

Du nouveau pour une vieille bactérie

La tuberculose est due à une bactérie, le bacille de Koch, qui s'attaque à différents organes, mais les poumons sont généralement les premiers exposés. Ces agents pathogènes se logent dans les alvéoles pulmonaires, où ils sont avalés par les éboueurs de l'organisme, les macrophages. Toutefois, ces cellules sont tenues en échec et colonisées par la bactérie qui s'y multiplie. Les macrophages infectés passent dans le sang et sont disséminés vers d'autres cibles. Du moins le croyait-on. Camille Locht et ses collègues de l'Institut Pasteur de Lille viennent de montrer que le mécanisme de pénétration de ces bactéries dans l'organisme semble assuré non pas par les macrophages, mais par les pneumocytes (des cellules de l'épithélium pulmonaire) grâce à la molécule d'adhérence HBHA. Cette protéine est indispensable à la colonisation des organes autres que le poumon. Elle représente une nouvelle cible thérapeutique au moment où la tuberculose réémerge : en bloquant cette molécule, on cantonnerait l'infection aux poumons, et on éviterait une contamination grave des autres organes.

Autant en emporte le vent

Thomas Schoener et ses collègues de l'Université de Californie étudiaient les effets de l'introduction artificielle de prédateurs sur des écosystèmes insulaires de l'archipel des Bahamas. Soudain, l'ouragan Floyd dévasta les lieux. Les œufs



d'une espèce de petits lézards qui constituaient le plat favori des prédateurs introduits ont été épargnés. En revanche, sur les deux tiers des îles où les prédateurs avaient été introduits, cette espèce s'est éteinte. Aux dires de l'équipe californienne, c'est une occasion unique et accidentelle, d'étudier les effets des catastrophes naturelles et des changements climatiques sur la biodiversité. Contre mauvaise fortune...

Bateau pirate dans les Caraïbes

Des archéologues allemands ont trouvé le *Merchant Jamaica*, qui avait coulé à la fin du XVII^e siècle près d'Haïti. Ils ont identifié le couvercle d'un pot fabriqué entre 1650 et 1670 en Angleterre. Le bateau était probablement celui d'Henry Morgan (1635-1688), l'un des plus célèbres pirates anglais de cette époque. Avec le soutien de son pays, il pillait les bateaux espagnols naviguant dans les Caraïbes (alors sous domination de l'Espagne).

Billes liquides

Des gouttes d'eau truquées, qui ne mouillent pas, prennent la forme de cacahuètes en roulant.

Déplacer une goutte d'eau posée sur une surface solide n'est pas chose facile. Même si cette surface est inclinée, la goutte y reste souvent collée, à cause du contact qu'elle établit avec le solide : pensons par exemple aux gouttelettes de pluie qui adhèrent aux vitres (pourtant verticales). Afin de réaliser des surfaces peu mouillantes à l'eau, où les gouttes ne resteraient pas accrochées, une première stratégie consiste à s'inspirer de substrats naturels, tels la feuille de lotus, l'aile de papillon ou encore la plume de canard. Ces substrats sont hydrophobes (une sorte de cire les recouvre) et texturés, c'est-à-dire pourvus d'aspérités qui rendent la surface rugueuse (c'est d'ailleurs la texture de l'aile de papillon qui lui donne ses belles irisations). À cause du caractère hydrophobe de la surface, l'eau ne peut pas s'insinuer entre les aspérités de la texture et repose donc sur un patchwork de solide et d'air. Plus les aspérités sont petites, plus la goutte est entourée d'air et plus sa forme est sphérique, comme dans un nuage. En minimisant le contact avec l'eau, ce type de surface réduit l'adhésion des gouttes.

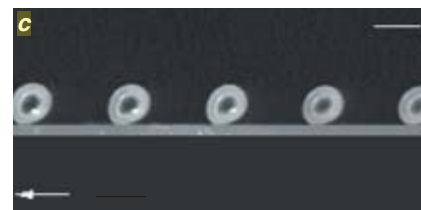
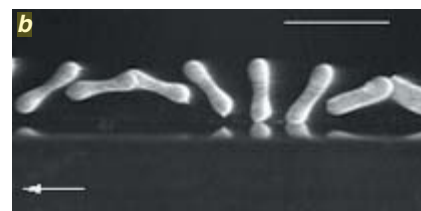
Une autre stratégie, pour réduire encore davantage le contact, consiste à modifier la surface de la goutte, et non plus celle du solide. On part d'une poudre fine (dont les grains mesurent entre un et dix micromètres de diamètre) et hydrophobe, par exemple de la suie, que l'on mélange à quelques millimètres cube

d'eau : les grains couvrent spontanément la surface de l'eau, leur caractère hydrophobe leur interdisant de pénétrer dans le volume. On forme ainsi une sorte de capsule, que nous avons appelée bille liquide, dont la surface est recouverte de grains hydrophobes et dont l'intérieur est rempli d'eau. On peut ensuite transférer cette bille sur un solide quelconque (où elle garde une forme quasi-sphérique), voire même sur de l'eau, où elle flotte.

Cette capsule molle est à mi-chemin entre un solide et un liquide. Le contact qu'elle établit avec son substrat est inhabituel, puisqu'il n'est plus dû qu'à son poids. Ce contact diminue avec la taille de la bille : les micro-billes liquides descendent plus facilement sur un plan incliné, puisque la taille du contact, donc les frottements, sont réduits, au contraire d'une goutte ordinaire, d'autant plus difficile à déplacer qu'elle est petite. Deux billes liquides de tailles différentes dévalent une pente à des vitesses différentes, mais c'est la plus petite qui va le plus vite !

L'état hybride d'une bille a des conséquences plus curieuses encore. Au lieu de glisser, la bille roule sur le plan incliné, comme si elle était solide. Cependant, elle est déformable, comme un liquide. Or, sa vitesse est inhabituellement élevée pour une goutte (à cause du contact réduit qu'elle a avec la surface, elle va 100 à 1 000 fois plus vite qu'une goutte normale), si bien qu'elle se déforme sous l'effet de la force centrifuge.

On observe deux modes de déformation. Dans le premier cas, la goutte, sphérique au départ, prend la forme d'une cacahuète, qui rebondit sur la surface comme une gymnaste sur sa poutre. Cet objet résiste aux chocs qu'il subit lors des rebonds et transporte donc le liquide sans fuite. Dans le second cas, la goutte prend en roulant (quasi-tautologiquement, pour-



Cette goutte d'eau d'un millimètre de diamètre, recouverte d'une poudre hydrophobe (a), ne mouille pas la plaque de verre où elle repose, mais se reflète sur ses deux faces. Lorsqu'elle dévale un plan incliné à une vitesse de l'ordre du mètre par seconde, elle prend la forme d'une cacahuète (b) ou d'une roue (c), sous l'effet de la force centrifuge (la caméra qui a pris ces clichés successifs est inclinée du même angle que le plan ; les traits blancs correspondent à une longueur de un centimètre).

rait-on dire) la forme d'une roue. Les théoriciens avaient imaginé ces deux formes. En particulier, Lord Rayleigh avait prédit qu'une goutte en rotation pouvait se transformer en roue. Par ailleurs, lors d'une expérience récente réalisée par la NASA, on avait observé la caca-huète, en mettant une goutte en rotation dans l'espace (hors du champ de la gravitation). Toutefois, on pensait que la roue était instable, une hypothèse que l'astrophysicien Subrahmanyan Chan-

drasekhar avait avancée. Dans nos expériences, la roue progresse sur un plan incliné, qui semble la stabiliser.

Les billes liquides soulèvent de nombreuses questions, liées à leurs frottements avec les solides et à leurs déformations. Elles pourraient aussi avoir un intérêt pratique : on envisage de les utiliser pour transporter de petits volumes de liquide sur de grandes distances et à grande vitesse, notamment en microfluidique. Ces objets, faciles à réaliser au laboratoire,

apparaissent parfois spontanément dans la nature. Une forte pluie sur une route couverte de pollens ou de poussières engendre parfois ce qu'on appelle, dans le Sud-Ouest, un « verglas d'été », constitué de billes liquides. Ces billes se forment probablement aussi sur les sols argileux (l'argile est hydrophobe), où elles pourraient donner lieu à un type d'érosion original.

Pascale AUSSILLOUS et David QUÉRÉ
Laboratoire de physique de la matière condensée, Collège de France

Le compteur des abeilles

Les abeilles évaluent les distances grâce à la quantité d'images perçues pendant leur trajet.

Une abeille éclaireuse explore les prés voisins de sa ruche à la recherche de nourriture, du pollen ou du nectar. Après avoir repéré un parterre de fleurs mûres, elle retourne à la ruche prévenir ses congénères et leur indiquer l'endroit. Pour ce faire, elle danse en libérant une substance olfactive, une phéromone, qui attire les abeilles ouvrières ainsi recrutées pour aller quêrir de la nourriture. Le prix Nobel de médecine Karl von Frish (1886 – 1983) a montré qu'une danse en rond indique une nourriture très proche qui ne requiert aucune information pour la trouver, alors qu'une danse en forme de huit, dite frétillante, rend compte, d'une part, de la distance à parcourir et, d'autre part, de la direction à prendre pour accéder à la source de nourriture. Comment ces informations sont-elles codées ?

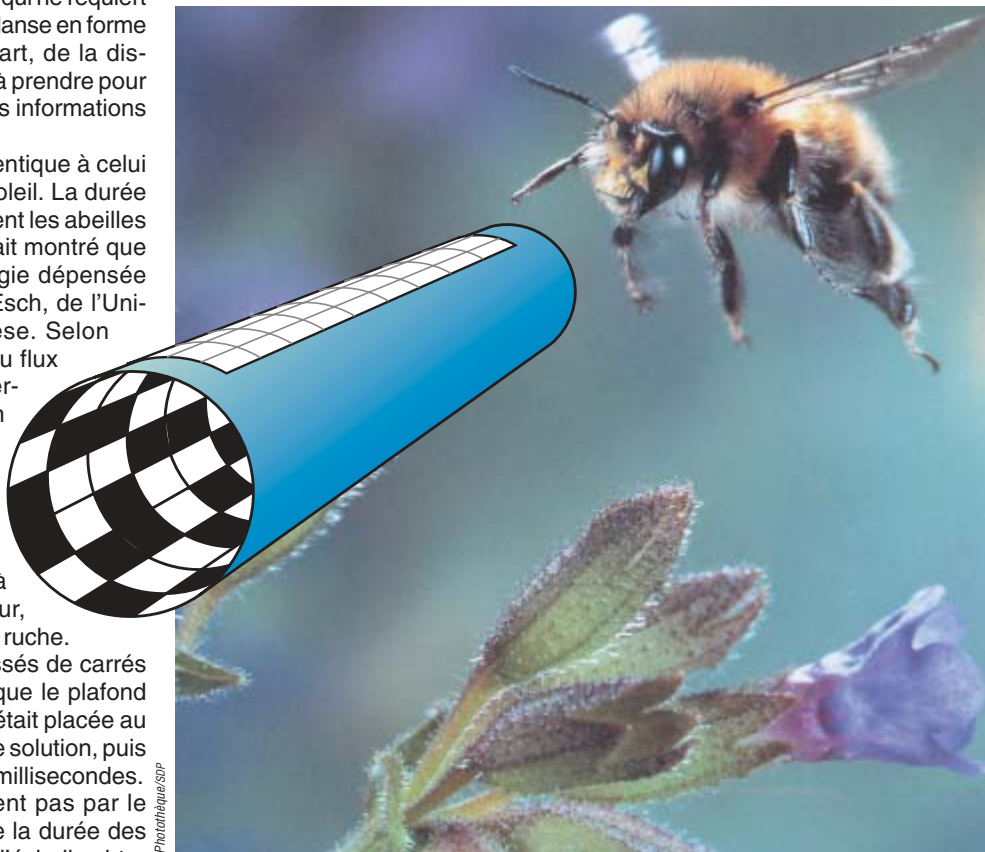
L'angle de la danse avec la verticale est identique à celui de la direction de la nourriture avec celle du Soleil. La durée de cette danse indique la distance, mais comment les abeilles l'estiment-elles ? En 1963, Martin Lindauer avait montré que les abeilles évaluent les distances par l'énergie dépensée pour les parcourir. Or, les travaux de Harald Esch, de l'Université d'Indiana, contredisent cette hypothèse. Selon lui, les abeilles évaluent les distances grâce au flux optique, c'est-à-dire à la quantité d'images perçues par unité de temps. Par exemple, dans un train, les objets proches, qui passent devant nos yeux rapidement, créent un flux optique plus important que ceux qui sont éloignés et, par conséquent, plus lents.

Dans un premier temps, les éthologues ont habitué des abeilles (*Apis mellifera ligustica*) à traverser un tunnel de huit mètres de longueur, orienté vers le Sud et placé à trois mètres de la ruche. Les côtés et le plancher du tunnel étaient tapissés de carrés blancs et noirs disposés aléatoirement, alors que le plafond était grillagé. Enfin, une coupelle d'eau sucrée était placée au fond du tunnel. Les abeilles qui atteignaient cette solution, puis revenaient à la ruche, dansaient pendant 358 millisecondes.

Ensuite, avec des abeilles qui ne passaient pas par le tunnel, ils ont établi les correspondances entre la durée des danses et l'éloignement de la nourriture : selon l'échelle obtenue, une danse de 358 millisecondes représente une distance de 72 mètres, et non les 11 mètres que les abeilles éclaireuses avaient réellement parcourus. Effectivement, des observateurs ont vu un maximum d'abeilles recrutées par celles qui avaient traversé le tunnel, mais qui, elles, ne passaient pas

par le tunnel, explorer une région distante de 70 mètres dans la direction du tunnel.

Ainsi les abeilles, habituées à une « densité » moyenne d'objets sur leur trajet, étaient trompées par la présence des carrés noirs et blancs : la quantité d'images perçues par unité de temps étant supérieure à la normale, elles pensaient avoir parcouru une distance supérieure à la longueur réelle du tunnel. L'expérience a été renouvelée avec succès avec un tunnel de six mètres de longueur et orienté vers le Nord-Ouest. Toutefois, d'autres paramètres, tels l'altitude du vol et les éléments du paysage influent sur le flux optique. Ainsi, les abeilles recrutées qui suivent les consignes de la danse de l'abeille éclaireuse convertissent une quantité d'images en une distance précise qui les sépare de la nourriture.



Les abeilles indiquent, par une danse, à leurs congénères l'endroit où se trouve la nourriture. La durée de cette danse indique la distance estimée grâce à la quantité des images perçues pendant le trajet. Les abeilles qui passent par le tunnel tapissé de carrés blancs et noirs (à gauche) apprécient mal les distances, car le flux optique (la quantité d'images perçues) est artificiellement augmenté.