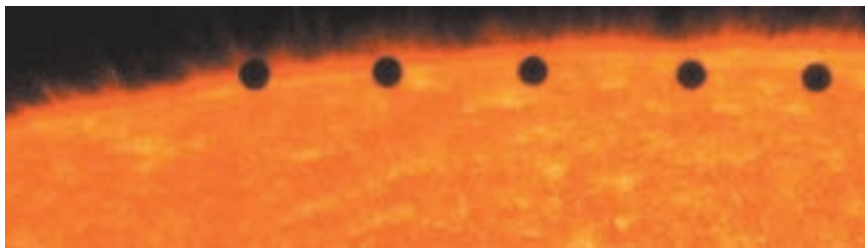
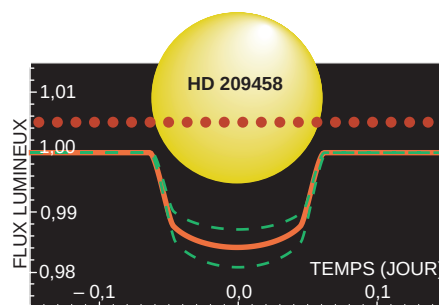


TRACE



À gauche, on observe le transit de Mercure qui est passé devant le Soleil en novembre 1999. À droite, la variation de la luminosité en fonction du temps, indique que, de la même façon, une planète (les ronds rouges) est passée devant l'étoile HD 209458 (en jaune). La courbe qui s'ajuste le mieux aux données (en rouge) indique le rapport entre la



surface du disque de la planète et celle de l'étoile. Connaissant la taille de l'étoile, les astronomes en déduisent la taille de la planète. Les courbes en pointillés verts indiquent la luminosité que l'on aurait mesurée si le diamètre de la planète avait été supérieur (courbe du haut) ou inférieur (courbe du bas) de dix pour cent à la taille calculée.

simplement le rapport entre la surface du disque de la planète et celle de l'étoile.

Pour connaître, la surface du disque de la planète, il faut donc connaître la surface du disque stellaire. À l'aide d'observations spectroscopiques et de différents modèles, les astronomes calculèrent que HD 209458 a une masse égale à 1,1 masse solaire et un rayon de 1,3 rayon solaire. Munis de ces éléments et de l'observation du transit, les astronomes estiment que la planète décelée a un rayon de 1,5 fois le rayon de Jupiter et une masse de 0,7 fois la masse de Jupiter. C'est la première planète extrasolaire dont on connaît la masse et le rayon, de sorte que de nombreuses informations nouvelles

peuvent être déduites. Sa densité moyenne est de 0,23 gramme par centimètre cube, sensiblement inférieure à la densité moyenne de Saturne, la moins dense des planètes du Système solaire. Les astronomes ont aussi estimé le flux d'énergie reçu par cette planète de la part de son étoile : la planète devrait encore avoir la plus grande partie de son atmosphère.

Cette découverte est une étape majeure dans l'étude des planètes extrasolaires : elle confirme que les variations de vitesses radiales d'étoiles résultent de la présence d'une planète en orbite, notamment pour les orbites de courte période où un doute subsistait. De surcroît, grâce à une bonne estimation du rayon de la pla-

nète et de sa masse, on peut affirmer qu'il s'agit d'une planète analogue aux planètes gazeuses du Système solaire.

La combinaison de la spectrométrie, des mesures de vitesses radiales et des mesures de transit, est un outil particulièrement puissant pour calculer les paramètres orbitaux des planètes extrasolaires et certains paramètres, tel le rayon, lequel est déterminé par la masse de la planète, son âge, son insolation et sa composition. Les données de cette planète sont conformes aux modèles de planète mis au point par Tristan Guillot, de l'Observatoire de Nice. De l'ère de la détection des planètes extrasolaires, nous entrons de plein pied dans l'ère de leur physique.

L'électricité de la peau de chat

L'électricité statique explorée à l'échelle atomique.

« **Q**uand un morceau de verre et un morceau de résine sont frottés l'un contre l'autre, tant que leurs surfaces frottées sont laissées en contact, aucune propriété électrique ne se manifeste ; mais dès qu'on les sépare, ils s'attirent. » Par ces lignes, James Clerk Maxwell commence en 1891 son *Traité de l'électricité et du magnétisme* ; il y décrit les phénomènes triboélectriques, c'est-à-dire d'électrisation par frottements, que nous avons réexplorés à l'échelle submicroscopique, à l'aide des techniques de microscopie à force atomique.

Les Grecs, déjà, avaient constaté que les corps légers sont attirés par des bâtons d'ambre préalablement frottés avec des tissus, mais c'est seulement à partir du XVIII^e siècle que les « philosophes naturels » étudièrent systématiquement ces phénomènes et fondèrent alors une nouvelle discipline : l'électricité (en grec, « ambre » se dit « électron »).

La triboélectricité est alors au cœur de toutes les expériences d'électricité, mais au XIX^e siècle, l'invention de la pile par le chimiste italien Alessandro Volta bouleverse la discipline. Le phénomène triboélectrique devient alors une curiosité, et il faut attendre la mise au point des fibres textiles synthétiques, dans les années 1950, pour qu'il renaisse, les industriels souhaitant éviter les ruptures de chaînes dues aux étincelles électriques, lors du tirage des fils.

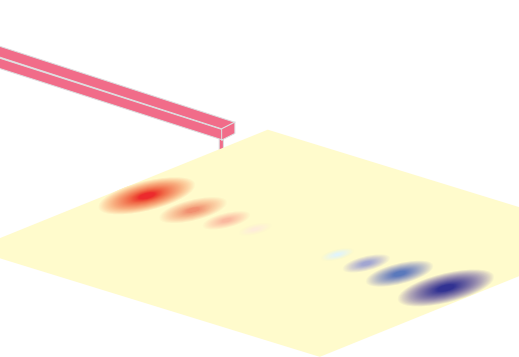
La physique moderne décrit alors la triboélectricité par un transfert d'électrons entre des surfaces en contact. Ce transfert est caractérisé par trois paramètres : la charge échangée, l'aire de la surface d'échange, et la différence d'énergie « naturelle » des électrons dans les deux matériaux avant leur mise en contact. Lorsque le contact est établi, les électrons « coulent », comme un « fluide électrique », d'un milieu à un autre, de sorte que tous les électrons aient finalement la même énergie.

En revanche, l'interprétation détaillée du phénomène reste controversée. Plusieurs descriptions théoriques concurrentes proposent des relations différentes entre la densité de charges transférées et la différence d'énergie électronique des deux surfaces. Malheureusement aucune

des expériences ne permettait de tester correctement ces descriptions. Plusieurs questions demeuraient ainsi ouvertes : les électrons transférés proviennent-ils de la surface ou du volume des matériaux ? Les charges transférées sont-elles stables ? Comment évoluent-elles dans le temps ? Comment le frottement détermine-t-il l'échange d'électrons ?

Nous avons analysé la triboélectricité à l'aide d'un microscope à force atomique. Cet instrument, que nous avons adapté au dépôt de charges électriques, permet des échanges sur des surfaces d'aire bien définie, et il mesure également la quantité de charges déposées et la différence d'énergie électronique entre les matériaux qui participent aux échanges d'électrons.

Le cœur de l'appareil est une pointe fine, métallisée (le sommet s'apparente à une demi-sphère de quelques millièmes de micromètre de diamètre), fixée à l'extrémité d'un levier. Le dépôt de charges s'effectue en deux temps : on pose préalablement la pointe sur la surface d'un isolant, puis on transfère des électrons de la pointe à la surface, soit en frottant la pointe sur la surface, comme on le faisait avec une peau de chat, soit en appliquant une tension électrique entre la surface (une couche d'oxyde isolant que l'on a fait croître sur une feuille métallique) et la pointe. Ce



Une pointe de microscope à force atomique a été utilisée pour le dépôt de charges positives ou négatives sur des points voisins d'une surface d'alumine (en rouge, des charges positives et en bleu, des charges négatives).

dépôt effectué, on relève la pointe et on lui fait balayer la surface isolante, à environ 0,1 micromètre au-dessus d'elle, afin d'analyser la répartition des charges électriques.

Pour effectuer cette analyse, on applique une différence de potentiel alternative entre la pointe et la surface, afin de créer une force électrostatique périodique, qui induit des oscillations de la pointe. Mesurées par un système optique, ces oscillations dépendent de la différence d'énergie électronique entre la pointe et la surface. En enregistrant alors, point par point, l'amplitude de ces oscillations, on obtient une carte de la différence d'énergie entre la pointe et la surface. Cette différence d'énergie, qui dépend des charges électriques présentes à la surface de la couche isolante, révèle la charge locale.

Nous avons ainsi constaté, par exemple, que lorsqu'une pointe de platine frotte une surface d'alumine, un électron est déposé pour 10 000 atomes environ. En outre, la quantité de charges par unité de surface est proportionnelle à la différence d'énergie naturelle, quel que soit le mode de dépôt employé : frottement ou simple contact de la pointe sur la surface. Troisièmement, dès que la durée du contact est supérieure à quelques millisecondes, la quantité de charges transférées n'augmente plus. Enfin, pour des isolants épais, les charges déposées sont stables : une fois déposées, elles restent à la surface de l'isolant pendant plusieurs heures.

Ces études permettent principalement de conclure que la triboélectricité correspond à un échange rapide de type «vases communicants» entre le métal et la surface de l'isolant (et pas son volume). De surcroît, on obtient un second résultat important : bien que la pression exercée par la pointe sur la surface soit considérable (plusieurs milliers d'atmosphères), le frottement n'engendre aucun mécanisme spécifique de transfert de charges (tels des défauts mécaniques), contrairement à une hypothèse couramment formulée.

Michel SAINT-JEAN - Université Paris VII
Groupe de Physique des Solides

Transport de cholestérol

On a découvert une molécule indispensable à l'excrétion du cholestérol hors des cellules.

Il y a une quarantaine d'années, on décrivait la maladie de Tangier chez deux jeunes enfants, un garçon de cinq ans et sa sœur vivant sur une île située au large de Washington et qui a donné son nom à cette pathologie. Colonisée par quelques Anglais dans les années 1680, l'île fut longtemps un repère de pirates, et la peste y faisait régulièrement des ravages. Les quelque 200 habitants actuels de l'île sont issus des mêmes ancêtres, et la consanguinité y est élevée. Il n'est pas surprenant qu'une maladie génétique, telle la maladie de Tangier y soit fréquente, tandis qu'ailleurs dans le monde, les cas sont rarissimes.

Les enfants atteints avaient des amygdales anormalement grosses et orange. L'analyse de ces amygdales révéla une accumulation anormale de cholestérol dans ce tissu. On pensa alors trouver une concentration sanguine en cholestérol supérieure à la normale. Or, au contraire, elle était très faible. Par ailleurs, ces malades présentaient des accumulations de cholestérol dans les artères, qui déclenchaient une athérosclérose précoce : généralement, seul un excès de cholestérol dans le sang entraîne la formation de plaques d'athérome dans les parois des vaisseaux qui, lorsqu'elles sont trop volumineuses, peuvent obstruer les artères et être responsables d'un infarctus du myocarde ou d'accidents vasculaires cérébraux.

Le cholestérol, absorbé avec les aliments et synthétisé par l'organisme, est un constituant normal des membranes cellulaires et intervient notamment dans la synthèse de certaines hormones. Quand il est en excès dans l'organisme, il est éliminé par les macrophages, les «éboueurs» de l'organisme qui se gorgent d'esters de cholestérol et des caroténoïdes associés (lesquels sont orange). Devant la couleur et la taille des amygdales, on émit l'hypothèse que le cholestérol s'accumule dans les macrophages, qui finissent par éclater ; l'accumulation des débris expliquerait la taille anormale des amygdales.

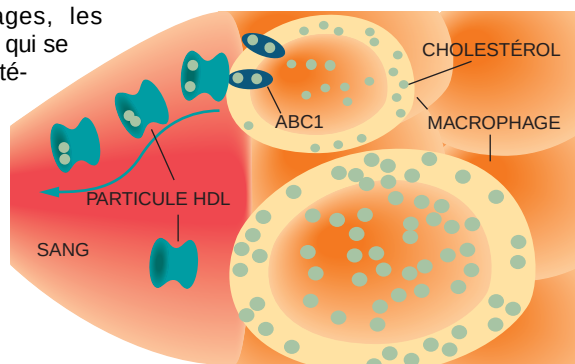
Ainsi chez ces personnes, la concentration sanguine globale en cholestérol est très faible, mais la substance s'accumule locale-

ment. Nicolas Duverger et ses collègues des laboratoires Rhône-Poulenc Rorer, de l'Université de Munster et de l'Institut américain de la santé ont montré que, chez les personnes atteintes de la maladie de Tangier, le cholestérol s'accumule dans la paroi de certaines cellules, car son transporteur intracellulaire, nommé ABC₁, est absent. Normalement, ABC₁ transporte le cholestérol vers la surface des cellules, où il est pris en charge par des particules présentes dans le sang (nommées HDL).

En effet, le cholestérol est transporté par deux types de particules lipidiques, les lipoprotéines de basse densité (LDL) et celles de haute densité (HDL). Le cholestérol circulant, essentiellement produit par le foie, est véhiculé par les LDL pour alimenter les cellules. Le cholestérol cellulaire en excès est pris en charge par les HDL qui le transportent vers le foie, où il est éliminé. Chez les personnes ayant la maladie de Tangier, le transporteur ABC₁ n'est pas synthétisé, le cholestérol cellulaire reste piégé, et les particules HDL, qui ne peuvent prendre en charge le cholestérol cellulaire indispensable à leur maturation, sont rapidement dégradées.

Quelles sont les applications potentielles de la découverte du gène ABC₁ ? On devra chercher si le gène est polymorphe, ce qui expliquerait les faibles concentrations en cholestérol HDL observées chez les personnes ayant des plaques d'athérome dans les coronaires. De surcroît, on pourra étudier, sur des animaux transgéniques, si la surexpression du gène ABC₁ augmente les concentrations sanguines en HDL et diminue l'accumulation de macrophages riches en esters de cholestérol dans les plaques d'athérome. Si tel est le cas, la surexpression du gène ABC₁ pourrait améliorer la régulation de la concentration sanguine en cholestérol.

Les maladies cardio-vasculaires étant la cause de 32 pour cent des décès dans les pays industrialisés, toute nouvelle voie thérapeutique mérite d'être explorée.



LE CHOLESTÉROL contenu dans les macrophages est normalement véhiculé par le transporteur ABC₁, puis éliminé par les particules HDL présentes dans le sang (en haut). Chez les personnes atteintes de la maladie de Tangier, ABC₁ manque (en bas) : le cholestérol reste piégé et les macrophages finissent par éclater.