

Propre comme les coraux !



En mer, les coques des bateaux et les hydroliennes doivent faire face à des salissures et à divers petits organismes qui s’y fixent, comme les coquillages. Jusqu’à maintenant, pour les protéger, on n’utilisait que des produits toxiques – des peintures spéciales au cuivre, par exemple. Or, ces produits se répandent peu à peu dans l’eau, et sont très polluants. Heureusement, les gouvernements prennent des mesures pour diminuer la pollution des mers, et ces produits sont progressivement interdits... mais les salissures, que l’on appelle « fouling », demeurent.

QU’EST-CE QUE ÇA VEUT DIRE ?

D’origine anglaise, le mot **fouling** désigne le dépôt, l’incrustation d’organismes divers et de salissures sur la coque des bateaux. L’**antifouling** est la méthode utilisée pour lutter contre ces incrustations.

Au cours du temps, de nombreux êtres vivants marins, comme les coraux, les algues ou les éponges, ont deve-

loppé des méthodes pour éviter de se retrouver incrustés d’organismes parasites, alors qu’ils bougent très peu, voire pas du tout. Les recherches actuelles visent à comprendre comment ces plantes et ces animaux marins parviennent à rester libres de toute salissure ou de colonies de parasites, pour ensuite en tirer des leçons et inventer de nouveaux produits antifouling.

Les coraux, les algues ou les éponges ont développé des méthodes pour éviter de se retrouver incrustés d’organismes parasites.

À Toulon, les chercheurs du laboratoire Mapiem mènent ainsi des expériences pour utiliser des molécules provenant d’organismes qui vivent dans des zones tropicales, l’île de La Réunion notamment. Ils tentent de les intégrer à des revêtements antifouling, afin d’empêcher l’incrustation de parasites.

De son côté, un inventeur néerlandais, Rik Breur, a développé une autre solution. Il s’est inspiré de la surface épineuse des oursins pour inventer un film en Nylon doté de picots de 3 mm d’épaisseur, qui repousse les salissures et les micro-organismes. Baptisé Finsulate, son produit est plus durable qu’une peinture antifouling : cinq ans au lieu de trois. Les picots créent de micro-vortex (tourbillons) qui freinent la pénétration du bateau dans l’eau, mais qui diminuent aussi la traînée ; au final, pour la rapidité du bateau, les coques recouvertes de Finsulate égalent les coques lisses.

+ N'Y A-T-IL QUE DU POSITIF ?

L'antifouling écologique est un enjeu important pour les mers. La fabrication de ces produits doit parvenir à ne pas produire de déchets, à ne pas utiliser trop d'énergie, pour aboutir à des produits entièrement biodégradables.

Les requins sont les bienvenus à l'hôpital !



Le requin est un prédateur marin extrêmement efficace, notamment grâce à sa rapidité. La forme de son corps et ses muscles lui servent pour atteindre des vitesses élevées sous l'eau. Sa peau joue elle aussi un rôle important dans ses performances. Contrairement à ce que l'on pourrait croire, elle n'est pas lisse, mais composée d'une multitude de « dents » microscopiques, les denticules, se chevauchant les unes les autres et dont la pointe est orientée vers l'arrière du corps. Elles lui permettent de pénétrer dans l'eau d'une manière optimale. Chacun de ces denticules crée en effet un mini-tourbillon, qui ralentit beaucoup moins le requin que si sa peau était parfaitement lisse ; car une peau lisse produirait, derrière l'animal, une traînée (voir p. 43) très importante.

➕ VEUX-TU EN SAVOIR PLUS ?

En 2008, un célèbre fabricant de maillots de bain, Speedo, avait équipé certains nageurs des jeux Olympiques de Pékin de combinaisons s'inspirant des denticules de la peau des requins. La quasi-totalité des records battus à l'occasion de ces Jeux l'a été par les nageurs dotés de ces combinaisons. La Fédération internationale de natation a décidé en 2009 de les interdire, considérant qu'il s'agissait (presque) d'une tricherie !

Si le requin file effectivement très vite pour capturer ses proies, il passe tout de même la plus grande partie de son temps à nager nonchalamment. Or, d'autres animaux marins se trouvent toujours infestés de divers petits animaux ou coquillages qui se fixent sur leur peau. Par exemple, les baleines transportent nombre de ces hôtes qui s'accrochent facilement à leur peau, tandis que les requins restent parfaitement « propres ». En fait, ce qui contribue à la rapidité du requin l'aide aussi à éviter l'installation d'organismes parasites sur sa peau.

*Ce qui contribue
à la rapidité du requin
l'aide aussi à éviter
l'installation
d'organismes parasites
sur sa peau.*

Anthony Brennan, un chercheur américain, a montré que c'est par sa structure même que la peau rugueuse du requin est protégée des parasites. Cette particularité a trouvé une

application immédiate. En effet, dans les hôpitaux du monde entier, la lutte contre les bactéries coûte cher et est de moins en moins efficace. Généralement, les agents d'entretien nettoient les sols, les murs ou encore les poignées de portes en utilisant des produits chimiques, de plus en plus toxiques, qui tuent de nombreuses bactéries mais jamais la totalité. Les survivantes se reproduisent et transmettent ainsi à leur descendance cette capacité à résister aux produits déjà rencontrés. Jusqu'à peu, la seule solution trouvée pour pallier ce problème était d'accroître la toxicité des produits, mais cela ne suffit plus et finit même par être dangereux pour les malades et les employés des hôpitaux.

*Plutôt que de tuer
les bactéries,
il faut les empêcher
de s'installer
dans les hôpitaux,
de même que la peau
des requins empêche
les parasites
de s'y nicher.*

Les recherches de Brennan suggèrent qu'une autre voie est possible : plutôt que de tuer les bactéries, il faut prendre le problème à la source et les empêcher de s'installer dans les hôpitaux, de même que la peau des requins empêche les parasites de s'y nicher.

Pour exploiter le procédé biomimétique qu'il a mis au point, Brennan a fondé une société, Sharklet Technologies, qui commercialise le Sharklet, un revêtement sous forme de microfilm, composé de millions de minuscules excroissances

de 3µm (3micromètres, soit 0,003mm) de haut sur 2µm de large, disposées régulièrement. Les bactéries s'installent là où leur dépense en énergie est la plus faible, sur des surfaces lisses, ce qui leur permet par la suite de créer un « biofilm » infectieux : une colonie si dense qu'elle forme un film tout autour de l'endroit qu'elles apprécient. S'installer dans un endroit inhospitalier et rugueux comme le Sharklet requiert à l'inverse trop d'énergie, et les bactéries ne le colonisent pas. Le revêtement Sharklet est utilisé désormais dans de nombreux hôpitaux et pourrait l'être dans d'autres lieux publics.

+ N'Y A-T-IL QUE DU POSITIF ?

Le principe du revêtement relève du biomimétisme, mais la fabrication du microfilm n'est malheureusement pas exempte de toute pollution.

Le hibou et le martin-pêcheur volent du secours des trains



Sais-tu que le hibou est un excellent chasseur ? Son atout principal est le silence : la nuit, alors que tout est calme, il faut être parfaitement silencieux pour attraper une proie. Si le hibou réussit cet exploit, c'est grâce aux plumes situées à l'avant de ses ailes. En vol, elles produisent de tout petits tourbillons, des vortex, qui font beaucoup moins de bruit que si l'aile était lisse ; les tourbillons seraient plus importants avec des ailes lisses, et donc plus bruyants.

Le martin-pêcheur, lui, est un petit oiseau très organisé, qui vit dans un terrier creusé dans les berges des rivières. Il n'a pas à aller très loin de chez lui pour trouver sa nourriture, car il est un pêcheur remarquable – sur le web, tu peux voir de nombreuses vidéos de martin-pêcheur en pleine action. Quand il repère un poisson, il se lance en piqué vers lui, et son bec est si pointu qu'il pénètre très rapidement dans l'eau, sans que sa proie ait le temps de l'esquiver. Son bec pointu est le plus efficace pour pénétrer dans l'eau car il l'écarte, au lieu de la repousser avec un gros « splash ! ». C'est ainsi que le plongeon du martin-pêcheur ne produit

que très peu de remous derrière lui : il entre dans l'eau à grande vitesse et pourtant sans la troubler, de façon très discrète – un atout imparable pour capturer un poisson.

Le vol de ces deux oiseaux vient ainsi offrir une solution à des problèmes complexes rencontrés par... les trains à grande vitesse ! Les Japonais sont les premiers à avoir développé un train de ce type, le Shinkansen, en service dès 1964. Mais ces trains étaient bruyants, et les normes japonaises en matière de nuisances sonores sont devenues au fil du temps de plus en plus strictes, alors que les passagers, eux, voulaient voyager de plus

*Le martin-pêcheur
entre dans l'eau
à grande vitesse
et pourtant
sans la troubler,
un atout imparable
pour capturer un poisson.*

en plus vite. Les ingénieurs créaient de nouvelles versions du Shinkansen toujours plus rapides, mais également toujours plus bruyantes. Les deux principales causes des nuisances sonores provenaient du passage de ces trains à grande vitesse dans les tunnels, qui provoquait un « bang » à leur sortie, et des pantographes : ces bras articulés qui permettent aux trains de capter l'électricité circulant dans les caténaïres produisaient un bruit continu. Un ingénieur japonais, Eiji Nakatsu, proposa une solution biomimétique, pour résoudre les deux problèmes. Les pantographes qu'il mit au point s'inspirent de l'aile des hiboux :

ils sont composés d'un seul pilier et d'une barre, dont les bords, munis de petites excroissances, produisent de légers vortex. Le bruit de ces nouveaux dispositifs était beaucoup plus supportable. Quant au problème du « bang » à la sortie des tunnels, la solution devait venir du train lui-même, car les tunnels japonais sont beaucoup plus étroits que les européens, et il n'était pas possible de les élargir : cela aurait coûté beaucoup trop cher... En entrant à grande vitesse dans un tunnel, les trains poussent l'air vers la sortie, le comprimant et l'accéléralent jusqu'à causer des vibrations à l'intérieur des wagons ainsi que ce fameux « bang » sonore à la sortie.

Nakatsu comprit qu'avec un nez pointu comme le bec du martin-pêcheur, un Shinkansen passant de l'air libre à l'air du tunnel – comprimé par les parois et opposant donc plus de résistance – ne produirait pas de remous, comme l'oiseau passant de l'air à l'eau. Il redessina donc le nez du Shinkansen. Celui de la série 500 ressemble de très près à celui du martin-pêcheur : il est extrêmement pointu, long de 15 m (celui de la série précédente, les 300, ne mesurait que 6 m), et permet de circuler à 300 km/h sans produire d'explosion sonore à la sortie des tunnels. La résistance à l'air a ainsi été diminuée d'un tiers, et la consommation d'électricité de 13% par rapport à la série des Shinkansen 300.

+ VEUX-TU EN SAVOIR PLUS ?

Depuis 2010, les Shinkansen 500 ont été pratiquement retirés de la circulation, remplacés par de nouvelles séries. Celles-ci ne sont pas forcément plus rapides, mais elles sont plus économes en énergie, et présentent toutes un nez très effilé... même s'il n'est pas aussi pointu que celui de la série 500 !

+ - N'Y A-T-IL QUE DU POSITIF ?

La solution biomimétique proposée pour réduire le bruit a également permis de réduire la consommation d'électricité. Le train n'est évidemment pas entièrement biomimétique, mais les solutions apportées aux problèmes de bruit ont aussi permis des avancées dans un autre domaine, ce qui est recherché par les biomiméticiens : qu'une amélioration serve à surmonter plusieurs difficultés. Cependant, la recherche de la vitesse n'entre pas dans la philosophie du biomimétisme. Aller plus vite a pour conséquence de donner l'impression d'un monde rétréci : si tu habites à 300 km de Paris et que le TGV roule à 300 km/h, tu n'es qu'à une heure de train, donc plus près de Paris que si tu habites à 60 km mais qu'il te faut y aller en voiture aux heures des embouteillages ! Les trains à grande vitesse ont ainsi des conséquences importantes sur la répartition des activités économiques en France, de plus en plus concentrées dans les grandes villes, au détriment des campagnes, qui deviennent des déserts...

Le sonar, un cadeau des chauves-souris ?



Les chauves-souris sortent au moment où la nuit tombe. Si tu en as déjà vu, tu as sans doute eu l'impression qu'elles volaient dans tous les sens : elles filent tout droit et puis hop ! à gauche ou à droite d'un seul coup, alors qu'il n'y a pas d'obstacle. C'est qu'elles ont repéré un insecte, un moustique ou un moucheron, et ont modifié instantanément leur direction. Le plus étonnant est qu'elles en sont capables alors que la plupart des espèces de chauves-souris sont aveugles ! Comment font-elles ?

Pour s'orienter, les chauves-souris émettent des sons extrêmement aigus. Leur fréquence – une des caractéristiques techniques du son – est si élevée que l'oreille humaine ne les entend pas. Les ondes sonores se déplacent dans l'espace et se répercutent sur tous les objets ou êtres vivants. Par retour immédiat, les chauves-souris, dont les oreilles sont très réceptives, construisent dans leur cerveau une image mentale de tout ce qui les environne. Elles peuvent même imaginer quel est l'insecte qui

Pour s'orienter, les chauves-souris émettent des sons extrêmement aigus.

est devant elles en fonction de sa texture. Elles se dirigent alors généralement vers lui pour le manger, car la plupart des chauves-souris sont insectivores. Ce mode de géolocalisation s'appelle l'écholocation (« localiser en fonction du retour des ondes sonores », comme dans un écho).

Ce système utilisé par les chauves-souris depuis des millions d'années a été expliqué par un biologiste italien il y a deux siècles et demi. Mais personne n'avait pensé à imiter cette spécificité pour s'en servir.

➕ VEUX-TU EN SAVOIR PLUS ?

Un biologiste italien, Lazzaro Spallanzani (1729-1799), comprit comment des chauves-souris dont il occultait la vue en leur fermant les yeux avec de la cire s'orientaient durant leur vol malgré ce handicap : grâce à leur ouïe. À l'époque, on le prit pour un illuminé. C'est deux siècles plus tard, après l'invention du sonar, que les zoologistes ont réalisé que Spallanzani avait raison !

Au cours de la Première Guerre mondiale, les techniciens de plusieurs pays cherchaient un moyen de repérer depuis un sous-marin les autres sous-marins et les navires en surface. C'est ainsi que, dans les années 1910 et 1920, plusieurs inventeurs britanniques et français ont mis au point le sonar. Aucun d'eux n'avait pensé aux similitudes que présentait cet appareil avec l'écholocation des chauves-

souris ! Ce n'est qu'en 1938 que deux scientifiques américains, George Pierce et Donald Griffin, montrèrent que le système utilisé par les chauves-souris pour se diriger était tout à fait similaire à un sonar.

La chauve-souris n'a donc pas inspiré les inventeurs du sonar. Ce sont eux qui ont reproduit sans le savoir une caractéristique de cet animal. Nous pourrions ici parler de biomimétisme involontaire !

Le système utilisé
par la chauve-souris
pour se diriger
est tout à fait
similaire à un sonar.

➕ VEUX-TU EN SAVOIR PLUS ?

Certains cétacés, comme les dauphins, utilisent eux aussi un système de sonar tout à fait comparable à celui des chauves-souris. Il leur permet de communiquer entre eux à de longues distances et de repérer leurs proies.

QU'EST-CE QUE ÇA VEUT DIRE ?

Le mot **sonar** est l'acronyme (il reprend les premières lettres) de « *SOUND Navigation and Ranging* », une expression qui désigne, en anglais, un système de détection du son dans un milieu aquatique.

+ N'Y A-T-IL QUE DU POSITIF ?

Les sonars, tout comme les radars, sont fabriqués à partir de métaux dont l'extraction est très polluante. Ils ne sont donc pas complètement biomimétiques, même s'ils reprennent un processus naturel. De plus, leur utilisation pour la guerre mais aussi la pêche pose problème. Les bateaux-usines de pêche repèrent en effet les plus grands bancs de poissons grâce à des sonars et n'ont plus qu'à se diriger vers eux pour les capturer. Or, un très grand nombre d'espèces sont victimes de surpêche, une pêche si intensive qu'elles ne peuvent plus se renouveler. C'est par exemple le cas des requins, des raies ou des thons.

Nager comme les poissons volants



Léonard de Vinci (1452-1519) fut un savant complet : ingénieur, inventeur, biologiste, peintre, sculpteur, voire philosophe... presque aucun domaine de l'intelligence ne lui était inconnu. Il s'inspira de la nature, et il est l'un des premiers à avoir été conscient de lui devoir beaucoup de ses découvertes. Par exemple, le navire de guerre qu'il avait nommé *Scorpion* s'inspirait de l'animal du même nom : au centre du bateau, il avait imaginé un énorme « dard » monté sur une plate-forme tournante. À l'aide de cordes et de poulies, l'équipage pouvait abattre le gigantesque aiguillon sur un navire ennemi pour l'enfoncer et le couler... comme fait le scorpion avec sa proie ! Sais-tu qu'il est également l'inventeur des palmes de plongée, et qu'il s'agit d'une invention biomimétique ? En observant les nageoires des poissons volants, très découpées, il eut l'idée de palmes pour équiper les plongeurs et leur permettre de se mouvoir

*En observant les nageoires
des poissons volants,
très découpées,
Léonard de Vinci eut
l'idée des palmes.*

plus efficacement dans l'eau. Le principe des palmes est de prolonger le pied humain, sur le modèle de la forme échan-crée des nageoires des poissons volants. Cependant, la plupart des inventions de Léonard de Vinci, surtout ses machines volantes, n'ont pas donné de résultat concluant.

+ N'Y A-T-IL QUE DU POSITIF ?

Même si Léonard de Vinci n'a pas lui-même fabriqué de palmes, l'idée lui a bien été soufflée par la nature. Mais il reste une condition à remplir pour les rendre biomimétiques : il faut que les palmes modernes soient faites de matières biodégradables uniquement.

Se propulser sous l'eau tel un calmard



Le calmard, de même que la méduse, la seiche ou le poulpe, ne nage que très peu avec ses tentacules. Il avance en utilisant le principe de réaction : il possède un muscle, le manteau, qui absorbe de l'eau à l'avant et, par une contraction brusque, la rejette vivement à l'arrière ; l'eau ressort à une certaine vitesse et rencontre une autre masse d'eau qui ne bouge pas, un peu comme si elle formait un mur. Par réaction contre cet obstacle, le calmard est propulsé vers l'avant. Ses nageoires ne lui sont utiles que pour se déplacer lentement, tandis que son « moteur à réaction » lui sert s'il doit fuir. Grâce à ce système, certains calmars parviennent même à sortir hors de l'eau ! Des chercheurs chinois ont inventé un robot-calmard dans les années 2010, un petit engin sous-marin. Toutefois, leur robot-calmard n'a pas, pour le moment, d'utilité particulière. Il en va de même pour d'autres robots du même type, inventés aux États-Unis, comme un robot-poisson capable de se déplacer durant plus d'une journée.

*Le calmard avance
en utilisant le principe
de réaction.*

+ N'Y A-T-IL VRAIMENT QUE DU POSITIF ?

Si ces recherches partent bien de ce que les scientifiques observent dans la nature, elles n'ont pas ici d'utilité précise – ou alors peut-être de créer des engins autonomes suffisamment petits pour devenir des « robots-espions » ? Le biomimétisme de ces expériences se limite donc à la forme, sans trouver – pour le moment – d'utilité réelle.

De la bardane du scratch



Certaines plantes se dispersent dans la nature de manière très ingénieuse. Par exemple, les samarres, les graines des frênes ou des érables, sont munies de deux ailettes qui leur permettent de voler lorsqu'il y a du vent, assez longtemps pour être transportées suffisamment loin de l'arbre mère. Ainsi, si les graines donnent naissance à un nouvel arbre (ce qui est toutefois assez rare, peu de graines peuvent se développer), celui-ci ne sera pas trop proche de son « parent », et ne le privera pas d'une partie de l'eau du sol où plongent ses racines. La bardane se disperse aussi très astucieusement, non pas grâce au vent, mais grâce aux animaux !

La bardane se disperse très astucieusement grâce aux animaux.

+ VEUX-TU EN SAVOIR PLUS ?

La bardane est une plante très répandue en France. Elle est connue pour ses vertus médicinales, notamment ses bienfaits pour la peau. Pouvant atteindre 2 m de

haut, elle possède de grandes feuilles un peu velues.
Pour la reconnaître dans la nature, regarde sur une flore
- un livre qui fait l'inventaire des diverses espèces de
plantes. Pour bien distinguer ses harpons, une simple
loupe suffit.

Pour se disséminer, la bardane produit, en été, des fleurs qui ressemblent à de petits chardons, qu'on appelle des capitules. Ils sont munis de crochets recourbés, comme des harpons, qui s'accrochent aux poils des animaux qui les frôlent ou à nos vêtements. C'est un très bon moyen pour s'éloigner du pied mère ! La bardane n'est pas la seule plante à se disséminer ainsi dans la nature ; si tu te promènes dans des champs ou en forêt et que tu passes près de certaines plantes, plusieurs « gratons » se fixeront sans doute à tes vêtements ou à tes chaussettes !

Un jour, alors que George de Mestral (1907-1990), un ingé-

nieur suisse, est allé chasser, il revient avec son chien couvert de capitules de bardane solidement accrochés à ses poils. En les ôtant un

à un, il regarde précisément pourquoi la bardane tient si

bien aux poils et remarque les minuscules harpons de la fleur. Quelques années plus tard, il a l'idée de reproduire ce système pour créer des attaches pour textile et cuir.

Son invention, le Velcro (un mot-valise formé à partir de

**Le Velcro est plus connu
aujourd'hui sous
le nom de « scratch ».**

« VELours » et « CROchet »), est plus connue aujourd'hui sous le nom de « scratch ». Elle te sert par exemple à attacher tes chausures.

+ N'Y A-T-IL QUE DU POSITIF ?

Hélas, le scratch est en Nylon, donc issu du pétrole. Or, le pétrole ne se trouve qu'en quantités limitées et, surtout, le stock est non renouvelable : il faut des millions d'années pour transformer des végétaux en pétrole. L'idéal aurait été du scratch conçu en un tissu ou une matière naturelle, mais pour le moment cela n'existe pas.

Une punaise inspirée des coussinets du chat



En 2011, un chercheur japonais, Toshi Fukaya, invente une drôle de punaise. Il remarque que les coussinets

sous les pattes du chat laissent dépasser ses griffes quand il attrape une souris, puis que les griffes se rétractent dans les coussinets très facilement. Fukaya a alors l'idée de créer une punaise avec une gaine

imitant le coussinet du félin : quand on prend la punaise entre les doigts, rien ne se voit ; elle ressemble à une petite gelule. Mais dès que l'on appuie sur l'endroit où l'on souhaite la fixer, la pointe sort de la gelule et s'enfonce. Si l'on retire la punaise du mur, elle reprend sa forme initiale ! Ingénieux...

Les coussinets sous les pattes du chat laissent dépasser ses griffes quand il attrape une souris, puis les griffes se rétractent dans les coussinets.

Un lézard qui te scotche



Les geckos forment une famille de petits lézards colorés, à l'allure sympathique avec leurs gros doigts arrondis. Ces doigts sont extraordinaires : ils permettent à ces lézards de grimper absolument partout, même sur des murs ou du verre, et pas seulement à la verticale, puisque les geckos adorent aussi se promener sur les plafonds, la tête en bas. Cette capacité à se « coller » n'importe où tout en se « décollant » aussitôt – pas comme les escargots ou les limaces, qui s'attachent à leur support – a longtemps interrogé les chercheurs.

L'explication se trouve d'abord sous les pattes mêmes. La surface de l'extrémité des doigts des geckos est composée de millions de filaments microscopiques disposés en rangs, qui se terminent chacun en creux par une ventouse de taille micrométrique (1 micromètre = 0,001 mm). Toutes ces ventouses mises ensemble forment un adhésif extrêmement puissant, qui pourrait supporter des charges bien plus lourdes qu'un petit gecko.

Les geckos adorent se promener sur les plafonds, la tête en bas.

Restait à éclaircir la capacité de l'animal à se détacher très vite de son support. L'explication a été fournie en 2012 par deux chercheurs d'une université américaine du Massachusetts, Duncan Irschick, un biologiste, et Alfred Crosby, un spécialiste des polymères (des grosses molécules constituées d'une suite de molécules simples, comme l'amidon ou les protéines). Ils ont constaté que les geckos n'ont qu'à recourir leurs doigts pour se détacher : ils adhèrent à une surface d'une part grâce à leurs filaments extraordinaires, d'autre part grâce à certains mouvements de leurs pattes et de leurs doigts, qu'ils peuvent coller et décoller à volonté. Cette découverte fait comprendre aux chercheurs qu'ils doivent obtenir par biomimétisme une substance accrochante non seulement par ses propriétés propres, telle la colle, mais aussi parce que l'utilisateur accomplirait un certain geste. Il suffirait ensuite d'un autre geste pour détacher tout aussi facilement cet adhésif surpuissant – exactement comme Spiderman !

Au bout de plusieurs années de travail financé par une agence de l'armée américaine (très intéressée par les applications militaires d'un tel procédé !), les deux chercheurs sont parvenus à créer un matériau biomimétique. Ils l'ont appelé Geckskin (« peau de gecko »). Le Geckskin permet

Les geckos adhèrent à une surface grâce à leurs filaments extraordinaires, mais aussi grâce à certains mouvements de leurs pattes et de leurs doigts.

de fixer une charge et de la détacher sans effort en n'abîmant pas le support et en ne laissant pas de trace. Avec ce matériau, on peut accrocher des objets sur les murs, voire des éclairages au plafond ! Le Geckskin est constitué d'un polymère, le polydiméthylsiloxane (PDMS en abrégé), que l'on trouve aussi dans les shampoings... et même dans le Coca-Cola !

+ N'Y A-T-IL QUE DU POSITIF ?

Le Geckskin est bel et bien issu d'une démarche biomimétique puisque les chercheurs sont partis de l'observation du gecko, mais les matériaux nécessaires à sa fabrication ne sont toujours pas biodégradables. Il resterait donc encore à améliorer sa composition – de même que pour de très nombreuses inventions que tu peux rencontrer dans cet ouvrage.

QU'EST-CE QUE ÇA VEUT DIRE ?

Tout ce qui est vivant relève de la **biologie**, qui est la « science du vivant » (*logos* signifie « science » en grec ancien).

Des moules et du soja



C'est bien connu, malgré le soleil, le sel et sur-tout l'eau, les moules restent fixées à leur rocher. Depuis quelques années, des scientifiques s'intéressent à leur mode de fixation, et ils ont découvert que le byssus, ou fil de byssus, c'est-à-dire les filaments par lesquels la moule s'accroche, possède des propriétés remarquables. Ils ont dès lors orienté leurs recherches vers l'invention de colles biomimétiques.

Le byssus des moules possède des propriétés remarquables.

➤ VEUX-TU EN SAVOIR PLUS ?

Dans l'Antiquité, on pêchait tout autour de la Méditerranée une espèce géante de moule, *Pinna nobilis*, qui peut mesurer jusqu'à 1,20 m de long. À l'époque, on en exploitait le byssus pour fabriquer un tissu des plus précieux. En effet, une fois séchés et filés – comme de la laine –, les filaments ressemblaient à du fil d'or.

Ils étaient tissés, et l'on en faisait des vêtements très recherchés en Égypte, en Crète, en Phénicie et chez les Romains. Il fallait beaucoup de temps pour obtenir le byssus nécessaire à un seul vêtement : un millier de moules *Pinna nobilis* sont nécessaires pour obtenir environ 300 g de fil.

Aujourd'hui, les chercheurs et les entreprises ne s'intéressent plus au fil que l'on peut fabriquer à partir du byssus, mais plutôt à la colle qu'il constitue. En effet, une colle qui résiste à l'eau comme chez la moule est un exploit que nous ne savons imiter qu'en utilisant des produits chimiques et toxiques. L'idée biomimétique est donc au départ de trouver une formule de colle à partir de byssus de moule.

➤ VEUX-TU EN SAVOIR PLUS ?

Pour se fixer à un rocher, la moule s'entrouvre, sort un organe appelé pied comme pour tâter le terrain, et une fois qu'elle a trouvé un endroit favorable, une glande produit le fil de byssus, qui est composé de protéines.

Dans les années 1990, un jeune chercheur chinois, Li Kaichang, se révolte contre la manière dont son pays se débarrasse des produits polluants : en les jettant dans les rivières ! Il décide de se consacrer à l'élimination de ces produits polluants et à leur remplacement par des produits écologiques. Il quitte la Chine pour les États-Unis en 1993

afin de se spécialiser dans la chimie du bois. Lors d'une promenade en bord de mer, il constate à quel point l'adhésion des moules aux rochers est efficace. S'il parvient à réaliser une colle aussi puissante, biologique et biodégradable, l'industrie pourrait aisément remplacer celle utilisée dans les panneaux de bois contreplaqué, à base de formaldéhyde, un composé chimique qui dégage des gaz toxiques. Cependant, Li comprend également que recueillir le byssus de moules pour fabriquer de la colle à une échelle industrielle coûterait beaucoup trop cher. Il cherche alors comment fabriquer un produit adhésif y ressemblant de près, et trouve la solution avec le soja. Il dépose un brevet en 2002. Dès l'année suivante, l'une des plus importantes entreprises mondiales de fabrication de contreplaqué, Columbia Forest Products, décide d'abandonner les colles au formaldéhyde pour adopter celle au soja. En 2006, l'entreprise avait éliminé toute colle toxique de ses usines.

+ N'Y A-T-IL QUE DU POSITIF ?

La société Columbia Forest Products affirme que la fabrication de la colle à base de soja ne présente que des avantages d'un point de vue écologique. La société a d'ailleurs gagné un prix en 2007 (le Greener Synthetic Pathways Award) pour avoir remplacé 23 000 t de colle synthétique par son produit biomimétique, et réduit de 50 à 90% les émissions de produits polluants par ses usines.

Pics et chocs



L'enjeu de la résistance aux chocs est très important dans un univers où les véhicules se déplacent de plus en plus vite, que ce soit sur Terre ou dans l'espace. En un demi-siècle, les constructeurs automobiles ont accompli d'énormes progrès. Cependant, nous sommes toujours plus dépendants de l'électronique embarquée, c'est-à-dire l'ordinateur de bord et l'ensemble des systèmes informatiques des véhicules modernes : si celle-ci ne résiste pas à un choc violent, certaines fonctions qu'elle assure disparaissent, et la voiture, l'avion, voire la fusée, ne peuvent tout simplement plus fonctionner.

Deux chercheurs américains de l'université de Berkeley, en Californie, Sang-Hee Yoon et Sungmin Park, se sont intéressés à la façon dont le pic, ce célèbre oiseau qui creuse des trous dans les troncs d'arbre, résiste aux chocs qu'il s'inflice. Lorsque le pic à front doré (*Melanerpes aurifrons*) frappe le bois, la décélération subie par sa boîte crânienne est de 12 000 g, la lettre g étant ici le symbole de l'accélération gravitationnelle. C'est d'une violence extrême : un choc faisant subir à un être humain une décélération de 100 g de très courte durée entraîne des conséquences irréversibles

pour son cerveau, parfois sa mort. Or, le pic à front doré s'en sort très bien, et il peut même frapper l'arbre jusqu'à 22 coups par seconde !

Les deux chercheurs ont découvert que si le bec du pic est extrêmement résistant, il ne transmet pas les vibrations au cerveau, et cela grâce à plusieurs particularités. Tout d'abord, le pic possède une petite poche de liquide autour du crâne, qui amortit considérablement la vibration causée par le choc du bec sur le tronc. Ensuite, son os hyoïde – situé dans le cou, à la base de la langue – est élastique, ce qui permet, là encore, de diminuer l'onde de choc. Enfin, le pic s'installe dans une certaine position pour accomplir son travail : tout son corps participe au mouvement et absorbe ainsi les vibrations qui seraient mortelles pour d'autres animaux.

Le bec du pic est extrêmement résistant, mais il ne transmet pas les vibrations au cerveau.

Sang-Hee Yoon et Sungmin Park ont dès lors proposé des applications pour l'électronique embarquée dans l'automobile ou l'aviation, notamment un revêtement composé de plusieurs couches. Une couche fine d'un métal très résistant constitue la première défense contre les chocs, comme le bec dur du pic ; une fine épaisseur de caoutchouc permet d'absorber les vibrations, de même que la poche liquide de l'oiseau ; et une dernière couche, également fine, d'un autre métal, protège l'électronique. Au cœur du dispositif, les éléments électroniques ne subissent que très peu de dégâts,

comme Yoon et Park ont pu le démontrer par des tests. Leur procédé devrait être utilisé dans l'espace ainsi que dans l'automobile, mais uniquement pour les engins de compétitions comme les Formule 1.

+ N'Y A-T-IL QUE DU POSITIF ?

L'idée de protéger une partie vitale d'un système en partant des caractéristiques d'un oiseau est biomimétique. Les applications éventuelles de ce procédé pourraient elles aussi, dans le futur, s'adapter à des outils ou des matériaux également respectueux de la nature. Mais est-il bien biomimétique pour un humain de subir des chocs aussi violents que ceux que supporte le pic ? Nous ne sommes pas des pics, et n'aimons pas les chocs !

Le coléoptère tronçonneur d'arbres



Certains petits animaux accomplissent des exploits incroyables. Des scarabées de quelques dizaines de millimètres peuvent ainsi découper du bois sans sembler fournir le moindre effort. Celui que nous appelons l'ergate forgeron (*Ergates faber*), que l'on rencontre dans les pays tempérés, est doté de puissantes mandibules, au point qu'il est capable de nous mordre jusqu'au sang !

Depuis des millénaires, les humains construisent des maisons, des pirogues, des outils de toutes sortes entièrement en bois. Nous avons tendance à oublier que jusqu'à une date récente il fallait abattre les troncs à coups de hache, puis les scier avec d'immenses scies dites « de long » pour en faire des planches. Ces métiers étaient difficiles et dangereux. Mais l'invention de la tronçonneuse provient étonnamment d'un autre domaine que la foresterie : l'orthopédie !

En effet, en 1830, un orthopédiste allemand, Bernhard Heine, inventa une chaîne articulée tournant autour d'un guide et

Des scarabées peuvent découper du bois sans sembler fournir le moindre effort.

actionnée par une manette, un peu comme le pédalier d'une bicyclette. Cet outil était destiné à couper des os. Quelques années plus tard, un Américain déposa un brevet de scie à chaîne tournant grâce à un moteur à essence ; mais le fonctionnement n'était pas assez convaincant. Aussi, celui qui est considéré comme le véritable inventeur de la tronçonneuse moderne est un autre Américain, Joseph Buford Cox. Il s'est inspiré d'un coléoptère qui se nourrit de bois mort ou pourrissant, *Acanthocinus aedilis*.

Cox avait remarqué la force des mandibules de l'insecte, mais aussi de la larve, ainsi que l'efficacité de son travail de déchiquetage du bois. L'insecte le mastique et le mâche dans le sens latéral et en fonction de sa texture et de la façon dont ses fibres sont agencées, de telle sorte que les mandibules rencontrent le moins de résistance possible. L'inventeur eut l'idée de remplacer les dents de scie, qui rencontrent une forte résistance parce qu'elles affrontent le bois là où il est le plus solide, par une chaîne inspirée de la forme des mandibules du coléoptère, ce qui permet d'avancer plus facilement même à travers le bois vivant.

Desormais, les professionnels utilisent d'énormes engins qui ensèrent le tronc, le scient, le débitent... Mais les particuliers, eux, se servent des tronçonneuses de Cox fonctionnant à l'essence ou à l'électricité.

Joseph Buford Cox s'est inspiré d'un coléoptère qui se nourrit de bois mort ou pourrissant.

+ N'Y A-T-IL QUE DU POSITIF ?

L'invention de la tronçonneuse a permis d'abattre rapidement et facilement de grandes quantités d'arbres. L'exemple de l'Amazonie, dont les arbres gigantesques ne cessent d'être abattus par des hommes munis de tronçonneuses, illustre bien cela. Ici, le progrès technologique ajouté à nos besoins en bois en constante augmentation participe de la destruction dramatique des forêts. Ce qu'il faut en tirer, c'est qu'une invention devrait s'accompagner d'une réflexion sur nos habitudes et nos usages.

Des roues en alvéoles comme les cordons



Nous pouvons rencontrer des structures en alvéoles autant chez les animaux que chez les végétaux, qu'il s'agisse des os ou des éponges, ou encore des nids construits par les guêpes ou les abeilles, qui sont justement en forme d'alvéoles hexagonales (à six côtés).

Le constructeur français de pneumatiques Michelin s'est inspiré de ces structures et il propose ainsi un pneu révolutionnaire, baptisé Vision, entièrement fondé sur des principes biomimétiques : nul besoin de le gonfler, il tient grâce à une structure en alvéoles res-

Le constructeur Michelin propose un pneu révolutionnaire, entièrement fondé sur des principes biomimétiques.

semblant à celles des éponges, ou surtout des coraux (les éponges sont un modèle trop mou). Michelin garantit qu'il n'utilise pour sa fabrication que des matériaux biosourcés (dont on peut suivre la trace depuis leur extraction dans la nature et qui n'ont pas nécessité de produits non écologiques). De plus, ce pneu – qui est en réalité une roue, car il remplace non seulement l'actuel pneumatique, mais