



Rapport de veille technologique pour la défense et la sécurité

—
Numéro spécial
Salon BIOMIM'EXPO 2019

COMMUNICATIONS

DESIGN

DETECTION

MATERIAUX

EQUIPEMENT INDIV.

ENERGIE

MOBILITE

SANTE



POURQUOI LE BIOMIMETISME ?

« Le biomimétisme est une approche en plein essor qui consiste à innover en s'inspirant du vivant, sous toutes ses formes et dans tous les domaines. Avec près de 4 milliards d'années d'évolution et d'adaptation, la nature est le premier laboratoire de recherche développement du monde, une source inépuisable de génie et donc d'inspiration en matière de gestion et de production de l'énergie, de fabrication de matériaux, de chimie douce, de recyclage, d'ergonomie, de multifonctionnalité, mais aussi d'optimisation d'écosystèmes (économie circulaire) et d'organisation de vie communautaire. »

Source : Alain Renaudin, NewCorp Conseil

Le biomimétisme s'inscrit donc pleinement dans une démarche d'intelligence collective permettant à notre secteur de s'inspirer de la nature pour améliorer certaines méthodes de travail, de détecter de nouveaux matériaux ou encore développer de nouvelles technologies.

Ce rapport est une sélection d'une galerie d'exemples d'innovations bio-inspirées ([Biomim'review](#)) réalisée par NewCorp Conseil, pouvant avoir un intérêt pour notre secteur.

Plus d'informations : [NewCorp Conseil](#)





Qu'est-ce que Biomim'Expo ?

BIOMIM'EXPO est le rendez-vous de tous ceux qui cherchent à innover en se plaçant à l'écoute de l'environnement pour le respecter davantage, et à l'écoute des autres disciplines pour sortir des sentiers battus, qui travaillent déjà sur des approches issues du biomimétisme ou simplement s'y intéressent et désirent en savoir plus, qui sont désireux de développer leur réseau et de trouver des opportunités de développement.

C'est un point de rencontre entre scientifiques, chercheurs, ingénieurs, politiques, entrepreneurs, financiers; entre biologistes, physiciens, chimistes, urbanistes, architectes, écologues, philosophes, sociologues; entre grands groupes, startups, organismes publics, écoles, universités, centres de recherche ... parce que l'échange et la multiculturalité sont des accélérateurs d'innovation.

Biomim'expo se propose en connecteur, fournisseur de passerelles et de décryptages, pour mieux comprendre et traduire l'excellence du vivant et proposer une bio-translation aux activités humaines.

Quelles innovations bio-inspirées pour la défense / sécurité ?



COMMUNICATIONS



EQUIPEMENT INDIV.



DESIGN



MATERIAUX



DETECTION



MOBILITE



ENERGIE



SANTE



POUR LE CHEMIN LE PLUS COURT

Afin de trouver le chemin optimal vers une source de nourriture, les fourmis balisent leurs trajets de phéromones, des substances chimiques odorantes qui déclenchent des réactions physiologiques ou comportementales entre individus de la même espèce. Les phéromones par les messages qu'elles envoient sont un véritable moyen de communication.

Une fourmi balisera de phéromones le chemin parcouru pour accéder à de la nourriture. Plus le trajet sera court, plus vite les fourmis en feront l'aller-retour et plus il sera fréquenté. Le chemin optimal sera donc plus vite tapissé de phéromones que les autres trajets possibles, qui seront finalement délaissés au profit de ce meilleur chemin.

Cette méthode de fonctionnement a inspiré en 1990 Marco Dorigo et ses collaborateurs, afin de créer des algorithmes d'optimisation dans divers domaines. Il publia "Inspiration for Optimization from Social Insect Behavior" le 6 juillet dans le journal Nature, et le livre "Ant Colony Optimization" sortit en 2004.

Les technologies de routage GPS en sont un exemple criant, avec à la clé un amoindrissement considérable du bilan économique et écologique des activités qui y sont liées. Les équipes de recherche du CNRS se sont également penchées sur de tels algorithmes pour optimiser des activités quotidiennes comme la collecte des déchets ou la distribution du courrier.

Pourquoi est-ce bio-inspiré ?

Les algorithmes d'optimisation consistent en l'envoi de "fourmis virtuelles" d'un point A à un point B par différents chemins. Des "phéromones virtuelles" sont déposées, prenant en compte le phénomène d'évaporation à chaque itération, et laissant progressivement apparaître la solution optimale.

Le saviez-vous ?

Le succès évolutif des fourmis vient en grande partie de leur capacité à coopérer au sein de castes pour la division des tâches, comme la collecte de nourriture. Ce sont des insectes dit « eusociaux ».





Pourquoi est-ce bio-inspiré ?

La forme des winglets s'inspire directement du positionnement des rémiges primaires des rapaces. Ce modèle permet de réduire l'envergure et donc les forces de frottement tout en gardant une surface d'ailes suffisante pour permettre le vol de l'appareil.

Le saviez-vous ?

Les oiseaux de grande envergure courbent les plumes de l'extrémité de leurs ailes, aussi appelées rémiges primaires, afin de parfaitement s'insérer dans les colonnes d'air chaud ascendant qu'ils utilisent pour s'élever.

LES « WINGLETS » DES AVIONS INSPIRÉS DES RAPACES

Un winglet est une ailette sensiblement verticale située au bout des ailes d'un avion, qui permet un gain d'efficacité de quelques pour-cents en réduisant le tourbillon d'air et la traînée induite. En effet, la portance de l'aile (ce qui fait voler l'avion) est une force dirigée vers le haut par le différentiel de pression entre la dépression créée sur la surface supérieure (extrados) et la surpression créée en dessous (intrados). En bout d'aile, l'air a tendance à rouler autour de l'extrémité pour repasser de haut en bas, créant des tourbillons, évités par les winglets. Ce mot anglais reste le plus largement utilisé, bien que des équivalents français penne ou ailerette aient été proposés.

Le winglet a été mis au point dans le centre de recherche de la NASA à Langley (États-Unis) en 1974 par l'aérodynamicien américain Richard Whitcomb, connu par ailleurs pour ses travaux sur la loi des aires et sur les profils de voilure supercritique. Whitcomb a publié ses travaux sur les winglets en 1976.

Boeing annonça en 1985, une nouvelle version du B-747, à savoir le 747-400 avec une autonomie et une capacité de chargement augmentées. L'aile de ce modèle présente une augmentation de l'envergure et le montage de winglets. L'autonomie a augmenté de 3,5 % par rapport au 747-400D qui a la même envergure. Nous retrouvons les mêmes gains en efficacité énergétique sur les modèles Airbus.



Avion III de Clément Ader
©Jean-Noël Passieux / Musée des Arts et Métiers, Paris

L'aéronautique est un secteur historiquement très bio-inspiré, pour des raisons faciles à comprendre, l'homme rêvant depuis toujours de voler comme un oiseau. « L'Avion III » (1897) de Clément Ader est par exemple très directement inspiré de l'aile de chauve-souris.

La bio-inspiration reste une approche en très fort développement dans ce secteur, pour améliorer les formes, les surfaces, ou encore les structures matériau des appareils.



LE "MORPHING ÉLECTRO-ACTIF" POUR AMÉLIORER LES AILES DU FUTUR

Les avions ne vont pas battre des ailes, mais celles-ci pourraient être un peu moins rigides et vibrer, c'est le défi que s'est lancé une équipe de chercheurs toulousains du laboratoire LAPLACE et de l'IMFT en collaboration avec Airbus et le CNRS. Pour cela ils font appel notamment à la technologie du « morphing électro actif » et aux matériaux piézoélectriques. Des tests grandeur nature sur des prototypes ont eu lieu dans la soufflerie de l'IMFT.

Les ailes sont pour cela composées de plusieurs types de matériaux distincts : un alliage à mémoire de forme qui recouvre la structure, dont on peut modifier la position et le comportement en faisant varier sa température pour assurer de lentes déformations de l'aile ; et un assemblage de fibres piézoélectriques pour faire vibrer les bords de fuite (les bords arrière de l'aile) et casser l'écoulement d'air et donc les turbulences responsables des nuisances sonores au décollage et à l'atterrissage. Ces matériaux électro-actifs peuvent aussi stocker momentanément une partie de l'énergie vibratoire environnante générée pendant le vol afin de la restituer en énergie pour alimenter une partie du fonctionnement du morphing.

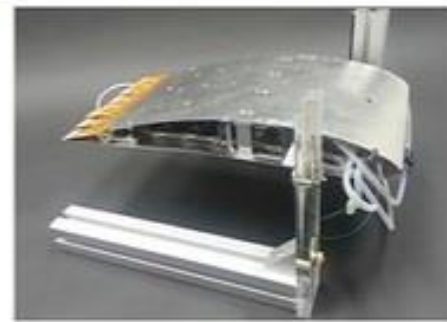
Cette technologie permet de diminuer la traînée et la consommation de carburant, augmentant l'efficacité de l'avion.

Pourquoi est-ce bio-inspiré ?

L'aile biomimétique a des « plumes » capables de bouger - les matériaux piézoélectriques - pour réduire les turbulences, ainsi qu'une sorte de muscle global - l'alliage à mémoire de forme - qui permet, tout comme l'oiseau, de cambrer l'aile. Une sorte de « sens cognitif » a été mis en place également pour traiter l'information pendant le vol et adapter le comportement de l'aile.

Le saviez-vous ?

Les oiseaux sont plus sensibles aux turbulences que les avions. La morphologie de leurs ailes doit donc être capable de s'adapter pour leur garantir de bonnes performances aérodynamiques.



Des travaux de recherche
menés en collaboration :
AIRBUS, CNRS, Laplace, IMFT



L'ÉOLIENNE SILENCIEUSE COMME UNE CHOUETTE

Les éoliennes font trop de bruit. Pour résoudre ce problème, des chercheurs de l'Université de Cambridge se sont intéressés aux plumes des chouettes pour réduire les nuisances sonores des éoliennes.

Les chouettes sont en effet capables de voler à la fois silencieusement et rapidement. Cette prouesse est due au revêtement des plumes de ces oiseaux chasseurs, analysé à l'échelle microscopique par les chercheurs. Plus précisément, les ailes des chouettes sont équipées d'une sorte de peigne sur le bord de fuite de l'aile (à l'arrière sur le vexille externe des rémiges de la chouette) et recouvertes d'un duvet soyeux. En conséquence, le bruit causé par le passage de l'air dans les plumes de la chouette est morcelé et adouci à la sortie de l'aile.

Les scientifiques avaient initialement imaginé une surface d'aile imitant cet aspect duveteux, mais le traitement restait un peu fragile. Les ingénieurs se sont concentrés sur le bord de fuite et ont développé une sorte de peigne aérodynamique qui permet de réduire le bruit de frottement avec l'air sans impacter les performances de la machine. Enercon et Siemens appliquent désormais cette technique pour optimiser l'aérodynamisme des pales de rotor et réduire le bruit.

Pourquoi est-ce bio-inspiré ?

Le bruit causé par une aile est en grande partie causé par l'écoulement de l'air sur sa partie arrière (bord de fuite). Pour réduire ces turbulences et rendre son vol furtif, les ailes de la chouette sont recouvertes d'un revêtement duveteux et pelucheux, ce qui « casse » les tourbillons à la sortie, réduit les frottements, et « éparpille » le bruit.

Le saviez-vous ?

La chouette capture ses proies en vol. Les propriétés silencieuses de ses ailes lui permettent de voler en silence et rendent ainsi l'arrivée du prédateur presque indétectable par les petits rongeurs sur lesquels elle fond ...



Un système appliqué chez Siemens (ci-dessus) et Enercon

UNE COCCINELLE-ORIGAMI



Les coccinelles ont des ailes presque deux fois plus longues que la longueur de leur corps. Elles arrivent pourtant à les replier sous leur petite carapace, constituée de deux élytres (ailes antérieures), et à les ressortir en une demi-seconde. Une fois déployée, l'aile étant parfaitement rigide.

Des chercheurs de l'université de Tokyo, dirigés par le professeur Kazuya Saito, ont réussi à percer le secret de ce mécanisme. En effectuant des mouvements de va-et-vient avec leur abdomen, les coccinelles arrivent à replier leurs ailes, utilisant la courbure de leurs élytres pour replier l'ensemble, à l'instar d'un mètre déroulant qui se replierait tel un origami.

En étant compressée sous l'élytre, l'aile conserve de l'énergie élastique, énergie utilisée comme un ressort pour son propre déploiement lorsque la coccinelle souhaite s'envoler.

Imiter la structure parfaitement optimisée de l'aile chez cet animal pourrait servir dans le futur à la confection de nouveaux parapluies moins encombrants, d'antennes satellites, de panneaux solaires qui se déploient, de toiles de tentes plus compactes ou encore de matériels médicaux.

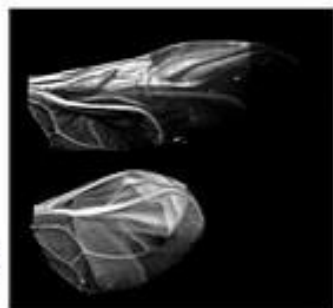
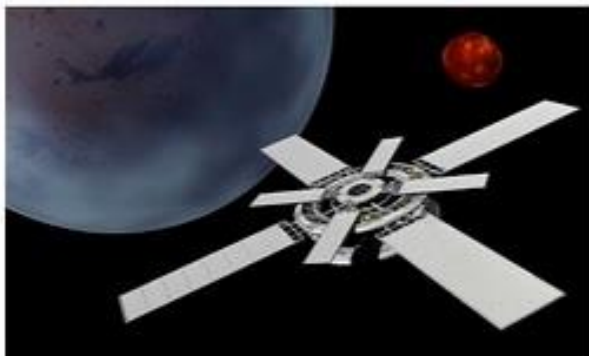


Image 3D de l'aile de la coccinelle, dépliée puis repliée.

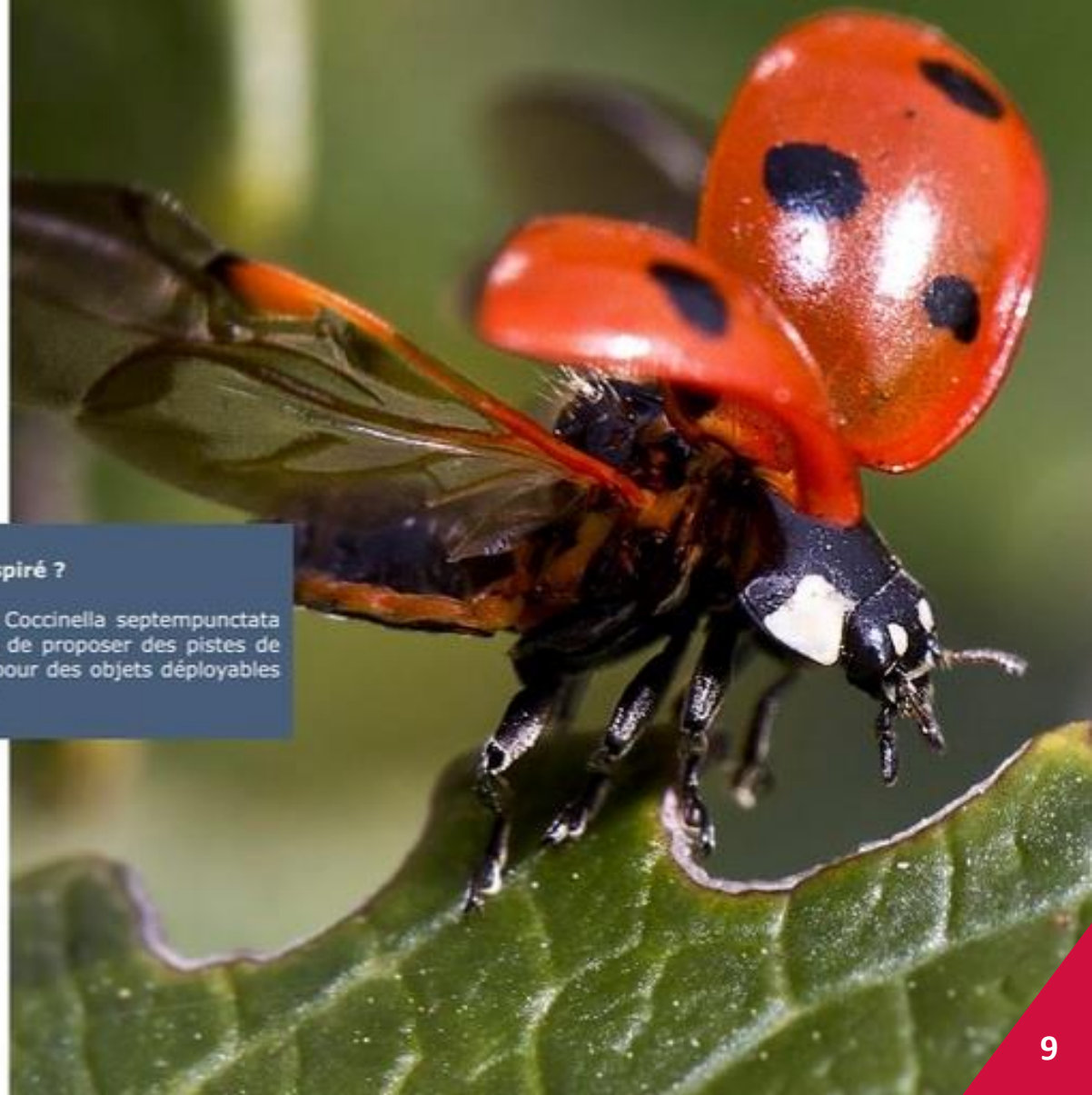
Pourquoi est-ce bio-inspiré ?

L'étude de la coccinelle *Coccinella septempunctata* a permis aux chercheurs de proposer des pistes de réflexion biomimétiques pour des objets déployables et rétractables.

Des travaux de recherche menés à l'Université de Tokyo

Le saviez-vous ?

Pour déployer leurs ailes, les coccinelles possèdent des veines élastiques qui se tendent lorsqu'elles soulèvent leurs élytres.



UNE ROUE PLUS TOUT À FAIT RONDE ...



Les ingénieurs Zipp avaient l'idée de concevoir une roue qui ne soit pas tout à fait ronde ... du moins au niveau de son diamètre intérieur, là où les rayons sont fixés. Ils pensaient que des bosses en carbone pourraient améliorer la stabilité et l'efficacité aérodynamique.

Après une série d'essais infructueux pour intégrer des formes ondulées sur les roues de vélo, David Morse, ingénieur du développement Zipp, commença à découvrir les mots « tubercules » et « biomimétisme » et à les étudier dans le cadre de l'ingénierie. Pendant ses recherches sur les formes ondulées et la dynamique des fluides, David Morse est tombé sur des travaux académiques relatant l'effet des tubercules sur les nageoires des baleines à bosse. L'introduction d'un article dans le journal Integrative and Comparative Biology indiquait : « *Les baleines à bosse sont dotées de nageoires extrêmement mobiles ressemblant à des ailes pour s'incliner latéralement et pour tourner. Les grands tubercules arrondis présents sur l'arête des nageoires sont des structures morphologiques uniques dans la nature* »

Après 4 ans de développement, 252 heures en soufflerie et 35 prototypes de jante, les ingénieurs Zipp ont découvert la forme qui deviendrait connue sous le nom de technologie Sawtooth™ de la roue 454 NSW. Ainsi est née une paire de roues avec une efficacité aérodynamique et une stabilité face aux vents latéraux nettement supérieures aux roues de forme classique, la roue la plus innovante et la plus efficace qu'ai jamais conçu Zipp en 28 années d'existence.



La nouvelle roue 454 NSW carbone à pneu, avec son profil de jante Sawtooth™ dotée de bosses Hyperfoil™ et d'empreintes Hexfin™.



Une innovation et une réalisation

Pourquoi est-ce bio-inspiré ?

Les ingénieurs ont cherché à créer des « vaguelettes » sur le bord intérieur de la jante, à la façon des tubercules des nageoires des baleines à bosse. Le gain en performance est significatif, surtout sur l'écoulement de l'air latéral en position de virages serrés.

Le saviez-vous ?

La baleine à bosse, également appelée mégaptère (en moyenne 25 tonnes pour 12 à 14 mètres) dispose de nageoires pectorales très longues, pouvant atteindre un tiers de la longueur du corps, qui l'aident à se déplacer avec une grande agilité (elle peut parcourir 25 000 kms par an)





UN PNEU PLUS PERFORMANT SOUS LA PLUIE GRÂCE AU REQUIN

La peau de requin possède une structure étonnante qui intéresse de nombreux chercheurs et entreprises.

Le fabricant Uniroyal, faisant parti du groupe Continental, s'est inspiré de l'extraordinaire fluidité de l'animal dans l'eau pour créer un nouveau genre de pneus dans le domaine de l'automobile. L'objectif du groupe était de trouver de nouvelles pistes d'innovation pour améliorer encore et toujours l'adhérence sur sols mouillés.

A partir des analyses réalisées sur l'interaction entre l'eau et la peau des requins, le fabricant a réalisé un dessin spécifique des rainures des bandes de roulement du pneu. Cette solution bio-inspirée permet d'obtenir une évacuation optimale de l'eau et une meilleure résistance à l'aquaplaning.

Cette trouvaille a été récompensée du prestigieux prix Red Dot Design Award et ces pneus Uniroyal sont aujourd'hui commercialisés.

Pourquoi est-ce bio-inspiré ?

La peau de requin est connue pour réduire nettement la résistance à l'écoulement de l'eau grâce à ses écailles placoides. Et la disposition de ces écailles permet aussi de réduire la traînée lors de la nage du poisson. Le fabricant Uniroyal s'en est inspiré pour inventer la « Shark Skin Technology » (SST) et dessiner les rainures de son pneu RainSport3.

Le saviez-vous ?

La peau des femelles est plus épaisse que celle des mâles afin de résister à leurs morsures pendant la parade nuptiale.



Les rainures du pneu RainSport3 inspirées de la structure de la peau du requin permettent de réduire de 8% la distance de freinage par temps de pluie.

Une innovation et une réalisation de l'entreprise Uniroyal



UN SYSTÈME AUDITIF HYPERSENSIBLE COMME L'OREILLE D'UNE MOUCHE



Ormia ochracea est une petite mouche jaune nocturne. On dit que c'est l'animal doté de l'ouïe la plus fine, et c'est pour elle une question de survie. Cette mouche se nourrit principalement de crickets qu'elle réussit à localiser grâce à son exceptionnelle audition directionnelle aiguë. En effet, la mouche femelle est attirée par le cri d'un cricket mâle qui appelle à l'accouplement. En percevant ce cri, Ormia est capable de localiser l'insecte et de parvenir jusqu'à lui. Elle pond alors ses oeufs dans le corps du cricket pour que les larves puissent se nourrir et se développer. Elles finiront par tuer leur « père porteur » au bout de 7 à 10 jours.

Du fait de son incroyable perception acoustique, la mouche jaune est un organisme modèle pour les chercheurs dans les expérimentations de localisation du son. Son extraordinaire don vient de la structure complexe de ses oreilles et d'une forme de double tympan qui optimise la transmission du son d'une oreille à l'autre. Cela permet à la mouche de localiser ses proies avec une précision remarquable.

En répliquant l'organe auditif de la mouche, une équipe de chercheurs a développé un petit (2mm) appareil auditif sensible à la pression et à faible consommation d'énergie. Au delà d'améliorer les prothèses auditives pour les personnes malentendantes, cette nouvelle technologie pourrait avoir des applications dans les domaines militaires et de la défense. Ce projet est soutenu par plusieurs organismes gouvernementaux (notamment l'Agence des projets de recherche avancée de défense américaine - la Darpa), ainsi qu'une entreprise spécialisée dans le domaine des appareils auditifs : Silicon Audio. Ce phénomène est également étudié par Andrew Mason, professeur de biologie à l'Université de Toronto.

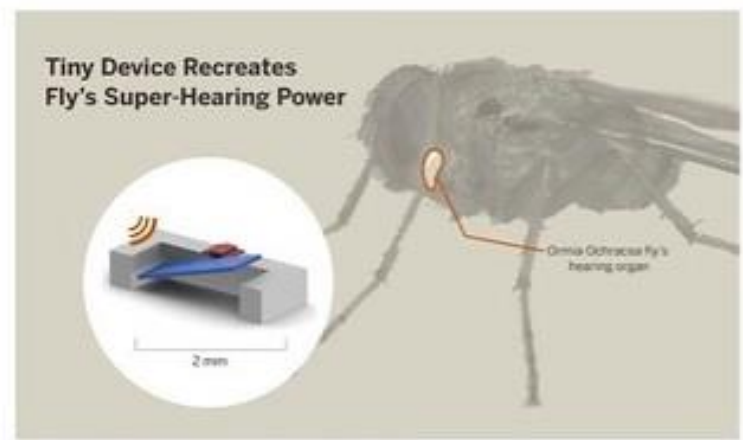


Illustration de l'ingénierie de l'appareil auditif

Pourquoi est-ce bio-inspiré ?

Les scientifiques de l'Université du Texas à Austin ont souhaité reproduire le mécanisme auditif de la mouche, et ont développé un appareil avec une petite plaque flexible en silicium pivotante sur un support central. Des matériaux piézoélectriques y sont intégrés pour mesurer simultanément la flexion et la rotation de la plaque, permettant de reproduire l'audition de la mouche.

Le saviez-vous ?

La majorité des mouches n'ont pas d'oreilles, car elles n'ont pas besoin de l'audition pour se repérer dans l'espace. Ormia ochracea est donc une exception.



Le Bombyx du Mûrier est un lépidoptère. Il tient son nom de son alimentation, à base de feuilles de mûrier, au début de sa vie lorsqu'il n'était encore qu'à l'état de chenille.



UN BOMBYX CONTRE LES BOMBES

Le Bombyx du Mûrier, aussi appelé papillon du ver à soie, est un insecte nocturne capable de réagir à des molécules de phéromones à de très faibles concentrations, grâce à ses antennes, composées de brins ayant une longueur proche du millimètre. Les petits poils présents sur les antennes sont composés d'un grand nombre de « sensilles », qui sont de minuscules filaments directement reliés aux neurones sensoriels.

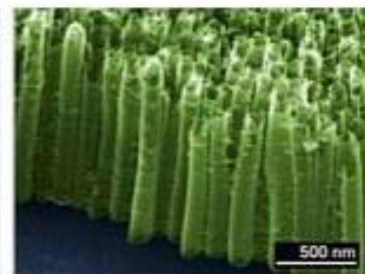
La détection d'explosifs est un enjeu majeur pour le monde. Actuellement, les sondes utilisées sont capables de détecter des concentrations de l'ordre d'une molécule (très volatile) de Trinitrotoluène (TNT) parmi un milliard de molécules d'air. Et pourtant ces dispositifs ne sont pas assez puissants pour faire face aux problèmes de sécurité.

Les chercheurs ont réussi à mettre au point un micro-levier en silicium de 200 microns de long pour 30 microns de large sur lequel sont greffés verticalement 500 000 nanotubes composés de dioxyde de titane. Ce mécanisme est capable de détecter des concentrations de TNT de l'ordre de 800 molécules d'explosif parmi un million de milliard de molécules d'air.

Ce dispositif réalisé est très prometteur pour l'avenir, mais il demande à être encore amélioré pour obtenir un appareil d'utilisation plus simple. Grâce à la réalisation de cet appareil innovant, les chercheurs pensent que l'on pourrait développer le même principe pour la détection de drogues, d'agents toxiques et même de quantités infimes de polluants. La direction générale de l'armement co-finance les recherches de ce projet.

Pourquoi est-ce bio-inspiré ?

La structure des antennes de ce papillon de nuit a suscité l'intérêt des chercheurs de l'équipe de Denis Spitzer à l'Institut Franco-Allemand de Recherches de Saint-Louis, ainsi que ceux du CNRS. Grâce au développement de ce dispositif, les chercheurs améliorent d'un facteur mille le seuil de détection atteint jusqu'à présent.





Le saviez-vous ?

Pour se protéger, le grillon des bois ne construit pas de terrier comme ses congénères, mais il se cache dans des feuilles mortes ou dans la végétation basse.

LES CERQUES DU GRILLON, DES MICRO-CAPTEURS ULTRAPERFORMANTS

Le grillon des bois est un insecte vivant dans les clairières ensoleillées, où l'on peut trouver un ornement de feuilles sèches sur le sol, ce dont il raffole pour se nourrir.

Cet arthropode a la capacité de détecter toute attaque de prédateur et de réagir à une vitesse fulgurante. Il est en effet capable de percevoir le moindre flux d'air provoqué par l'attaquant grâce à ces deux organes arrières appelés des cerques. Ces organes possèdent de nombreux poils qui perçoivent les infimes vibrations de l'air, sont extrêmement réactifs et ne nécessitent que très peu d'énergie.

Ce poil présent sur le cerque des grillons est donc un poil sensoriel. Il fonctionne comme un tube rigide qui sous l'effet du flux d'air ne se plie pas mais bouge à sa base où se trouve un neurone. Dès lors, un influx neuronal se produit et va transmettre l'information non pas au « cerveau central » mais à un petit cerveau à l'arrière de l'animal qui contrôle le mouvement des pattes arrière. A la façon d'une boucle locale, le trajet à couvrir étant plus court, la réaction est d'autant plus rapide, c'est le secret !

Jérôme Casas, à l'aide d'un groupe d'ingénieurs, a réussi à créer un micro-capteur fait d'un seul poil électronique. Afin d'obtenir un micro-capteur ultra-performant, il a connecté différents poils électroniques ensemble et a ainsi obtenu une caméra biomimétique de flux, avec une série de poils mesurant l'image du flux.

Pourquoi est-ce bio-inspiré ?

Jérôme Casas, Professeur d'Ecologie à l'Université de Tours s'est intéressé aux poils présents sur les cerques des grillons des bois, afin de mieux comprendre le phénomène qui s'y produit. La compréhension de l'extrême sensibilité des poils du grillon est une importante source d'inspiration pour la biomécanique et l'électronique afin de créer des micro capteurs ultraperformants.

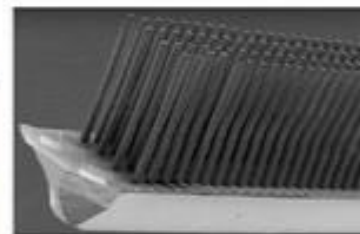


Illustration de l'invention

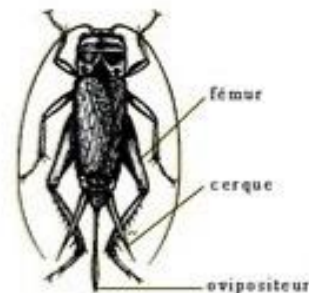


Illustration de l'influx neuronal

Travaux de recherche menés à l'Université de Tours.



AU ROYAUME DES COULEURS...

La crevette-mante ou « squille multicolore » (*Odontodactylus scyllarus*) est un animal à la force herculéenne, que l'on retrouve dans l'Océan Indien et dans la partie occidentale de l'Océan Pacifique. Étudiée pour la confection de matériaux ultra-résistants, cette crevette-mante fait également l'objet de l'intérêt des chercheurs pour ses yeux étonnants.

Ces derniers sont en effet composés d'ommatidies, elles-mêmes constituées de cellules photoréceptrices possédant de fins prolongements cellulaires, des microvillosités, qui peuvent filtrer la lumière polarisée. Cette lumière est une lumière qui vibre dans une seule direction. La filtrer permet de mieux détecter les contrastes (pensez aux filtres sur les appareils photos ou les lunettes de soleil), mais également... les cancers ! Ces derniers réfléchissent en effet la lumière polarisée différemment par rapport aux tissus sains.

Cette propriété a inspiré Justin Marshall et ses collègues de l'Université du Queensland en Australie pour la fabrication d'une caméra détectant les tumeurs, chose que notre système visuel est normalement incapable de faire. Ici, la caméra convertit des images invisibles pour nous en couleurs que nous pouvons percevoir.

Pourquoi est-ce bio-Inspiré ?

Les chercheurs ont imité les microvillosités contenues dans les yeux des crevettes grâce à des nanofils d'aluminium qu'ils ont ensuite placés sur des photodiodes convertissant la lumière en courant électrique, leur permettant de filtrer la lumière polarisée.

Le saviez-vous ?

La squille peut asséner des coups d'une force atteignant des milliers de fois son propre poids (jusqu'à 1500 Newtons), pour briser les coquilles des délicieux bivalves dont elle se nourrit... mais aussi les vitres des aquariums ! Attention aux doigts...

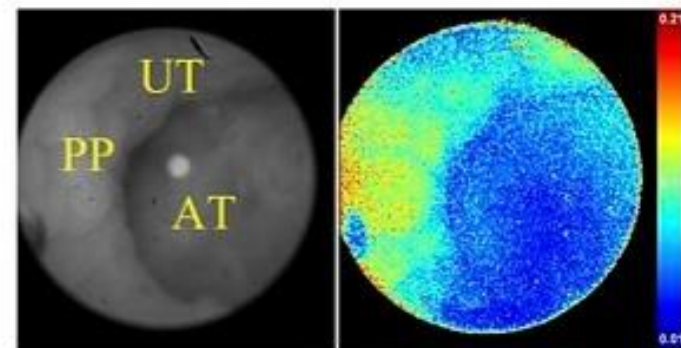


Image polarisée d'une tumeur chez une souris.
La partie bleue représente la tumeur tandis que la partie jaune représente les tissus sains.

UNE VISION BIO-INSPIRÉE DE LA RÉTINE POUR PERMETTRE AUX MACHINES DE VOIR

Prophesee (anciennement Chronocam) a développé un capteur d'image imitant la rétine humaine, dont les applications sont multiples, allant des prothèses rétiniennes aux systèmes d'aide à la conduite automobile. Cette technologie d'imagerie dite « neuromorphique », permet l'acquisition d'une information plus dynamique, sensible au changement, à partir de capteurs que l'on qualifie d'asynchrones.

"Notre capteur fonctionne comme une rétine artificielle, avec des pixels autonomes qui réagissent à la milliseconde indépendamment les uns des autres", explique Luca Verre, le PDG et fondateur. "Il capte et transmet uniquement les changements d'événements et non toute la scène, comme le font les capteurs d'image traditionnels."

Le procédé permet de réduire significativement la quantité de données générées en cas d'événements redondants, le débit nécessaire à la transmission du contenu et la consommation d'énergie.



Pourquoi est-ce bio-inspiré ?

À l'origine de notre vision, les cellules photoréceptrices de la rétine convertissent la lumière en influx nerveux. Chacune de ces cellules capte l'information individuellement. L'idée est de s'inspirer de ce système pour minimiser les données et mieux détecter les changements, au lieu de générer plusieurs images indépendantes dans leur intégralité.

Une innovation et une
réalisation de l'entreprise
PROPHESSEE



Le saviez-vous ?

La rétine est constituée de centaines de millions de cellules nerveuses photoréceptrices. Elle contient un pigment photosensible qui réagit à la lumière par une modification chimique transformant l'énergie lumineuse en énergie électrique.

UN PAPILLON BLEU CONTRE LE BLANCHIMENT

Une nano-technologie a été développée par des chercheurs de l'Université Simon Fraser au Canada et acquise par l'entreprise Nanotech Technologies sous le nom KolourOptik® pour renforcer la sécurité des billets de banque.

En imitant la structure composée de nano-trous à la surface des ailes des papillons du genre Morpho, cette technologie permet d'obtenir une image-signature unique, authentifiable, sans pigment de couleur ou colorant, donc sans produit chimique de synthèse.

Cette innovation, écologique et économique, permet de lutter contre l'industrie illégale des faux billets et plus généralement la contrefaçon.

En effet, l'image-signature peut être également appliquée à d'autres supports : cartes de crédit, tickets de concert, passeports, boîtes de médicaments, composants électroniques, pièces aéronautiques...

En France, Serge Berthier, de l'Institut des Nanosciences de Paris, est un grand spécialiste du biomimétisme, et du Morpho en particulier dont il étudie une large série de caractéristiques applicables dans de nombreux domaines.



Pourquoi est-ce bio-inspiré ?

La couleur de l'aile du morpho ne résulte pas d'une pigmentation mais varie selon l'angle d'observation, l'angle d'incidence de la lumière et la longueur d'onde (on parle de coloration structurale ou « iridescence »). Les écailles microscopiques à la surface de l'aile, en réfléchissant la lumière incidente à travers plusieurs couches, créent ce phénomène optique d'interférence lumineuse. C'est cette propriété qui est ici imitée.

Une innovation et une
réalisation de l'entreprise
NanoTech Securities Corp.



Le saviez-vous ?

Le dessus des ailes du papillon Morpho, d'un bleu métallique iridescent, est doté de multiples propriétés d'intérêt. Le dessous est doté d'ocelles qui imitent les yeux de certains oiseaux, lui permettant de dissuader ses prédateurs.



Le saviez-vous ?

Les anguilles ont des vertèbres plus uniformes que les autres vertébrés aquatiques. Cette caractéristique leur confère une grande souplesse et une grande rapidité.

Pourquoi est-ce bio-inspiré ?

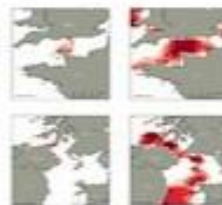
La membrane reproduit le mouvement ondulatoire de certains vertébrés aquatiques, notamment l'anguille. Ces espèces propagent une onde le long de leur corps pour se mouvoir, et l'anguille en est l'exemple le plus efficace.

L'HYDROLIENNE QUI ONDULE

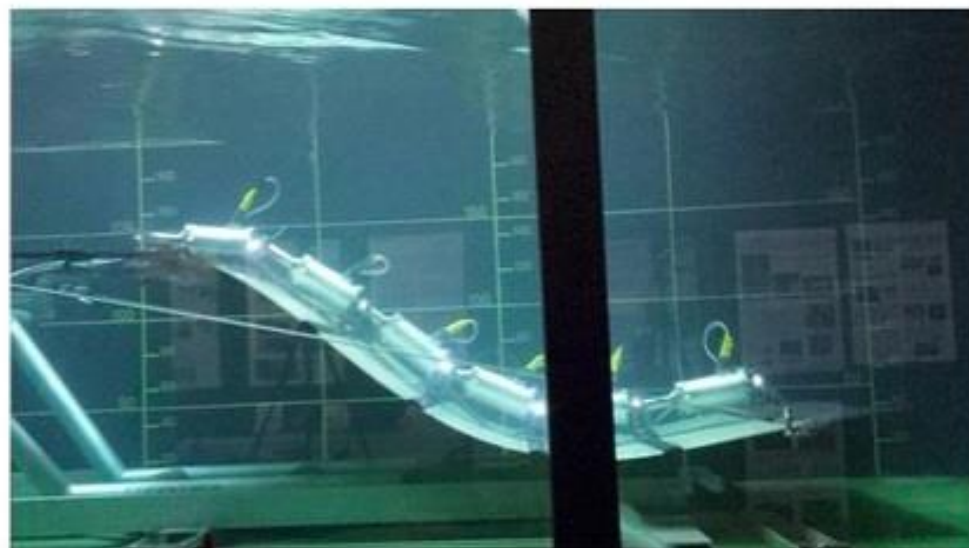
Parce que les systèmes à hélice sont inexistants dans les milieux naturels marins, les mouvements des vertébrés aquatiques sont basés sur des ondulations. Eel Energy s'est inspiré de cette ondulation pour produire de l'énergie au grès des courants en convertissant l'énergie hydrocinétique en énergie mécanique puis électrique.

La membrane Eel Energy optimise le transfert d'énergie par couplage fluide/structure. Cela induit une ondulation de la membrane sous la pression du fluide en mouvement.

Ces déformations périodiques de la structure sont transformées en électricité via un système électromécanique. Une boucle de pilotage permet d'optimiser la captation d'énergie en fonction du courant incident.



À gauche, quelques zones couvertes par des hydroliennes classiques.
À droite, zones potentiellement recouvrables avec Eel Energy



Une innovation et une réalisation de l'entreprise EEL ENERGY

Cette hydrolienne produit de l'énergie à partir d'un courant d'une vitesse de seulement 1m/s, ce qui lui permet de couvrir 10 fois plus de zones que les hydroliennes existantes. Ici en test dans les bassins Ifremer de Boulogne-sur-Mer.

SE PRÉSERVER DU FROID COMME LES CASTORS



Les castors et les loutres de mer sont deux petits animaux semi-aquatiques, ayant comme point commun de savoir se protéger du froid des eaux dans lesquelles ils se déplacent, tout en gardant beaucoup de vélocité et d'agilité. Pour cela, ils ne possèdent pas d'épaisse couche de graisse comme les baleines, mais se servent de leur fourrure très dense pour capturer des bulles d'air chaud extérieur qui les isolent du froid une fois plongés dans l'eau.

Pour mieux comprendre ce mécanisme d'isolation, les chercheurs ont créé des surfaces « poilues » de différentes dimensions. Pour cela, ils ont réalisé des moules avec des milliers de trous dans des blocs d'acrylique, qu'ils ont rempli de caoutchouc, et ont testé différentes tailles et différents emplacements des poils. Grâce à des techniques d'imagerie vidéo, ils ont mesuré la quantité d'air capturée par les différents prototypes plongés dans l'eau.

La principale conclusion des chercheurs a mis en évidence que l'espacement entre les poils et la vitesse à laquelle on plonge le prototype dans le liquide jouent un rôle déterminant dans la quantité d'air chaud capturé et donc sur le niveau d'isolation.

A partir de toutes ces observations, les chercheurs ont réalisé un modèle mathématique simple permettant de concevoir un matériau bio-inspiré pour créer ce nouveau genre de combinaisons.



Exemple de prototype créé par les chercheurs

Pourquoi est-ce bio-inspiré ?

Une équipe de chercheurs du Massachusetts Institute of Technology s'est inspirée de la méthode d'isolation du castor, dans le but de développer des combinaisons réunissant deux caractéristiques importantes : l'isolation du froid et l'agilité.

Le saviez-vous ?

Le Castor est le plus grand rongeur européen. Ses orteils sont palmés pour permettre une nage aisée et ses narines et conduits auditifs sont obturés pendant la plongée. Infatigable, il peut passer la moitié de sa vie à construire des barrages !





Le saviez-vous ?

L'ours en hibernation voit sa fréquence cardiaque passer de 60 à 6 pulsations/minute.

POUR RESTER MUSCLÉ COMME UN OURS

L'ours brun hiberne dans sa tanière durant cinq à sept mois. Pendant cette période, le plantigrade est dans un état inactif : il dort, ne mange pas, ne boit pas, n'urine pas, ne défèque pas ... Et pourtant, lorsqu'il sort de son hibernation, l'ours semble être en pleine forme. Il perd peu de masse musculaire durant son long sommeil, environ 20% durant le premier mois avant de se stabiliser pour les mois suivants, ce qui semble très surprenant car les myosites (les cellulaires musculaires), devraient être en partie détruites pendant cette période. En comparaison, l'homme a tendance à perdre sa masse musculaire de façon linéaire et continue en cas d'inactivité.

Grâce à la grande banque de données de prélèvements sanguins, de tissus adipeux et de tissus musculaires constituée par les vétérinaires scandinaves sur les ours bruns, les chercheurs français ont pu analyser ces biopsies en détail, dans le but de comprendre comment l'ours développe un mécanisme anti-atrophique pour garder ses muscles.

Les scientifiques ont réalisé des comparatifs dans la composition sanguine de l'ours entre son état d'hibernation et son état actif, et ont remarqué que l'animal est capable de produire un sérum naturel pendant son état inactif pour lutter contre l'atrophie musculaire. Les chercheurs français ont donc travaillé avec la protéomique (chimie analytique), qui permet l'exploration en détail des contenus des protéines musculaires des ours. Cette technique permet l'identification, l'observation et la quantification de ces protéines.

Ces études sont toujours en cours, et sont d'un intérêt vital: l'atrophie musculaire fait partie des quatre premières causes de décès chez l'Homme, qui perd sa masse musculaire avec la sédentarité, certaines maladies telles que le cancer et le sida, en encore en cas d'hospitalisation sur de longues périodes. Le but principal de ces recherches est donc de trouver comment stopper l'atrophie musculaire humaine, et dans le domaine du possible, stimulation la pousse des muscles atrophies.

Pourquoi est-ce bio-inspiré ?

L'incroyable mécanisme d'auto-défense de l'ours lors de son hibernation intéresse les chercheurs de plusieurs pays, comme Fabrice Bertile de l'Institut Pluridisciplinaire Hubert Curien, responsable du projet « Bear2Man », qui a collaboré avec la Scandinavie pour explorer l'incroyable capacité de l'ours à ne pas perdre de masse musculaire lors de son état inactif, dans le but de lutter contre l'atrophie musculaire humaine.



AUTO-RÉGULER LA TEMPÉRATURE PAR UN EFFET DE STRUCTURE

Le papillon dit « Morpho » est un lépidoptère qui tient son nom des espèces de papillons bleus iridescents du genre Morpho. Ces espèces vivent dans les forêts tropicales d'Amérique Centrale et d'Amérique du Sud. Ce genre de papillons a des propriétés optiques et calorimétriques très intéressantes, notamment pour le domaine de la photonique.

Serge Berthier, Professeur de Physique à l'Institut des Nanosciences de Paris, s'est intéressé au papillon Morpho pour la structure particulière de ses ailes et leur caractère multi-fonctionnel. Dans son ouvrage « Photonique des Morphos » le chercheur nous apprend que la structure des écailles de ces papillons est à la fois désordonnée et multi-échelles (l'aile complète (cm); les écailles (100 μm^*), les stries (1 μm), les lamelles (100 nm*). C'est ce qui autorise une bonne performance simultanée sur plusieurs fonctions.

Les écailles des Morphos en effet génèrent de la couleur, mais elles sont également auto-nettoyantes, hydrophobes, et capables d'auto-régulation thermique : lorsqu'il a besoin de se refroidir dans les températures supérieures à 40°C, les ailes émettent des rayonnements dans l'infrarouge ; lorsqu'il revient dans des températures qu'il supporte mieux, ses ailes redeviennent absorbantes et la température de son corps remonte.

Appliquer cette mécanique à des panneaux photovoltaïques par exemple permettrait d'empêcher qu'ils ne chauffent trop en les faisant rayonner à certaines températures, avant de les rendre absorbants à d'autres. Une auto-régulation thermique structurale sans énergie !

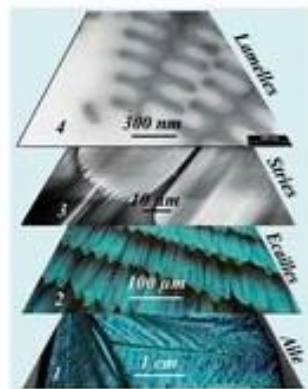


Illustration issue du Livre de Serge Berthier sur la Photonique et le Morpho



Pourquoi est-ce bio-inspiré ?

Le Professeur de Physique pense que nous allons devoir davantage absorber l'énergie solaire, et réussir à relever le défi des panneaux solaires photovoltaïques ou photothermiques qui résistent mal à de très fortes chaleurs. C'est notamment pour cela qu'il s'intéresse à la photonique bio-inspirée pour développer des stratégies d'auto-stabilisation de la température appliquées aux matériaux.

Le saviez-vous ?

Le Morpho utilise aussi sa couleur pour séduire les femelles, qui apprécient les couleurs flamboyantes et iridescentes, indices de bonne santé. Le Morpho signale sa présence en produisant des éclats scintillants, qui lui permettent aussi de délimiter son territoire face aux autres mâles concurrents.



L'ÉCLAIRAGE BIOLUMINESCENT

La bioluminescence est une réaction biochimique entre une protéine, la luciférine, et une enzyme, la luciférase. Un mystère percé par le physicien français Raphaël Dubois qui a montré que l'association luciférine/luciférase permettait de catalyser l'oxydation de la luciférine en présence d'oxygène, et l'émission de photons, donc de lumière, généralement dans les spectres du bleu et du vert.

Plus de trois quarts des espèces animales vivant dans les profondeurs obscures des océans ont la capacité de produire de la lumière (Séverine Martini et Steven Haddock, Institut de recherche de l'aquarium de Monterey Bay, Californie).

La bioluminescence est également beaucoup plus diverse qu'on ne le pense. Si les méduses et les lucioles sont les premiers exemples qui nous viennent en tête, c'est en réalité un phénomène que nous retrouvons à plusieurs échelles et dans différents milieux : des animaux et poissons aux micro-organismes et bactéries, et du milieu marin au milieu terrestre en passant par les champignons. Des chercheurs du MIT ont même réussi à rendre des plantes bioluminescentes !

La startup Glowee rêve d'éclairage public alternatif généré grâce aux propriétés naturelles de micro-organismes. Pour imiter cela, la startup utilise des bactéries auxquelles on insère un gène qui permet la production de l'enzyme luciférase qui catalyse la réaction de bioluminescence. Ces bactéries sont ensuite encapsulées dans une coque transparente, aux côtés d'une solution nutritive.

Le laboratoire Tangram Lab du cabinet d'architecture du même nom travaille lui en étroite collaboration avec l'Institut Méditerranéen d'Océanologie et a par exemple été récompensé en janvier 2018 pour son projet BiolumReef en recevant le prix coup de cœur du jury, catégorie innovation et architecture pour la mer, du concours international de la Fondation Jacques Rougerie.



Glowee



BiolumReef, Tangram Lab

Pourquoi est-ce bio-inspiré ?

En recréant les conditions de la réaction biochimique à l'origine de la bioluminescence il est possible de produire de la lumière sans électricité.

Le saviez-vous ?

La bioluminescence en milieu marin permet à ce calamar d'échapper à ses prédateurs en se confondant avec la lumière de la surface. Se camoufler, chasser, attirer, communiquer, la bioluminescence sert à beaucoup de choses, et finalement pas vraiment à s'éclairer !





RÉDUCTEUR D'ÉVAPORATION

Les lentilles d'eau s'écartent au passage d'une barque et reprennent leur position idéale, refermant le plan d'eau. « J'ai eu l'idée d'imiter cette faculté d'adaptation en mettant au point un système d'écran composé de flotteurs indépendants, qui se positionnent à la surface d'un réservoir en une couche continue ». Laurent Bedel, dirigeant fondateur d'Elbé Pétro.

Détenue à 100% par Elbé technologies, une société de R&D privée spécialisée dans le développement de matériaux innovants et/ou de produits les intégrant, Elbé Pétro fournit des solutions efficaces et économiques pour réduire l'évaporation des fluides pétroliers lors de leur stockage en cuve.

La gamme ERIS conçue et développée par Elbé Pétro a remporté le 1er prix de l'innovation GEP AFTP des industries pétrolières distinguant l'apport d'une PME-PMI aux performances de l'industrie française de l'énergie.

Le procédé peut également être appliqué dans l'industrie chimique et agro-alimentaire.

Pourquoi est-ce bio-inspiré ?

Au lieu d'un écran flottant monobloc et complexe en maintenance, ces flotteurs « collaboratifs et autorepositionnables » imitent la capacité des lentilles d'eau à proposer un couvercle souple et de haute densité, permettant de réduire quasiment à 100% l'évaporation, et donc la perte de matière première et la pollution atmosphérique.

Le saviez-vous ?

Lemna minor, la petite lentille d'eau (ici en vue subaquatique), forme des colonies si denses que sa prolifération en fait une gêne pour les plantes fixées sur le fond, qui ont besoin de lumière pour se développer.



Une innovation et une
réalisation de l'entreprise
ELBE PETRO

Le saviez-vous ?

La structure de la nacre est à 95% composée de carbonate de calcium CaCO_3 sous forme d'aragonite, et à 5% d'une fraction organique. Ici, l'ormeau, du genre *Haliotis*.



UN MATÉRIAU DIX FOIS PLUS TENACE QU'UNE CÉRAMIQUE CLASSIQUE

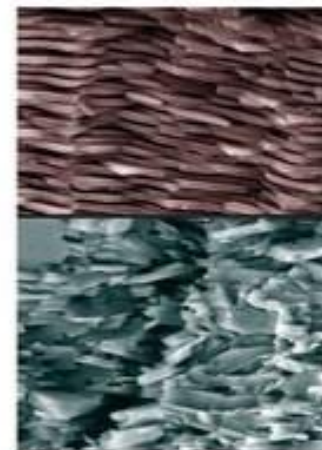
Une équipe de chercheurs, menée par le Laboratoire de synthèse et fonctionnalisation des céramiques (CNRS/Saint-Gobain), en collaboration avec le Laboratoire de géologie de Lyon : Terre, planètes et environnement (CNRS/ENS de Lyon/Université Claude Bernard Lyon 1) et le laboratoire Matériaux : ingénierie et science (CNRS/INSA Lyon/Université Claude Bernard Lyon 1) a présenté un nouveau matériau céramique inspiré de la nacre des coquilles d'ormeaux.

Ce matériau, près de dix fois plus tenace qu'une céramique classique, est issu d'un procédé de fabrication innovant qui passe par une étape de congélation. Cette méthode semble compatible avec une industrialisation à échelle plus importante, à priori sans surcoût notable par rapport à celles déjà employées.

Conservant ses propriétés à des températures d'au moins 600°C, cette nacre artificielle pourrait trouver une foule d'applications dans l'industrie et permettre d'alléger ou de réduire en taille des éléments céramiques des moteurs ou des dispositifs de génération d'énergie.

Pourquoi est-ce bio-inspiré ?

Les chercheurs ont reproduit la structure en lamelles de la nacre en assemblant des plaquettes d'alumine. Cette structure « oblige » les fissures à emprunter un chemin tortueux, rendant la rupture difficile, ce qui fait de ce matériau composite inspiré de la nacre un matériau extrêmement tenace.



© Sylvain Deville,
Florian Bouville, LSFC.

Structure de la nacre (en haut) et de la nacre synthétique (en bas), à la même échelle. La structure en empilement de briques est bien visible dans les deux cas. Sur le cliché du bas, le parcours tortueux effectué par la fissure est bien observable.

L'AVION POIDS PLUME



Pourquoi est-ce bio-inspiré ?

Le micro-lattice s'inspire de la structure en alvéole des os humains. Fait d'un assemblage de tubes creux 1000 fois plus fins qu'un cheveu, ce matériau est composé à 99,99% d'air, le rendant idéal pour le vol, tout en restant extrêmement solide.

Grâce au développement du micro-lattice, le matériau le plus léger au monde, le constructeur aéronautique pourrait alléger ses appareils et diminuer leurs consommations de carburant.

Le saviez-vous ?

Un corps humain adulte compte 206 os. Il existe deux sortes d'os : l'os compact et l'os spongieux. L'os compact est dense, il se trouve dans la partie externe des os longs, comme le fémur. Il entoure l'os spongieux qui contient la moelle osseuse.



«Nous avons réussi à créer le matériau le plus léger au monde», résume Sophia Yang, chercheuse au sein du laboratoire californien HRL qui travaille avec le géant américain. Les scientifiques se sont inspirés des os humains pour développer le micro-lattice. Vus de l'extérieur, les os sont rigides, «mais si vous regardez à l'intérieur, vous verrez des petites alvéoles creuses. C'est cela qui rend un os humain très solide mais aussi très léger», explique la scientifique.

LES VITRES AUTONETTOYANTES À EFFET LOTUS OU « EFFET FAKIR »



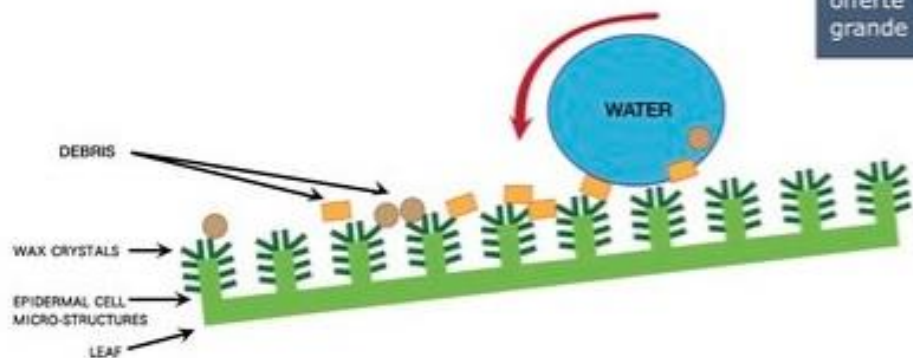
L'élaboration de ces surfaces s'inspire des feuilles de Lotus dont l'extrême hydrophobie fait rouler comme des billes toute goutte d'eau tombant sur leur surface. Grâce à cet « effet Lotus », la surface se nettoie d'elle-même car les gouttes emportent sur leur passage saletés et bactéries.

Cet effet permet d'envisager un grand nombre d'applications parmi lesquelles des vitrages, peintures et autres surfaces, qui deviennent ainsi autonettoyantes, toujours sèches et propres.



Pourquoi est-ce bio-Inspiré ?

Les surfaces autonettoyantes s'inspirent de la structure superhydrophobe de la feuille composée de rugosités de taille micrométrique et d'un tapis de cristaux de cire de taille nanométrique. La surface de contact limitée offerte par cette structure garantit à la goutte une grande mobilité.



Le saviez-vous ?

L'hydrophobie de la feuille de lotus lui permet de prévenir l'accumulation de matière indésirable, qui l'alourdirait et gênerait la photosynthèse. Cela empêche également l'installation de certains parasites.

LA PEAU DE REQUIN AU SERVICE DE L'AÉRODYNAMISME



La peau de requin, qui est un poisson très agile et rapide dans l'eau, présente un réel intérêt pour de nombreux chercheurs. En effet, elle est constituée de milliers de minuscules écailles qui permettent à ce vertébré de se mouvoir dans l'eau en régulant sa vitesse, en fonction des éléments qui l'entourent. Ces micro-rainures permettent au requin de maintenir l'eau près de son corps, comme une seconde peau, et de diminuer les résistances au fluide et donc d'améliorer son hydrodynamisme. C'est ce que l'on appelle « l'effet Riblet ».

La compagnie nationale allemande Lufthansa a décidé de s'inspirer de ces micro-rainures pour diminuer la résistance à l'air et améliorer l'aérodynamisme des avions.

Actuellement, des tests sont en cours sur deux avions de type A340. A l'aide d'une équipe de chercheurs, ils se sont rendus compte qu'en recouvrant un avion de 40% à 70% d'un vernis mimant les caractéristiques de la peau du requin, cela permettrait d'économiser 1% de kérosène par trajet.

A présent, les équipes savent que les performances de ce revêtement sont évidentes mais ils s'interrogent sur la durabilité du vernis. Ils doivent en effet vérifier la résistance des microsillons à l'abrasion et à l'érosion sous l'effet de la pression et du givre. Et pour solutionner ce problème, ils pourraient cette fois-ci se tourner vers l'effet Lotus, une autre innovation inspirée du vivant.



Tests du vernis sur la surface de l'aile

Pourquoi est-ce bio-inspiré ?

L'Institut de Fraunhofer en technologies industrielles et matériaux avancés de Brême s'est intéressé à reproduire la peau de requin. L'institut, en partenariat avec Airbus et le Centre Aérospatial Allemand (DLR), a donc mis au point un vernis à microsillons fixés par ultraviolet, dans le but d'améliorer l'aérodynamisme des avions, et donc de diminuer la consommation de kérosène.

Une innovation et des travaux de recherche menés entre Lufthansa, Airbus et le Centre allemand pour l'aéronautique (DLR)



Le saviez vous ?

Les propriétés de la peau de requin sont si extraordinaires en hydrodynamique qu'il est désormais interdit aux nageurs de concourir en compétition avec des combinaisons inspirées de cet effet Riblet.

DES FORÊTS COMME BOUCLERS ANTI-SISMIQUES

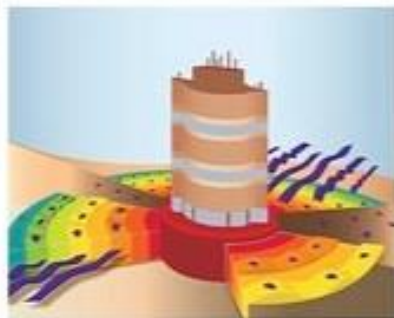
D'après les scientifiques, les séismes et tremblements de terre ne sont pas nécessairement plus nombreux du fait du dérèglement climatique, mais leur intensité probablement plus grande.

Depuis plusieurs années, des équipes de chercheurs imaginent des structures se comportant comme des métamatériaux pour servir de « boucliers » anti-sismiques pour protéger les villes. Physiciens et mathématiciens ont en effet montré il y a quelques années qu'il est en théorie possible de dévier les ondes sismiques produites par les tremblements de terre, et notamment les fameuses ondes sismiques en surface dites de Rayleigh bien connues des sismologues

Les métamatériaux sont des structures artificielles qui combinent les propriétés intrinsèques des matériaux qui les constituent et de celles que leur confère leur arrangement dans l'espace, produisant notamment des propriétés électromagnétiques remarquables.

Des expériences menées en France pour le projet ANR « META-FORET » piloté par Philippe Roux - ISTerre, Université Grenoble-Alpes, CNRS - confirment que les arbres peuvent se comporter comme des résonateurs réémettant des ondes de Rayleigh dans une certaine bande de fréquences en réponse à l'arrivée de celles d'un séisme.

Des forêts plantées selon une certaine organisation spatiale aux abords et autour des centres urbains pourraient alors jouer ce rôle de métamatériau naturel et reproduire à grande échelle les propriétés de déviation et dispersion observées à très petites échelles.



À gauche: Métamatériau_©Stefan ENOCH/CNRS Photothèque
En haut: dispositif sismique_©CNRS/INSTITUT FRESNEL



Le saviez-vous ?

Certes Central Park n'est pas une forêt, mais New-York ne pourrait s'en passer. Cet espace de 341 hectares entre la 59ème et la 110ème est considéré comme le poumon de la Big Apple. Le parc fut décidé en 1857 (achevé en 1873) suite à la volonté de la population qui souhaitait (déjà à l'époque) un espace vert dans la ville.



Pourquoi est-ce bio-inspiré ?

Les travaux menés par les équipes de recherche partent en première approche de l'étude de la façon dont des ondes sismiques « traversent » des massifs forestiers. Si la forêt présente des qualités de bouclier sismique, il s'agira alors de s'en inspirer pour reproduire son implantation spatiale à travers la reconstitution d'un métamatériau à grande échelle.

UN FIL ÉTIRABLE À L'INFINI ?

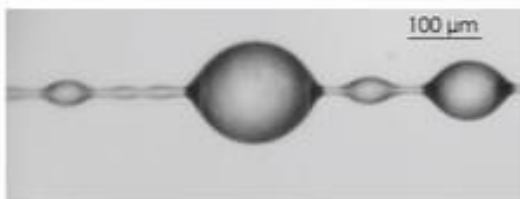


Selon Arnaud Antkowiak, chercheur à l'Institut Jean le Rond d'Alembert, une toile d'araignée formée de câbles d'un millimètre d'épaisseur permettrait d'arrêter un Boeing 747 en plein vol.

Cette immense ténacité du fil de soie d'araignée se traduit par une capacité à s'étirer jusqu'à 3 fois sa taille sans se briser. Mais la toile peut aussi se contracter sans s'affaisser grâce à la présence de gouttelettes liquides qui agissent comme des « bobines » autour desquelles le fil s'enroule. C'est cette caractéristique que les chercheurs de l'Institut ont découvert et appliqué.

En s'inspirant de la soie d'une araignée *Nephila edulis*, ces derniers ont en effet mis au point plusieurs composés hybrides imitant les propriétés de ce matériau naturel, à base par exemple de filaments de polyuréthane et de gouttelettes d'huile de silicone.

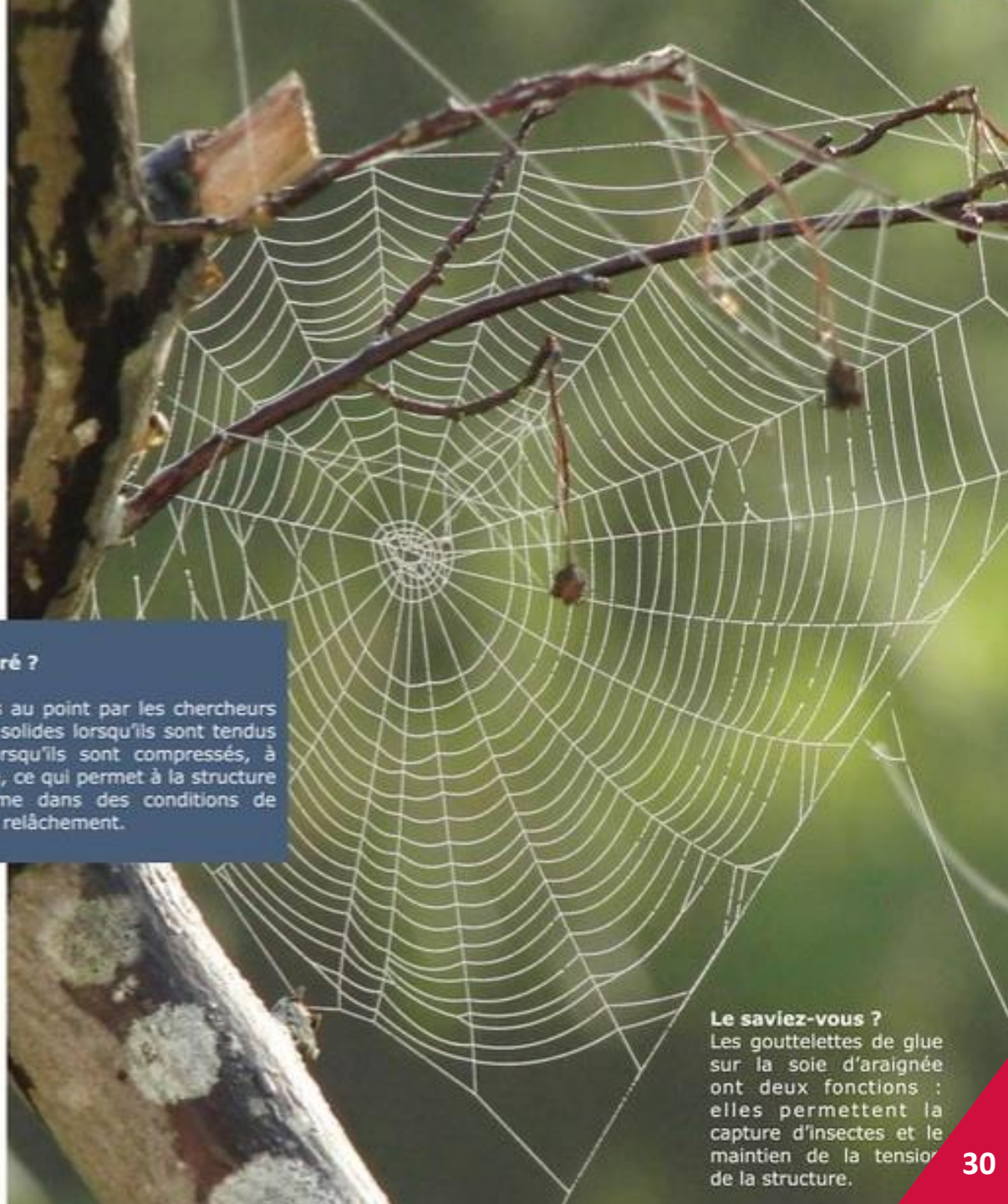
Ces matériaux adaptables - étirables et « rembobinables » presque à l'infini -, sans modification dommageable de la structure, pourraient avoir des applications dans la confection de fibres musculaires, de composants électroniques flexibles ou de robotique molle.



Pourquoi est-ce bio-inspiré ?

Les matériaux hybrides mis au point par les chercheurs se comportent comme des solides lorsqu'ils sont tendus et comme des liquides lorsqu'ils sont compressés, à l'instar de la soie d'araignée, ce qui permet à la structure globale de garder sa forme dans des conditions de tension ou, au contraire, de relâchement.

Des travaux de recherche menés au sein de l'équipe « fluides complexes et instabilités hydrodynamiques » - Institut Jean le Rond d'Alembert - UMPC - CNRS



Le saviez-vous ?

Les gouttelettes de glue sur la soie d'araignée ont deux fonctions : elles permettent la capture d'insectes et le maintien de la tension de la structure.

VOUS ALLEZ ADHÉRER ...



Les propriétés adhésives des pattes du Gecko passionnent les spécialistes du biomimétisme. Elles lui permettent d'adhérer à n'importe quelle surface et de se coller et décoller à volonté, jusqu'à plus de 10 fois par seconde, tout en pouvant supporter une charge d'environ 30 fois son poids.

Une équipe de chercheurs de l'université du Massachusetts, à Amherst, s'est penchée sur le sujet pour concevoir « Geckskin », un adhésif sec dont seulement 40cm² posés sur une surface verticale peuvent supporter près de 317 kilos.

Geckskin est essentiellement composé d'un polymère très commun, le polydiméthylsiloxane, puissant, réversible, durable et peu onéreux. Suspender une télévision ou du matériel médical et industriel sans laisser le moindre résidu sur la surface choisie devient possible avec un tel produit. Les concepteurs de Geckskin continuent encore d'améliorer leur découverte, qui a été supervisée par la DARPA, agence affiliée au Département de la Défense Américain.



Pourquoi est-ce bio-inspiré ?

Au-delà des « forces de Van Der Waals » habituellement étudiées, les chercheurs se sont aussi penchés sur toute la structure de la patte du gecko : tendons, os et peau, qui peuvent aider à l'adhésion. L'imitation de l'ensemble de la structure a permis la création de ce puissant adhésif.

Des travaux de recherche menés à l'université du Massachusetts - UMASS AMHERST



Le saviez-vous ?

Les pattes du Gecko adhèrent à n'importe quelle surface grâce à des interactions moléculaires très fines : les liaisons de Van-der-Waals, qui se produisent au niveau de structures micrométriques appelées setae, se ramifiant encore elles-mêmes en spatules (structures nanométriques). Le secret du Gecko réside dans cette forêt de poils microscopiques.

UNE « SUPERGLUE » COMPOSÉE À 90% D'EAU INSPIRÉE DES MOLLUSQUES



Les mollusques, tels que les moules et les bernacles sont connus pour leur incroyable capacité à s'accrocher sur les rochers, ou sur les coques des bateaux. Ce phénomène de liaison a fortement intrigué les scientifiques, et les a inspiré pour développer de nouveaux adhésifs.

Les moules sont solidement accrochées grâce à un ensemble de « filins d'amarrage » à la fois très résistants et élastiques : le byssus. Ce dernier est formé de 50 à 100 filaments très fins produits à partir d'un précurseur protéique sécrété par la moule. Cet ensemble garantit une grande capacité d'adhésion pour la moule sur toutes sortes de surface, et de surcroît sous l'eau et sous l'effet de la houle s'il vous plait !

Des ingénieurs du Massachusetts Institute of Technology (MIT) s'en sont inspirés pour réaliser un adhésif hydrogel composé à 90% d'eau. Du fait de sa grande quantité d'eau dans la formulation, c'est une colle qui peut être utilisée sous l'eau, et dans des environnements humides.

Grâce à ses propriétés étonnantes, l'hydrogel peut être utilisé dans divers domaines d'applications comme la robotique, la médecine mais aussi le milieu naval. En outre, selon la présence d'ions dans l'eau avec laquelle il a été fabriqué, il peut être un excellent conducteur dans le domaine de la robotique.



Byssus d'une moule



La « superglue » : Hydrogel

Pourquoi est-ce bio-inspiré ?

S'inspirant du byssus des moules, le nouvel adhésif naturel hydrogel est un mélange collant composé principalement d'eau et de matériaux gélatineux. Les ingénieurs du MIT ont développé un hydrogel synthétique collant, résistant et élastique, permettant une adhésion optimale sur de nombreuses surfaces, comme le verre, le silicium, la céramique, l'aluminium, le titane, et bien d'autres encore.

Le saviez-vous ?

La moule joue un rôle important dans l'écosystème, c'est un organisme qui permet la filtration et l'épuration de l'eau. Ce mollusque a en outre la capacité de fixer certains métaux au sein sa coquille.

LE SCRATCH, PREMIÈRE COLLE SÈCHE BIO-INSPIRÉE



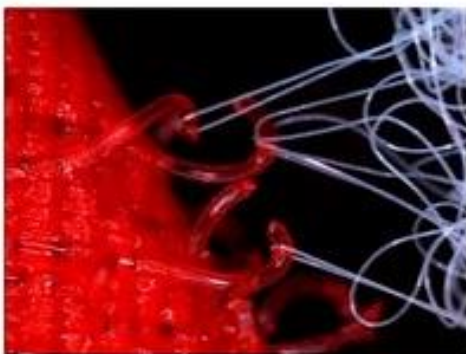
L'histoire du Velcro débute en 1941 lorsque George de Mestral (1907-1990) rentre de promenade avec son chien et remarque la présence de multiples fruits de bardanes agrippés sur son pelage. Cet homme ingénieur (diplômé EPFL) et inventeur suisse décide alors d'observer de plus près ces petites structures agrippantes. Il étudie ces bardanes à l'aide de son microscope pour découvrir ces minuscules hameçons qui agissent comme des crochets pour s'agripper facilement au pelage des animaux ou aux vêtements.

Ayant un important esprit de réflexion, de création, et de conception (premier brevet à 12 ans), il eut l'idée d'allier deux bandes de coton, l'une possédant des crochets, et l'autre formant des bouclettes, pour reproduire l'effet auto-agrippant des bardanes.



Pourquoi est-ce bio-inspiré ?

George de Mestral s'est très directement inspiré de la façon dont les fleurs de bardane s'accrochent à certaines surfaces à l'aide de minuscules structures en forme de crochets, pour créer un système de fixation auto-agrippante. Dans ce cas, la bio-inspiration a généré une invention répliquant très fidèlement le vivant.



Au bout de 10 ans de recherches et de mises au point avec l'Institut textile de France, il crée le « Velcro », « vel » pour velours et « cro » pour crochet. En 1952, il fonde la société Velcro SA et dépose la marque Velcro. Le « scratch » connaîtra dès lors un développement planétaire, et même spatial, utilisé par la Nasa et par chacun d'entre nous.

Les applications du Velcro sont pratiques et innombrables, mais c'est aussi un système d'adhésif que l'on peut qualifier de colle sèche, qui n'émet pas de Composés Organiques Volatils.

Une innovation et une réalisation de
l'entreprise VELCRO



Le saviez-vous ?

La bardane est une plante reconnue également pour ses propriétés anti-inflammatoires et anti-oxydantes. Elle possède en effet des propriétés adoucissantes et peut avoir un effet positif sur les démangeaisons.

L'HOMME PEUT VOLER COMME UN POLATOUCHE

Le polatouche est un petit écureuil volant qui peut planer grâce à ses membranes appelées « patagium » qui relient ses pattes avant à ses pattes arrière. Cette membrane permet à l'écureuil de réaliser des vols planés sur de longues distances, allant de 10 à 15 mètres en moyenne.

Ce petit animal plane lentement, et sans faire de bruit selon une trajectoire faiblement inclinée. Le polatouche s'élance du haut de son arbre, puis redresse sa trajectoire en effectuant un brusque crochet ascendant pour atterrir latéralement contre un tronc, la tête en l'air, en amortissant son atterrissage.

Si l'Homme s'est d'abord intéressé aux oiseaux pour essayer de voler comme eux, ce petit écureuil est devenu une nouvelle source d'inspiration pour développer des combinaisons permettant de reproduire ce vol plané. C'est alors qu'est né le « wingsuit », une pratique sportive consistant à planer dans les airs uniquement à l'aide d'une combinaison s'inspirant des polatouches. C'est seulement en 1999, que deux croates Robert Penick et Jari Kuosma se sont associés pour fabriquer une combinaison ailée entièrement sécurisée et accessible à tous les parachutistes souhaitant tenter l'expérience.



Les sportifs peuvent voler grâce à une augmentation de la portance et une réduction de la vitesse verticale transformée en vitesse horizontale. Après avoir déposé des brevets, la marque Phoenix Fly est née. L'activité commence à se développer avec la mise en place d'une formation pour la pratique du vol horizontal, comme l'écureuil volant.

Pourquoi est-ce bio-inspiré ?

Le polatouche a été la source d'inspiration des ingénieurs pour sa façon de faire du vol plané grâce sa membrane « patagium ». Peut-être moins doué pour les atterrissages, l'homme a ajouté un parachute, dont le petit écureuil n'est pas équipé.

Une innovation et une réalisation de
l'entreprise Phoenix Fly



Le saviez-vous ?

40 mètres, c'est le plus long vol plané observé de cet étonnant écureuil volant.

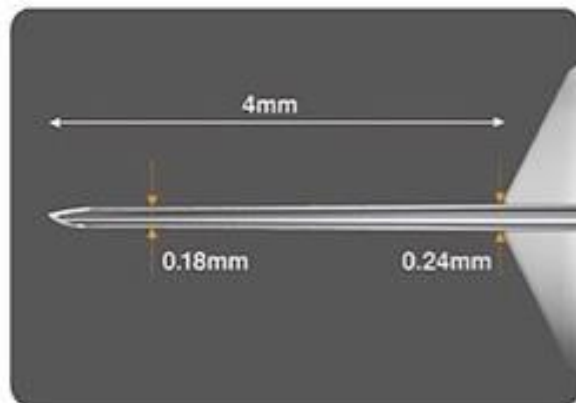
DES AIGUILLES MÉDICALES INDOLORES INSPIRÉES DES MOUSTIQUES



Pour une fois, vous allez dire merci aux moustiques. Deux sociétés japonaises (Terumo et Okano) ont décidé d'imiter leur trompe pour élaborer des aiguilles médicales indolores.

Le moustique femelle a besoin de sang pour se reproduire. L'insecte est équipé de longues pièces buccales qui forment une sorte de trompe capable de percer la peau et de la traverser afin de chercher un vaisseau sanguin. En réalité, deux canaux percent la peau, l'un envoie de la salive pour bloquer la coagulation, l'autre pour aspirer le sang. C'est cette salive qui irrite, pas la pique, qui est indolore en raison de la forme très particulière de ces tubes.

Les Japonais s'en sont inspirés pour réinventer l'aiguille, en roulant une feuille d'acier inoxydable très fine pour créer un minuscule cylindre conique, plutôt que de percer un trou dans un cylindre au diamètre constant.



Pourquoi est-ce bio-inspiré ?

La capacité des moustiques à piquer de manière indolore est due au diamètre de leur trompe (de 20µm à moins d'1µm à l'extrémité) et à leur forme conique. Sans l'égaliser, les aiguilles biomédicales s'inspirent de cette finesse et d'un diamètre progressif.

La forme conique, avec affinage du diamètre à mesure que l'on s'approche de l'extrémité, permet un meilleur écoulement du liquide pour les injections, notamment d'insuline.

En 2005, les nouvelles aiguilles NANOPASS 33G, fabriquées en titane, sont mises sur le marché et se vendent à des millions d'exemplaires. Cette aiguille d'à peine 0,2mm de diamètre coûte environ 5% de plus qu'une aiguille hypodermique de taille normale. Un modèle encore plus fin, le NANOPASS 34G, a été mis sur le marché en 2012.



Une innovation et une réalisation des entreprises Terumo Corporation et Okano Industrial corporation

Le saviez-vous ?

Grâce à la finesse de sa trompe ou « proboscis », la femelle moustique peut piquer l'épiderme de son hôte en toute tranquillité. C'est parce que cette pique est indolore (ce qui vous gratte c'est la salive anti-coagulante de l'insecte), que bien souvent le moustique est déjà reparti lorsque vous réagissez.



Le saviez-vous ?

À marée basse, tous ces petits monticules de sable révèlent la présence des fameux « Arenicola marina ». La molécule d'hémoglobine de l'arénicole peut transporter 150 molécules d'O₂, contre 4 molécules d'O₂ pour l'hémoglobine humaine.



UN SANG AUX SUPER PERFORMANCES

Innovation majeure dans le domaine de la préservation d'organes, ce sang issue d'un ver annélide marin, dont la substance active est une hémoglobine extracellulaire - c'est à dire non contenue dans un globule rouge - est utilisé comme adjuvant aux solutions de préservation actuelles.

Le docteur Franck Zal a créé Hemarina en mars 2007. Expert mondialement renommé en hémoglobine des invertébrés et en transport d'oxygène, il a passé plus de 14 ans dans des centres de recherche académique (CNRS, Université de Californie à Santa Barbara et Université d'Antwerp, Belgique) à étudier les relations entre structure et fonction des protéines servant à la respiration des invertébrés (hémoglobine extracellulaire chez les annélides et hémocyanine chez les crustacés).

Ses découvertes sur l'hémoglobine extracellulaire chez les invertébrés marins ont été brevetées et publiées dans de nombreuses revues scientifiques et sont à la base de Hemarina's technology.

Pourquoi est-ce bio-inspiré ?

À marée basse, l'arénicole ne respire pas. Il a chargé en oxygène ses molécules d'hémoglobine à marée haute pour pouvoir attendre en apnée pendant 6 heures ! Ces molécules sont utilisées par Hemarina pour une meilleure conservation des greffons (privés d'oxygène eux aussi), mais également pour augmenter la vitesse de cicatrisation de blessures ou encore réoxygéner le cerveau en cas d'AVC. Ce ver marin aujourd'hui peut donc vous sauver la vie.



Arenicola marina



Une innovation et une réalisation de l'entreprise HEMARINA

DES ADHÉSIFS BIOMÉDICAUX POUR RÉVOLUTIONNER LA CHIRURGIE



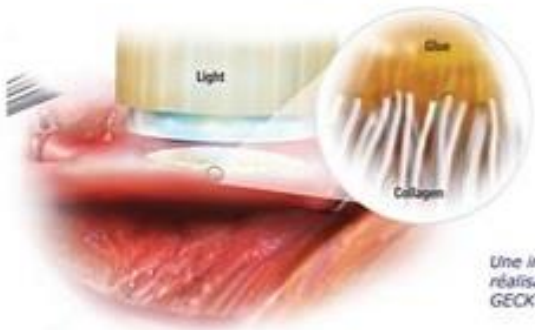
L'objectif de Gecko Biomédical est de développer des colles chirurgicales synthétiques bioinspirées, pour des applications locales d'une grande précision.

Les colles médicales ne doivent pas être miscibles avec le sang ni balayées de la surface ciblée. La start-up a donc mis au point une colle aux propriétés hydrophobes et visqueuses en s'inspirant des capacités d'adhésion de nombreux êtres vivants : vers marins, escargots, balanes ...

Sous forme d'un nouveau polymère biocompatible et biorésorbable, cette colle est appliquée au niveau de la zone concernée, puis stimulée à l'aide d'une lumière externe, avec une longueur d'onde spécifique, qui modifie sa composition chimique, lui permettant de changer d'état (de visqueux à solide et flexible) et de fixer les tissus entre eux. L'utilisation de ce procédé permet une grande précision et permet aux procédures chirurgicales de renforcer des lignes de suture voire s'en affranchir totalement. Le premier produit (renforcement de sutures en chirurgie vasculaire) a été homologué en 2017 et est produit dans une usine à Lille.



Maria Pereira, head of research at Gecko Biomedical, with her GB02 adhesive



Une innovation et une réalisation de l'entreprise
GECKO BIOMEDICAL

Pourquoi est-ce bio-inspiré ?

Certains animaux peuvent sécréter un matériau visqueux, hydrophobe, qui se durcit et se lie fortement au substrat en réponse à un stimulus, comme une modification de pH. Le polymère utilisé par Gecko Biomedical mime cette propriété de changement d'état en réaction à un stimulus, ici lumineux.

Le saviez-vous ?

Pour se fixer, les balanes sécrètent une colle qui, lorsqu'elle passe de leurs muqueuses à l'eau de mer, forme des macromolécules fibreuses. Une enzyme coagulante lie ensuite ces molécules entre elles.



biomim expo

#biomimexpo



biomim expo

biomimexpo.com



biomim expo

#biomimexpo



biomim expo

biomimexpo.com



biomim expo

by NewCo

biomim expo®

www.biomimexpo.com

biomimexpo.com
#biomimexpo

biomim expo

#biomimexpo



biomim expo

biomimexpo.com



biomim expo

#biomimexpo



biomim expo

biomimexpo.com

biomim expo

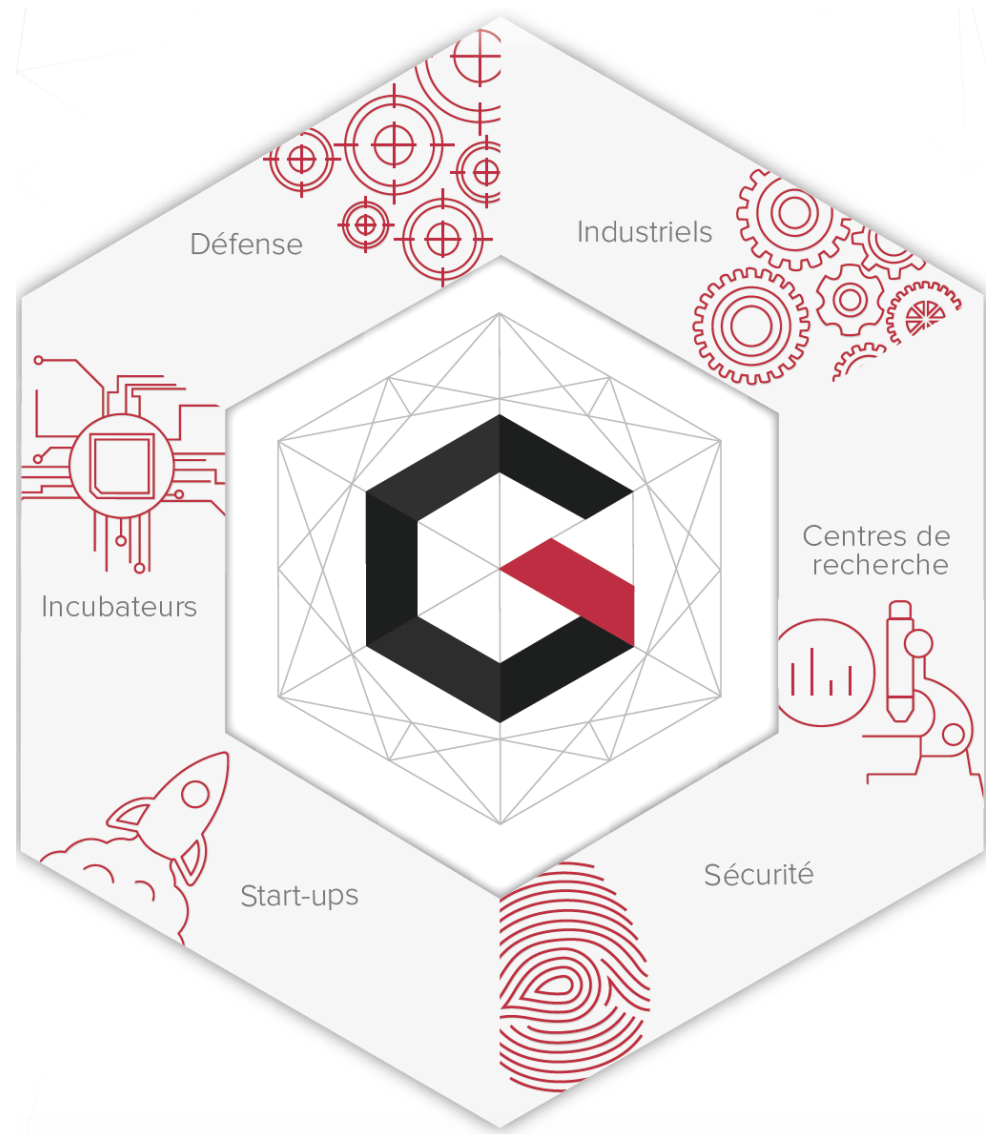
Generate

Accélérateur d'innovation

Lancé en 2017, le **programme GENERATE** permet à des start-up françaises de comprendre et d'intégrer le monde de la défense et de la sécurité.

Premier accélérateur de start-up françaises pour la défense et la sécurité, GENERATE accompagne aujourd'hui une vingtaine de pépites françaises apportant leurs solutions et innovations dans la cybersécurité, l'intelligence artificielle, la lutte anti-drones, la linguistique ou encore l'analyse cognitive.

GENERATE s'inscrit pleinement dans la **stratégie du GICAT de promotion de l'Open Innovation** au service des forces armées, de sécurité et des industriels du secteur.





Le GICAT, groupement professionnel créé en 1978, compte plus de 270 membres qui représentent grands groupes, ETI et PME. Ces adhérents couvrent un large spectre d'activités industrielles, de recherche, de services et de conseil au profit des composantes militaires et civiles, nationales et internationales impliquées dans la sécurité et/ou la défense terrestres ou aéroterrestres.

La commission R&T Innovation du GICAT

Cette commission a une mission claire de préparation de l'avenir, et d'innovation dans le milieu de l'armement terrestre. Elle a en outre trois objectifs :

- Informer les adhérents de l'évolution du domaine, de l'organisation de la DGA et des forces et des priorités techniques et opérationnelles en matière de R&T terrestre.
- Définir des propositions concrètes pour les études amont et élaborer des recommandations pour favoriser le développement de la R&T terrestre en concertation avec l'armée de Terre.
- Contribuer à faire connaître et rayonner le savoir-faire des adhérents du GICAT et la dynamique du groupement en matière de R&T terrestre.



Rapport n°8 de veille technologique et d'intérêt pour la Défense et la Sécurité – Octobre 2019

Ce rapport est la synthèse d'une veille technologique et d'échanges réalisés durant plusieurs mois par les équipes du GICAT. Dans ce cadre, vous y trouverez une vingtaine d'innovations détectées sur des salons et sur internet et pouvant avoir un intérêt pour les secteurs de la défense et de la sécurité.



Rapport n°9 de veille technologique et d'intérêt pour la Défense et la Sécurité – Novembre 2019

Ce rapport est la synthèse d'une veille technologique et d'échanges réalisés durant plusieurs mois par les équipes du GICAT. Dans ce cadre, vous y trouverez une vingtaine d'innovations détectées sur des salons et sur internet et pouvant avoir un intérêt pour les secteurs de la défense et de la sécurité.

Informations : François MATTENS, Directeur des affaires publiques et de l'innovation – francois.mattens@gicat.fr - 01 44 14 58 28

www.gicat.com