

Perle d'eau

David Quéré

Laboratoire de physique et mécanique des milieux hétérogènes (LPMMH)
UMR 7636 CNRS-ESPCI-Universités Paris 6 et Paris 7

La forme parfaite, quasi sphérique, de cette goutte d'eau de quelques millimètres, est très proche de celle qu'elle aurait en flottant dans l'air. Pourtant, elle repose sur un support solide. Si elle se refuse ainsi à le mouiller, c'est que le matériau qui constitue ce support est, au sens du langage courant, extrêmement *imperméable* ou, pour être plus précis, très *hydrophobe* (littéralement « qui déteste l'eau »). Les irisations du solide révèlent l'origine de cette propriété. Elles ne sont pas dues à une coloration propre du matériau, mais au fait qu'il a une surface *microstructurée* de façon très régulière, faite d'une forêt de plots microscopiques. En se reflétant sur ces motifs, la lumière est décomposée, comme elle l'est sur le plumage de certains oiseaux ou les ailes de certains papillons, provoquant là aussi des irisations. Cette texture, parfaitement indiscernable à l'œil nu, modifie la qualité du mouillage et rend le matériau « super-hydrophobe ».

L'hydrophobie chimique, celle des cires ou des revêtements en téflon que l'on utilise habituellement, est loin d'être aussi parfaite. Au lieu d'une sphère, l'eau forme alors des dômes plus ou moins bombés : elle mouille donc partiellement ces surfaces et y adhère de façon non négligeable. On a donc imaginé de coupler la chimie hydrophobe avec des microstructures de surface, en s'inspirant des plumes de canard ou des feuilles de lotus qui ont la propriété de littéralement repousser l'eau grâce aux motifs microscopiques qui les décorent. Dans la nature, ces motifs sont très complexes, et l'on a cherché à les simplifier. Grâce aux techniques modernes de microfabrication, on a planté à la surface du solide plusieurs millions de petits piliers de 10 μm de haut, de 2 μm de diamètre et séparés les uns des autres de 10 μm . On les a ensuite couverts d'une couche de téflon de quelques molécules d'épaisseur. Les piliers étant ainsi rendus

hydrophobes, l'eau choisit de se placer à leur sommet plutôt que de se conformer à leur surface, pour laquelle elle n'a pas d'affinité. Ainsi, sous cette goutte, il y a principalement de l'air : l'eau est posée sur son support comme le fakir sur son tapis de clous ! Le contact avec le solide est alors réduit au minimum, si bien qu'une telle perle liquide rebondira sur la surface, ou y roulera pour peu qu'il y ait la moindre pente, sans y adhérer. L'eau, qui est tellement collante quand elle forme des gouttelettes, retrouve ainsi la mobilité qu'on lui connaît à grande échelle.

Dans la branche de la physique qui étudie ce genre de phénomènes, le royaume dit de la *matière molle*, les sujets de recherche sont souvent à la fois fondamentaux et très pratiques. Les perles d'eau n'échappent pas à la règle. D'un côté, elles posent des questions nouvel-

les et amusantes sur le mouillage : comment réaliser de tels matériaux super-hydrophobes ? comment les optimiser selon la taille des gouttes à repousser ? et s'il s'agit de givre ou de neige ? D'autres questions concernent, elles, les propriétés dynamiques des gouttes elles-mêmes : leurs rebonds spectaculaires, par exemple, nous font réfléchir à ce que peut être l'élasticité de l'eau, qu'on se représente habituellement plutôt comme un milieu visqueux. Mais d'un autre côté, ces recherches ont une portée appliquée évidente. Un matériau texturé hydrophobe sait se protéger de l'eau qu'il renvoie quand elle le frappe ou qu'il évacue quand elle y roule. Or, il y a bien des situations pratiques où l'on souhaite ainsi renforcer le caractère hydrophobe d'un matériau : il suffit de penser aux vitrages, aux bétons, aux imperméables, aux revêtements d'antenne ou de coques de bateau.

Deux problèmes majeurs restent à résoudre avant de commercialiser à grande échelle de tels matériaux. Tout d'abord, ils sont fragiles. Les microtextures qui décorent leur surface ne résistent pas aux chocs, ni même à une pression trop forte. Ensuite, ils vieillissent mal : en s'encrassant, ils perdent petit à petit leurs propriétés spectaculaires. Mais ces matériaux intéresseront peut-être surtout des domaines plus *high tech*, comme la microfluidique : ils fournissent la matière première de microcanaux superglissants partout où l'on a besoin de manipuler de très petites quantités de liquides, des plateformes d'analyse biomédicales aux microréacteurs chimiques.

Pour en savoir plus

Gouttes, bulles, perles et ondes, P.-G. de Gennes, F. Brochard-Wyart et D. Quéré, Belin, 2005.

L'effet lotus, M. Reyssat et D. Quéré, Pour la science, septembre 2006.

irisation, microstructure de surface



physique de la matière molle



— 32 - 80 - 202 - 206 —