Quatre nouveaux exemples de biomimétisme

25 octobre 2019, 02:00

Jean-François Delaigle

Une ventouse qui imite la capacité d'adhérence du rémora en reproduisant les forces passives d'aspiration et de friction à l'œuvre chez le poisson. Des matériaux inspirés de la peau du caméléon qui changent de couleur avec la lumière ou la chaleur. Un matériau hydrophobe résistant aux dommages inspiré des épines du poisson porc-épic orbiculaire.

Une ventouse inspirée du rémora

Le poisson rémora a, à l'arrière de la tête, une structure en forme de ventouse à l'arrière de la tête qui lui permet de s'agripper aux requins, aux cétacés, aux tortues ou même aux bateaux à des fins de protection et de transport.

Cette ventouse est assez complexe : sa périphérique est un anneau charnu qui forme un joint étanche et qui génère une aspiration, tandis que son centre contient des rangées de lamelles tapissées de dents appelés spinules. Ces os épineux créent un frottement qui assure une bonne fixation lorsque l'hôte est en mouvement.

Sur ce modèle, des chercheurs de l'Institut de technologie du New Jersey (NJIT) et de l'Université d'Akron cherchent de dispositifs adhésifs capables de se verrouiller et se déverrouiller sur diverses surfaces sans endommager celles-ci ni dépenser beaucoup d'énergie.

Ils ont imprimé en 3D diverses versions de leur ventouse, avec différents nombres de lamelles et les ont testées sous l'eau, en mesurant la force de cisaillement et le temps nécessaire pour les arracher de surfaces présentant différentes rugosités.



Ils ont prouvé que plus il y a de lamelles, plus la capacité adhésive de la ventouse est élevée. Avec 12 lamelles et 294 spinules, la résistance du disque - qui pèse 45 g - est de 27 N pendant 50 s, soit 3x plus que la ventouse du rémora. Ils ont montré que pour une forme de disque donnée, il existe une plage optimale dans laquelle les phénomènes de frottement et d'aspiration sont équilibrés. Le nombre minimum de lamelles pour obtenir une adhésion est de 6.

Les chercheurs ont mis ces résultats en parallèle avec les phénomènes observés dans la nature et mieux compris les facteurs qui ont présidé à l'évolution de la morphologie des ventouses des rémoras. En effet, au cours des âges, les rémoras à 6 lamelles observés dans les premiers fossiles, ont évolué vers des systèmes à lamelles plus nombreuses pour plus d'efficacité et donc

de meilleures chances de survie.

Une ventouse inspirée du rémora peut avoir des applications dans les biocapteurs médicaux, les dispositifs d’administration de médicaments, les balises de détection à distance pour des études environnementales etc.

Des matériaux photochromes inspirés du caméléon

Les changements de couleur des animaux comme les caméléons ont toujours fasciné les chercheurs. Cet animal doit ses couleurs a un effet photonique. Elles sont produites par la réflexion de la lumière sur des microstructures en surface et par l'interférence entre faisceaux réfléchis. Elles changent lorsque la distance entre les cristaux photoniques varie, par exemple lorsqu'un caméléon tend ou détend sa peau.

Jusqu'à présent, les 'peaux intelligentes' artificielles inspirées de ce mécanisme n'étaient pas très résistantes mais les chercheurs d'Emory University en Géorgie ont réussi à développer une peau qui change de couleur en réponse à la chaleur et à la lumière du soleil et qui est suffisamment souple pour résister aux dommages.

Pour imiter les capacités naturelles du caméléon, les scientifiques ont incorporé des cristaux photoniques dans des matériaux flexibles, tels que des hydrogels, et en ont changé la couleur (shift de ?100 nm) en contractant ou en dilatant le matériau en accordéon. Mais ces grandes fluctuations de taille (> 20%) le déforment et le fragilisent.



En observant les changements de peau du caméléon en accéléré, les chercheurs ont remarqué que seule une petite fraction des cellules contenait des cristaux photoniques, les autres étant incolores. Sur ce modèle, ils ont alors créé des réseaux de cristaux photoniques dans un hydrogel et les ont associés à un deuxième hydrogel, non coloré, qui fait office de substrat résistant. Lors d'un chauffage, le matériau change bien de couleur mais garde ses dimensions. La peau reste élastique (150% de déformation).
La peau intelligente ainsi créée peut également changer de couleur en réponse à la lumière naturelle du soleil.



Les applications du nouveau matériau se situeront dans les domaines du camouflage, de la signalisation, des capteurs chimiques et de la lutte contre la contrefaçon.

D'autres matériaux photochromes



Les chercheurs du MIT se sont également inspirés des capacités du caméléon pour produire une encre appelée PhotoChromeleon. Elle est constituée d'un mélange de colorants photochromiques qui peut être pulvérisé ou peint sur la surface d'un produit pour lui conférer des propriétés de changement de couleur.

L'équipe de recherche avait déjà développé précédemment un système appelé ColorMod. Ce processus utilisait une imprimante 3D pour produire des composants pouvant changer de couleur, mais son schéma de couleurs était limité et les résultats étaient en basse résolution. La nouvelle encre n'a pas ces limitations.

Les solutions colorées sont obtenues avec des colorants photochromiques cyan, magenta et jaune et les chercheurs sont en mesure de contrôler chaque couleur pixel par pixel en les activant et les désactivant avec des sources de lumière correspondantes.



Le processus de coloration d'un produit consiste à le recouvrir de la solution, puis de le placer dans une boîte avec un projecteur et des UV. Les lampes UV saturent les couleurs et le projecteur les désature selon les besoins pour faire apparaître le motif souhaité.
Le motif peut aussi être effacé par les UV et le processus peut recommencer indéfiniment.

L'équipe a développé une interface utilisateur pour traiter automatiquement les conceptions. L'utilisateur télécharge ses motifs et le programme génère le mapping sur l'objet avant que le processus ne démarre. En fonction de la forme et de l'orientation de l'objet, le processus prend entre 15 et 40 minutes.

Un matériau superhydrophobe inspiré du poisson porc-épic

Les matériaux superhydrophobes rencontrent un intérêt certain dans les applications d'auto-nettoyage, d'antifouling, d'antigivre, de prévention de la corrosion etc. La plupart de ces matériaux ont en surface une microstructure présentant des aiguilles qui empêchent les gouttes d’eau de mouller la surface en les maintenant au-dessus d’une couche d’air.
Mais ces micro-aiguilles sont souvent très fragiles et sont facilement endommagées lorsque le matériau est déformé ou gratté.

Des chercheurs du National Institute for Materials Science au Japon se sont inspirés des aiguilles du Diodon holocanthus, le poisson porc-épic à longues épines ou poisson porc-épic ballon, pour développer des matériaux superhydrophobes durables et flexibles. La peau de cet animal est en effet à la fois épineuse et élastique.



Ils ont opté pour un composite formé de microtétrapodes de ZnO et de poly(diméthylsiloxane) (PDMS). Grâce à la structure aciculaire de l'oxyde (pointes de 4-10 µm) et à l'élasticité du PDMS, le matériau poreux conserve son caractère superhydrophobe après abrasion (1000 cycles), grattage, tranchage, impact de gouttelettes, flexion (1000 cycles) et torsion.



Ce matériau peut être peint sur toutes sortes de substrats et moulés en différentes formes.

Sources

- https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-3190/ab3895
- https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/acsnano.9b04231
- http://groups.csail.mit.edu/hcie/files/research-projects/photochromeleon/2019-uist-photochromeleon-paper.pdf
- https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/acsami.9b09524
- https://pubs.acs.org/doi/suppl/10.1021/acsami.9b09524/suppl_file/am9b09524_si_002.mp4

Auteurs



Jean-François Delaigle