans un sens, soit dans l'autre. Plus précisément, le spin est un vecteur (ou flèche), porté par l'axe de rotation, dirigé vers le haut ou vers le bas. Les physiciens parlent de spin *up* ou de spin *down*. On peut donc diviser les électrons en deux catégories, selon qu'ils appartiennent au premier groupe ou au second. C'est, entre autres, sur cette particularité que se base la spintronique.

Et qu'est-ce donc que la spintronique?

Le public connaît mieux l'électronique, une technique qui exploite la charge électrique des électrons et qui est aujourd'hui présente dans de très nombreux objets d'usage quotidien. La spintronique, elle, contrôle le mouvement des particules en agissant sur leur spin. On peut le faire, par exemple, en plaçant sur le trajet des électrons de très fines couches d'un métal ferromagnétique, c'est-à-dire dans lequel il existe un champ magnétique constant. Ce métal va filtrer les particules en ne laissant passer que celles dont le spin est parallèle à son aimantation. Les premiers travaux dans ce domaine ont été purement théoriques. Le sujet de ma thèse, que j'ai menée à la fin des années 1960, était justement d'étudier l'influence du spin sur la mobilité des électrons dans les métaux ferromagnétiques. J'ai pu confirmer et quantifier cette influence, mais, à l'époque, il n'était pas possible d'aller plus loin.

Pourquoi cela?

Les effets de la spintronique ne se manifestent qu'à une toute petite échelle. Pour les mettre en évidence, il faut pouvoir fabriquer des couches de métal très fines, pas plus épaisses que quelques rangées d'atomes. La technologie d'alors ne le permettait pas. Durant plus d'une décennie, j'ai mis plusieurs idées de côté, en attendant que les progrès technologiques me permettent de réaliser des expériences capables de les tester.

Quand cela devient-il possible?

Dès la seconde moitié des années 1980. En 1985, j'ai commencé une collaboration avec un groupe de recherche appartenant à Thomson-CSF. Cette firme avait développé une technique dite d'épitaxie par jets moléculaires afin de

publier des résultats du même type, obtenus de manière indépendante. C'est ce qui nous a valu le Prix Nobel à tous les deux.

Magnétorésistance géante?

Comme je l'ai expliqué précédemment, une couche fine d'un métal ferromagnétique comme le fer ou le nickel arrête les électrons dont le spin est antiparallèle à l'aimantation. En empilant plusieurs de ces couches, aimantées dans des directions différentes, et en les séparant par des couches de métaux comme le chrome, on parvient à créer une très grande résistance au passage des électrons, quel que soit leur spin. La variation de la résistance électrique est plusieurs dizaines, voire centaines de fois plus importante que dans une couche de métal seule. D'où le nom du phénomène. Maintenant, si l'on

«Les prochains ordinateurs seront, lorsqu'on les allume, immédiatement prêts à l'emploi»

fabriquer les éléments semi-conducteurs toujours plus petits utilisés en microélectronique. Ce fut le pas décisif. En adaptant cette technique aux métaux, nous avons réussi à fabriquer des couches minces de fer alternées avec du chrome dont l'épaisseur était inférieure au nanomètre, c'est-à-dire la place pour trois atomes. C'est sur ces multicouches de fer et de chrome que nous avons découvert la magnétorésistance géante. Nous avons publié nos résultats en 1988. Peu après, Peter Grünberg en Allema-

applique un tout petit champ magnétique à ce dispositif, toutes les aimantations des couches ultrafines s'alignent, ce qui ouvre grande la porte au courant. Nous avons donc là un système de vannes à électrons actionné par un petit champ magnétique.

Quel est l'avantage de cette caractéristique?

Un tel dispositif est très sensible au champ magnétique. Une des premières applications a



consisté à améliorer les performances des têtes de lecture des disques durs d'ordinateur. La magnétorésistance géante rend en effet possible la détection d'inscriptions magnétiques beaucoup plus petites qu'auparavant. La densité d'information que l'on peut inscrire – et lire – sur un disque dur a ainsi été multipliée par cent. C'est grâce à cette

Peut-on déjà entrevoir d'autres applications à la spintronique?

Certainement. Il en existe beaucoup. Pour rester dans le domaine de l'informatique, la prochaine révolution concernera probablement la mémoire vive des ordinateurs. Actuellement, lorsqu'on allume son appareil, quelques minutes sont nécessaires pour charger le système d'exploitation puis les applications que l'on veut utiliser. Cela vient du fait que l'accès à l'information inscrite sur le disque dur est trop lent pour le fonctionnement de l'ordinateur et qu'il faut commencer par copier ce dont on a besoin dans la mémoire vive. Le problème, c'est que cette dernière, même si son accès est beaucoup plus rapide, s'efface lorsqu'on éteint l'appareil. Il faut donc recharger le tout à chaque utilisation. Grâce à la spintronique et à un phénomène que l'on appelle la «magnétorésis-

tance tunnel», une variante de la magnétorésistance géante, on peut d'ores et déjà concevoir des mémoires vives non volatiles. Autrement dit, on peut s'attendre à l'apparition prochaine d'ordinateurs qui, lorsqu'on les allume, seront immédiatement prêts à l'emploi. Les premiers dispositifs fonctionnels existent déjà. La diminution du temps de démarrage n'est d'ailleurs pas le seul atout de la «magnétorésistance tunnel». La perte accidentelle de données en raison d'une coupure de courant fera elle aussi bientôt partie du passé.

Vous travaillez aujourd'hui dans une unité mixte de physique, commune au CNRS et à THALES (ex-Thomson-CSF). Le fait de travailler pour l'industrie privée a-t-il changé votre manière de pratiquer la recherche scientifique?

THALES est un cas particulier dans le paysage scientifique français. En effet, cette entreprise a une longue tradition de recherche fondamentale et nous avons (mon équipe et moi-même) trouvé assez naturellement notre place dans sa structure de recherche tout en ayant une grande liberté dans le choix de nos sujets d'intérêt. Un avantage notable à travailler en contact

avec le milieu industriel est d'être immédiatement sensibilisé au potentiel applicatif d'une nouvelle découverte. Cela peut aussi nous inciter à explorer des directions qui se sont révélées très intéressantes aussi bien d'un point de vue fondamental que pratique.

Vous n'avez pas déposé de brevet sur le dispositif qui a permis le développement des têtes de lecture basées sur la magnétorésistance géante. Pourquoi?

Il est faux de dire que nous n'avons pas déposé de brevet. Peter Grünberg et moi-même avons découvert l'effet de magnétorésistance géante quasi simultanément. Pour ma part, j'ai assez vite rédigé un premier brouillon de brevet et je l'ai transmis au service juridique de Thomson-CSF. A l'époque, je dois dire que j'ai été étonné par le manque d'enthousiasme du service juridique à engager la procédure. L'accumulation de retards qui en a découlé a fait que le brevet de Peter Grünberg a été enregistré en premier. C'est la règle du jeu. Depuis, je vous rassure, les procédures de dépôt de brevet ont été nettement accélérées! ■

Propos recueillis par Anton Vos