

Coup de foudre chez soi

Mis en contact, des matériaux différents se chargent d'électricité statique. Ce phénomène amène des décharges électriques intempestives et désagréables, mais il a aussi son utilité.

Votre ami(e) vient d'arriver et, au moment de l'embrasser, vous subissez une petite décharge électrique avant même que vos lèvres ne touchent sa peau. Ne vous embalez pas, ce petit coup de foudre n'est pas le grand amour ! Il est la conséquence de l'électricité statique produite par contact ou frottement. Le phénomène est connu depuis le VI^e siècle avant notre ère : les Grecs avaient remarqué que l'ambre frotté avec de la soie attire de petits morceaux de paille.

L'électrisation par contact ne se réduit pas à des sensations désagréables ; elle a d'importantes applications, tel le procédé de photocopie. De ce petit effet grec est né le monde moderne régi par la fée électricité !

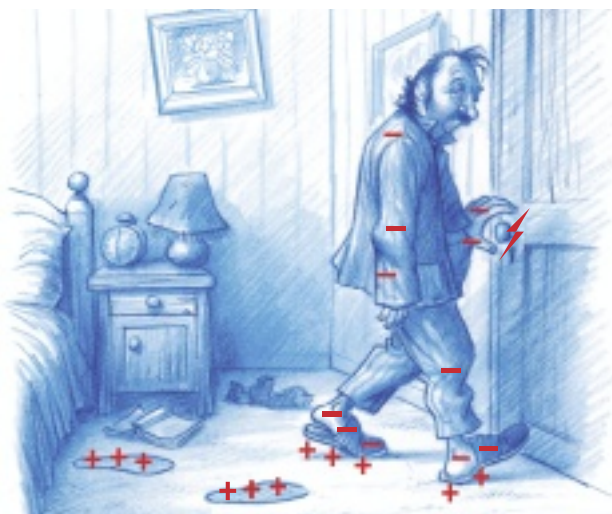
En quoi consiste le phénomène ? En marchant sur une moquette avec des chaussures de crêpe, nous récupérons à chaque pas des charges électriques, laissant derrière nous un sillage d'empreintes chargées (voir la figure 1). La charge totale accumulée sur notre corps est en général assez faible, de l'ordre de 10^{-7} coulomb, soit 1 000 milliards de charges élémentaires. Néanmoins, cela suffit pour porter notre corps

à un potentiel électrique allant de 1 500 volts par temps humide à 35 000 volts par temps sec.

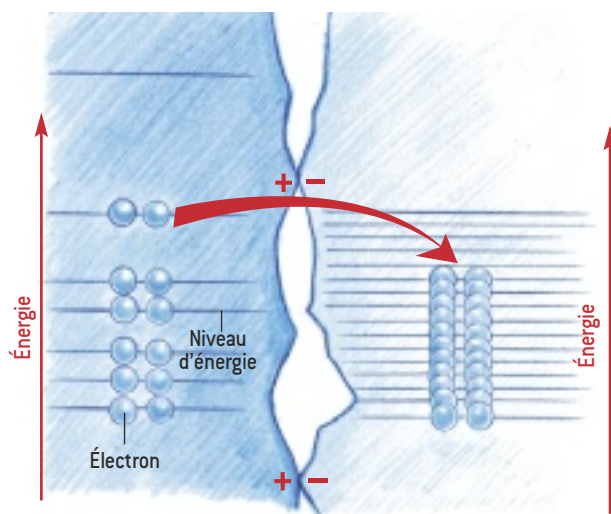
Aussi, lorsqu'une partie de notre corps – une main par exemple – s'approche d'un objet conducteur de l'électricité, une étincelle jaillit. Dans le mince espace entre le conducteur et la main, le champ électrique a dépassé la tension de claquage de l'air, 3 000 volts par millimètre. Les molécules de l'air se sont ionisées et les ions se sont déplacés sous l'effet du champ, créant un courant électrique. Ce dernier peut atteindre quelques ampères pendant quelques milliardièmes de seconde. Si l'énergie libérée est faible et sans danger pour nous (l'effet est toutefois désagréable), elle peut être fatale à des composants électroniques.

Une question d'affinité...

Le phénomène responsable de cette accumulation de charges se nomme triboélectricité, du grec *tribein*, « frotter ». Quelle est sa cause ? Les atomes sont neutres, la charge positive du noyau étant compensée par la charge négative du cortège d'électrons ; ils ont toutefois, selon leur



1. En marchant, le simple contact avec le sol entraîne un transfert de charges électriques entre le sol et le corps. La charge totale accumulée suffit parfois à déclencher une petite étincelle entre le corps et un objet conducteur, si leur écartement est assez faible.



2. Dans deux matériaux distincts, les niveaux d'énergie des électrons sont différents. Or les systèmes physiques tendent à minimiser leur énergie : le contact des deux matériaux induit donc un transfert d'électrons d'un matériau à l'autre, où l'énergie électronique est inférieure.

nature, une plus ou moins grande affinité avec les électrons. L'oxygène, par exemple, capte facilement des électrons, tandis que le calcium tend à les céder. À l'échelle macroscopique, les défauts, les impuretés et les particularités de la structure des matériaux compliquent la situation. Cependant, les différences d'affinité pour les électrons persistent et le transfert de charges entre deux matériaux mis en contact est un phénomène universel.

En frottant des substances différentes les unes sur les autres, on peut classer les matériaux par ordre d'affinité croissante pour les électrons, ce qui donne : fourrure, verre, mica, laine, quartz, ambre, caoutchouc, celluloïd, etc. Ces tables ne sont pas à prendre au pied de la lettre, car elles dépendent beaucoup de l'état des surfaces, de l'humidité ou du frottement.

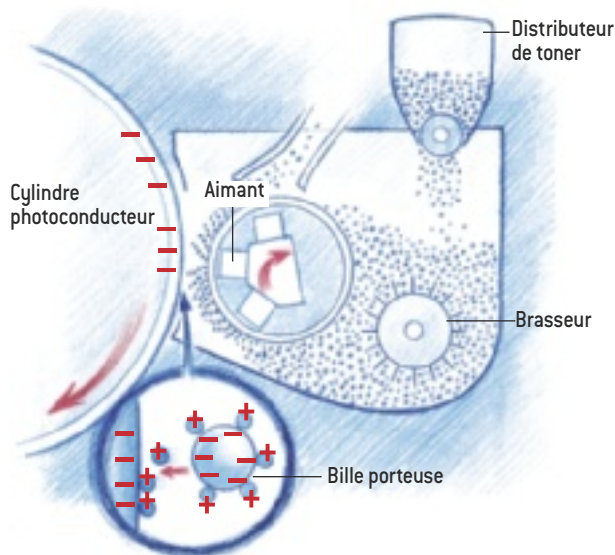
Le frottement n'est pas nécessaire pour qu'il y ait transfert de charge, le seul contact suffit. Par exemple, lorsque nous ôtons le film protecteur d'un livre ou d'une boîte, nous constatons que le film est fortement attiré par la matière environnante : il s'est chargé spontanément alors qu'il était en contact étroit avec une autre surface, sans qu'il y ait eu friction, et le champ électrique qui en résulte explique l'adhérence.

La charge ainsi acquise reste, en général, très petite : en raison des micro-aspérités, l'aire réelle de contact de deux matériaux est très faible par rapport à la superficie apparente. On l'augmente en appuyant fortement les deux corps l'un contre l'autre, mais aussi en les frottant ; cela modifie et renouvelle sans cesse les points de contact, où les charges sont transférées. La superficie réelle de contact augmente alors considérablement, ce qui accroît d'autant la charge accumulée.

Lors du contact, ce sont souvent les électrons, plus mobiles que les ions, qui se déplacent. Ils quittent un corps pour un autre afin d'abaisser leur énergie (voir la figure 2). Cependant, au cours du transfert, la différence de charges entre les deux surfaces crée une différence de potentiel croissante, qui s'oppose au mouvement des charges et finit par compenser la différence d'énergie initiale : le transfert s'arrête alors de lui-même.

Pendant l'électrisation, les charges sont localisées près des points de contact. Une fois les matériaux écartés, elles peuvent se répartir sur tout l'objet lorsque celui-ci ou sa surface conduisent l'électricité. Pour un matériau isolant, en revanche, les charges restent là où elles sont apparues. La charge totale déposée est alors comprise entre 10^{-11} et 10^{-9} coulomb par millimètre carré, soit de l'ordre de 100 millions à 10 milliards de charges élémentaires par millimètre carré. Le nombre d'atomes sur un millimètre carré valant quelque 10 000 milliards, cela fait, au plus, une charge élémentaire pour 1 000 atomes.

À quoi sert l'électrisation par contact ? À charger des particules trop petites pour être contrôlées par des méthodes mécaniques. La photocopie en est une première illustration. L'encre ou « toner » des photocopieurs est une poudre de minuscules particules de polymère (dix micromètres de diamètre) pig-



3. Dans un photocopieur, de petites billes sont brassées avec les microparticules du toner. Le brassage électrise, par contact, les particules qui se collent ensuite les unes aux autres. Les assemblages bille-microparticules sont entraînés par des aimants pour venir au contact de la surface photoconductrice d'un cylindre (à gauche), où l'image du document à reproduire a imprimé sa marque sous la forme de charges électriques de signe opposé à celui des microparticules de toner. Celles-ci se fixent alors et noircissent la surface du cylindre aux endroits préalablement chargés.

mentées. Celles-ci se chargent électriquement par brassage mécanique avec des microbilles. Les forces électrostatiques maintiennent les particules du toner sur ces billes porteuses, puis les fixent sur la surface chargée du matériau photoconducteur qui porte, sous forme électrostatique, l'empreinte du document à reproduire (voir la figure 3).

Photocopies ou sondes spatiales

Autre application : le filtrage des fumées industrielles, dont la fine suie encrasse les microfiltres. En faisant passer les produits de la combustion entre des plaques faiblement espacées, les particules de suie heurtent les plaques. Ces particules se chargent, ce qui permet de les capturer grâce à un simple champ électrique, et même de les trier (la suie de carbone se charge du signe opposé à celui des poussières minérales).

Enfin, la triboélectricité est une préoccupation pour les futures missions spatiales vers Mars : les poussières planétaires se chargent au contact des sondes et y adhèrent. Comment éviter que leur accumulation n'opacifie les panneaux solaires ? Un nettoyage mécanique étant délicat, une des solutions proposées est de choisir le matériau de surface de façon que toutes les poussières acquièrent une charge de même signe. En électrisant ensuite le panneau avec la même polarité, ces poussières seront repoussées.

C. GUERRET-PIECOURT et al., *Electrical charges and tribology of insulating materials*, in *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, Série IV, vol. 2[5], pp. 761-774, 2001.

D. M. PAI et B. E. SPRINGETT, *Physics of electrophotography*, in *Reviews of Modern Physics*, vol. 65 [1], pp. 163-211, 1993.

W. R. HARPER, *Contact and frictional electrification*, Clarendon Press, 1967.