



# BIOMIMÉTISME

DE L'INNOVATION À  
L'ENTREPRISE BIO-INSPIRÉE ?

# SOMMAIRE

<b>SOMMAIRE</b>	<b>2</b>
<b>INTRODUCTION</b>	<b>3</b>
<b>QUAND L'ENTREPRISE SE DÉFINIT EN TANT QU'ÉCOSYSTÈME</b>	<b>4</b>
▪ <b>LA NATURE MEILLEURE AMIE DES ENTREPRISES ?</b>	<b>4</b>
▪ <b>PRÉSERVER LES ÉCOSYSTÈMES AUGMENTE LA RENTABILITÉ DES ENTREPRISES</b>	<b>7</b>
<b>BIOMIMÉTISME ET INNOVATION TECHNOLOGIQUE</b>	<b>10</b>
▪ <b>LA GESTION DE LA LUMIÈRE PAR LES INSECTES, SOURCE D'INNOVATIONS</b>	<b>10</b>
▪ <b>CES OBJETS VOLANTS QUI MIMENT L'INSECTE</b>	<b>13</b>
▪ <b>DÉTECTER LES PATHOLOGIES GRÂCE À UN NEZ ÉLECTRONIQUE</b>	<b>15</b>
<b>ALLER PLUS LOIN</b>	<b>18</b>
▪ <b>« GECKSKIN », SURFACE ADHÉSIVE INSPIRÉE PAR LES PATTES DU GECKO</b>	<b>18</b>
▪ <b>BIOMIMÉTISME, LORSQUE LES SCIENTIFIQUES S'INSPIRENT DE LA NATURE</b>	<b>20</b>
▪ <b>DES ROBOTS QUADRIPÈDES TOUT TERRAIN</b>	<b>23</b>

# INTRODUCTION

L'industrie s'inspire depuis longtemps du biomimétisme pour innover. Les secteurs de la construction et des transports en sont les exemples les plus spectaculaires. Mais la notion de biomimétisme va plus loin, faisant de la gestion raisonnée des ressources naturelles qui lui sont utiles une véritable politique pour les entreprises.

## QUAND L'ENTREPRISE SE DÉFINIT EN TANT QU'ÉCOSYSTÈME

# LA NATURE MEILLEURE AMIE DES ENTREPRISES ?



Les écosystèmes fournissent aux entreprises, ainsi qu'aux populations et aux collectivités, une large gamme de biens et de services. Voyons quelle est la palette de ces écosystèmes et l'étendue des "services" qu'ils rendent aux entreprises.

À titre d'exemples, les forêts fournissent du bois d'oeuvre et des fibres, régulent le climat en absorbant le gaz carbonique et produisent des ressources génétiques utilisées pour les médicaments. Les récifs de corail attirent des touristes, servent de viviers à des espèces de poissons commercialisables et protègent les zones littorales des vagues de tempête. Les systèmes fluviaux offrent de l'eau douce et de l'énergie. Les zones humides filtrent les eaux usées, atténuent les inondations et purifient l'eau.

Tous ces bénéfices, et bien d'autres encore, tirés de la nature sont qualifiés de «services écosystémiques».

### Catégories de services écosystémiques

L'Évaluation des Écosystèmes du Millénaire (Millennium Ecosystem Assessment) a mis en évidence l'importance des services écosystémiques pour le bien-être humain et le développement économique. Cette évaluation a consisté en un audit international des écosystèmes de la planète réalisé sur une durée de 4 ans, impliquant plus de 1 360 scientifiques, économistes, professionnels et autres experts originaires de 95 pays. Ses conclusions représentent la première évaluation scientifique de pointe sur l'état et l'évolution des écosystèmes de la planète et des services qu'ils rendent, en même temps qu'un fondement scientifique à des actions concrètes visant à les préserver et à les exploiter de manière écologiquement durable. L'Évaluation du Millénaire définit quatre catégories de services écosystémiques :

- **Services d'approvisionnement** : biens ou produits tirés des écosystèmes, de type nourriture, eau douce, bois d'oeuvre ou fibre de bois.
- **Services de régulation** : bénéfices tirés de la régulation

par l'écosystème de processus naturels tels que le climat, les pathologies, l'érosion, les flux hydriques ou la pollinisation, ainsi que la protection contre les risques naturels. Par «régulation» dans ce contexte, on entend le contrôle de phénomènes naturels ; le terme ne doit pas être confondu avec celui de «réglementation» en matière de politiques ou de législation.

- **Services culturels** : bénéfiques intangibles tirés des écosystèmes de type loisirs récréatifs, valeurs spirituelles ou plaisir esthétique.
- **Services de soutien** : processus naturels comme le cycle des nutriments ou la production primaire qui servent de support aux autres services.

On retrouve les bénéficiaires de ces services à différents niveaux, local, régional et/ou mondial, et ceux-ci peuvent s'étendre aux générations futures. Par exemple, une forêt pourra approvisionner la population locale en nourriture, en fibres naturelles ou en bois de chauffe. À l'échelle régionale, elle peut éviter les glissements de terrain, filtrer les eaux et offrir des loisirs aux habitants de la ville proche. Au niveau mondial, cette même forêt peut en outre séquestrer du dioxyde de carbone, permettant ainsi de réguler les concentrations en gaz à effet de serre dans l'atmosphère, et peut par ailleurs héberger une plante rare dont les propriétés pharmacologiques bénéficieront aux populations du monde entier.

### Tendances pour les services écosystémiques

Même si la dégradation des écosystèmes peut être en partie compensée par la culture et la technologie, toutes les populations et toutes les entreprises dépendent fondamentalement du flux des services écosystémiques. Pourtant, la capacité des écosystèmes à continuer de fournir ces services à un niveau satisfaisant est aujourd'hui en péril. L'Évaluation des écosystèmes pour le Millénaire (Millennium Ecosystem Assessment) a mis en évidence une modification des écosystèmes causée par l'homme plus rapide et plus intense depuis ces 50 dernières années qu'à n'importe quelle autre période de l'histoire de l'humanité.

### Quelques exemples

- La superficie de terres mises en culture entre 1950 et

1980 est supérieure à celle des terres converties en terrains agricoles en l'espace de 150 ans entre 1700 et 1850. Désormais, avec un quart de la superficie terrestre de la planète exploitée par les cultures ou l'élevage, toute augmentation du rendement agricole devra vraisemblablement provenir d'une conduite plus intensive des zones de culture existantes.

- Plus de la moitié des engrais synthétiques azotés utilisés depuis tous temps l'ont été sur les deux dernières décennies, contribuant au risque de voir augmenter le nombre de cours d'eau se transformant par eutrophisation en «zones mortes» pour les pêcheries commerciales.
- Le prélèvement d'eau dans les fleuves, rivières et lacs a doublé depuis 1960, avec des répercussions à long terme sur la disponibilité et les débits d'eau douce dans certaines régions.
- Vingt pour cent des récifs de corail de la planète et pratiquement un quart de ses forêts de mangrove ont disparu depuis 1980 environ, en même temps que leur capacité à amortir les ondes de tempêtes le long du littoral.
- Les prises de poissons sauvages en milieu marin ont atteint un pic dans les années 1980 et sont restées statiques depuis lors, avec des conséquences majeures pour tous ceux qui dépendent des ressources marines pour leur survie.

Ces modifications ont conduit à une détérioration quantitative et/ou qualitative de nombreux services écosystémiques. L'Évaluation du Millénaire a mis en évidence que 60%, c'est-à-dire 15 des 24 services écosystémiques étudiés, s'étaient dégradés sur les 50 dernières années. Cinq services sont classés en catégorie «moyen,» dénotant une augmentation de l'approvisionnement ou de la qualité dans certaines régions du monde, mais accompagnée d'une diminution dans d'autres régions. Trois services d'approvisionnement - cultures, élevage et aquaculture - sont notés «améliorés», reflétant les efforts consacrés à une bonne gestion de ces écosystèmes pour alimenter la population en croissance. Malgré cela, les actions engagées pour optimiser ces 3 services d'approvisionnement ont conduit par inadvertance à une dégradation de nombreux services de régulation et services culturels, dont la plupart ne présentent aucune valeur marchande... jusqu'à leur dispa-

rition. En d'autres termes, il se produit fréquemment des arbitrages ou compromis entre les différents services écosystémiques.

**Source** : <http://www.techniques-ingenieur.fr/actualite/livre-blanc/biomimetisme-une-source-dinspiration-pour-les-entreprises-29906/>

26/11/2015

# PRÉSERVER LES ÉCOSYSTÈMES AUGMENTE LA RENTABILITÉ DES ENTREPRISES

*Les écosystèmes fournissent aux entreprises de nombreux bénéfices communément désignés «services rendus par les écosystèmes». Les forêts fournissent du bois d'oeuvre et des fibres, purifient l'eau, régulent le climat et constituent un réservoir de ressources génétiques. Les systèmes fluviaux apportent de l'eau douce, de l'énergie et des sites propices aux loisirs. Quant aux zones humides littorales, elles filtrent les pollutions, atténuent les effets des inondations et sont des sites de reproduction indispensables aux pêcheries.*

Pourtant, ces écosystèmes et d'autres, se dégradent rapidement sous l'effet des activités humaines. Le **Millenium Ecosystem Assessment**, le plus vaste audit jamais réalisé sur l'état et les tendances des écosystèmes planétaires, met en évidence que les écosystèmes se sont dégradés plus rapidement et plus intensément ces 50 dernières années qu'à n'importe quelle autre période de l'histoire de l'humanité. En fait, 15 des 24 services écosystémiques évalués dans l'étude se sont détériorés au cours du dernier demi-siècle. L'Évaluation du Millénaire prévoit la poursuite de ce déclin sur les décennies à venir, en raison notamment de la croissance démographique, du développement économique et du réchauffement climatique. En l'absence de mesures appropriées, cette dégradation risque de mettre en péril le bien-être économique futur, créant des gagnants et perdants au sein du monde des affaires.

La dégradation des écosystèmes est d'une grande pertinence pour l'activité économique car les entreprises ont d'une part un impact sur les écosystèmes et les services qu'ils rendent, et d'autre part en sont fortement dépendantes. Par conséquent, la dégradation des écosystèmes

peut présenter un certain nombre de risques pour la performance des entreprises, mais par ailleurs peut aussi créer de nouvelles opportunités économiques. Ces risques et opportunités peuvent être d'ordres différents :

## Opérationnel

- Risques liés à la hausse des coûts de l'eau douce en raison de sa pénurie, à un plus faible rendement des installations hydroélectriques dû à l'envasement, ou à des perturbations des activités commerciales du littoral dues aux inondations.
- Opportunités liées à l'amélioration de la réutilisation des eaux, comme l'aménagement d'une zone humide in situ pour éviter la nécessité de construire de nouvelles infrastructures de traitement des eaux.

## Réglementaire et juridique

- Risques liés à la mise en place de nouvelles amendes, droits d'usage, réglementations gouvernementales, ou à des poursuites judiciaires engagées par les collectivités locales souffrant d'une perte de services écosystémiques due aux activités d'une entreprise.
- Opportunités liées aux engagements pris par les gouvernements de mettre en place des politiques et mesures incitatives visant à protéger ou à restaurer des écosystèmes offrant des services dont l'entreprise a besoin.

## Image et réputation

- Risques pour les sociétés de grande distribution d'être visées par des campagnes menées par des ONG sur les achats de papier ou de bois issus de forêts fragiles, ou bien pour des banques menacées par des controverses sur leurs investissements dans des activités provoquant une dégradation d'écosystèmes préservés.
- Opportunités liées à la mise en oeuvre et à la communication de pratiques d'achat, d'exploitation ou d'investissement

durables susceptibles d'être des facteurs de différenciation.

### **Marchés et produits**

- Risques liés aux décisions de clients de changer de fournisseur en faveur de produits ayant un moindre impact sur les écosystèmes, ou à des décisions gouvernementales d'adopter de nouvelles politiques d'achat durable pour les marchés publics.
- Opportunités liées au lancement de nouveaux produits et services minimisant l'impact du consommateur sur les écosystèmes, participant à la séquestration de carbone ou à la protection de bassins versants sur des marchés émergents, favorisant l'émergence de nouveaux modèles économiques basés sur des ressources naturelles détenues par l'entreprise, ou proposant du bois, des fruits de mer, des légumes ou d'autres produits éco-labellisés.

### **Financement**

- Risques liés à la mise en place par les banques de conditions de prêt plus rigoureuses en matière de crédit aux entreprises.
- Opportunités liées à des offres de modalités de crédit plus favorables par les banques, ou bien à des prises de participation par des investisseurs dans des sociétés proposant des produits et services visant à améliorer l'efficacité de l'utilisation des ressources naturelles ou à restaurer des écosystèmes dégradés.

Malheureusement, les entreprises omettent bien souvent d'établir le lien entre la santé des écosystèmes et leur rentabilité. Nombre d'entre elles ne se rendent pas réellement compte de l'ampleur de leur dépendance ou de leur impact vis-à-vis des écosystèmes, ni de leurs possibles conséquences. De même, les systèmes de management environnementaux et autres outils d'audit environnemental sont fréquemment peu adaptés à la détection des risques et opportunités découlant de l'exploitation et de la dégradation des services rendus par les écosystèmes. À titre d'exemple, de nombreux outils s'avèrent plus adaptés pour gérer des enjeux «traditionnels» de pollution ou de consommation des ressources naturelles. La plupart sont axés exclusivement sur les impacts environnementaux, et non sur l'aspect de dépendance. Par ailleurs, ils se concentrent aussi uniquement sur les risques, et non sur les

opportunités commerciales. Les entreprises risquent donc de se trouver prises au dépourvu ou de rater des occasions de bénéficier de nouvelles sources de revenu associées aux évolutions écosystémiques.

L'évaluation des Services rendus par les Écosystèmes aux Entreprises (ESR) a été conçue précisément pour combler ces lacunes. Elle présente une méthodologie structurée permettant aux gestionnaires d'entreprise de mettre au point des stratégies de gestion des risques et opportunités découlant de leur dépendance et de leur impact vis-à-vis des écosystèmes, au-delà de ce que permettrait une simple étude d'impact environnemental. Les entreprises pourront réaliser un audit ESR en tant que procédure autonome, ou l'intégrer dans leur système de management environnemental existant. Dans les deux cas, la méthodologie peut utilement compléter et optimiser les outils d'évaluation dont l'entreprise dispose déjà.

### **Créer de la valeur**

L'évaluation des services écosystémiques peut contribuer à créer de la valeur pour des entreprises de secteurs ayant une interaction directe avec les écosystèmes, de type agriculture, fabrication de boissons, traitement des eaux, exploitation forestière, pétrole, gaz, extraction minière ou tourisme. Elle s'avérera de même pertinente pour les secteurs de la grande distribution, de la santé, du conseil, des services financiers ou autres industries tertiaires, dans la mesure où leurs fournisseurs et/ou clients interagissent directement avec les écosystèmes. Les grands distributeurs par exemple peuvent se trouver confrontés à des risques de marché ou d'image si certains de leurs fournisseurs sont responsables de la dégradation d'écosystèmes et des services que rendent ces derniers.

Ce document décrit les cinq étapes de réalisation d'une Évaluation des Services Écosystémiques (Tableau 1). Il présente un cadre analytique, des études de cas ainsi que des suggestions utiles pour faciliter chacune des étapes. Enfin, un descriptif de moyens et outils à la disposition des gestionnaires d'entreprise pour réaliser une évaluation ESR est proposé en conclusion, y compris une feuille de calcul sur



«l'évaluation de dépendance et d'impact», des comptes-rendus scientifiques, des approches d'évaluation économique et autres outils spécifiques à ce domaine.

La dégradation, à l'échelle planétaire, des écosystèmes et des services qu'ils rendent menace de transformer les conditions dans lesquelles opèrent les entreprises. L'Évaluation des Services Écosystémiques est une démarche volontaire permettant aux entreprises de mieux gérer leurs risques et opportunités émergents. Elle leur permettra par ailleurs d'établir le lien entre la santé des écosystèmes et leurs résultats financiers, en encourageant non seulement des bonnes pratiques d'entreprise plus durables, mais également en favorisant le soutien du monde des affaires à des politiques visant à protéger ou à restaurer les écosystèmes.

**Source** : <http://www.techniques-ingenieur.fr/actualite/livre-blanc/biomimetisme-une-source-dinspiration-pour-les-entreprises-29906/>

26/11/2015

## BIOMIMÉTISME ET INNOVATION TECHNOLOGIQUE

# LA GESTION DE LA LUMIÈRE PAR LES INSECTES, SOURCE D'INNOVATIONS

*La nature est un réservoir de solutions technologiques originales, et donc une source d'inspiration pour les ingénieurs, en particulier les aspects liés à la lumière.*

Lumière solaire, chargée de rayonnements ultraviolets mortels mais aussi source d'énergie vitale ; et lumière émise, source d'énergie et moyen de communication : deux aspects de la lumière auxquels nous sommes directement confrontés et dont la gestion par les insectes, par des voies complètement différentes des nôtres, peut être à la base d'intéressantes innovations.

Les insectes sont des organismes poïkilothermes : dépourvus de source de chaleur interne et stabilisée, comme les mammifères et les oiseaux, ils doivent capter une partie de leur énergie du soleil, l'autre étant fournie par l'activité musculaire. Les contraintes thermiques auxquelles sont soumis les insectes sont problématiques. Autrefois qualifié d'animal à « sang froid », il n'en est rien : la température interne d'un papillon en vol se situe, au niveau du thorax, entre 36 et 40 °C, bornes vitales étonnamment proches de celles des mammifères. La limite inférieure, déterminante pour la cinétique de l'activité métabolique, n'est pas la plus préoccupante. L'insecte trop froid ne pourra s'envoler, mais il peut entrer dans une sorte d'hivernation et reprendre son activité ultérieurement. La borne supérieure est au contraire problématique car l'insecte peut mourir d'hyperthermie. Éviter la surchauffe est donc vital. Les insectes utilisent différentes techniques pour gérer ces contraintes dont l'ingénieur peut s'inspirer.

### **Les insectes « capteur solaire »**

Les ailes des papillons blancs sont traversées de nervures extrêmement spécifiques qui participent à la rigidité de l'aile mais également à la circulation lymphatique et donc, indirectement, à la gestion thermique de l'organisme. Dans

le cas de papillons blancs, ou très clairs comme notre très commune piéride du chou (*Pieris brassicae*), dont les ailes réfléchissent plus de 70 % de la lumière incidente dans le visible, l'absorption ne peut évidemment se faire directement par les ailes. Tous ces papillons utilisent donc le fort pouvoir réflecteur de leurs ailes pour renvoyer la lumière sur le point stratégique : le thorax, qui abrite les muscles abducteurs et inducteurs du vol, et dont la cuticule est noire et fortement absorbante. Tous ces papillons ont une position de repos « ailes fermées » et gèrent l'absorption, donc la température, de manière active en jouant sur leur orientation par rapport au soleil et sur l'ouverture de leurs ailes. Le procédé est efficace et permet de manière active – et c'est là le point important – d'éviter la surchauffe fatale.

De nombreux papillons présentent des ailes ou des parties d'ailes d'un noir extrêmement profond. Celui-ci est dû à une combinaison d'absorption par des mélanines et de piégeage de la lumière dans des structures spécifiques. Côté absorption, ce dispositif est extrêmement efficace. Chez *Morpho helenor* par exemple, les zones noires à la base des ailes, au plus près du thorax, absorbent 99 % de la lumière du spectre solaire au maximum. C'est du côté infrarouge qu'il faut chercher l'innovation ! Loin d'être un capteur sélectif parfait, l'aile présente deux gros pics d'absorption, dont le second, entre 5 et 10  $\mu\text{m}$ , se trouve en lisière du spectre d'émission d'un corps à 40°C. Ce pic joue le rôle de butoir pour le spectre d'émission thermique et maintient le papillon en dessous de la température critique. En dessous de 40°C, il n'y a pas d'absorption dans le domaine d'émission thermique, et donc pas de pertes par rayonnement : l'insecte se réchauffe. Au-delà, le spectre d'émission mord sur ce pic d'absorption, l'aile devient émissive et le papillon refroidit. Il y a là un dispositif original d'autostabilisation thermique que l'on peut transposer aux capteurs thermiques pour des températures plus élevées

en jouant sur la valeur de la longueur d'onde de coupure.

Que ce soit pour absorber ou optimiser la transparence, les insectes ont développé des structures antireflets connues (et utilisées) sous le nom de « moth eyes structures ». Ces structures en picots produisent une adaptation d'indice continue entre l'air et la chitine, mais confèrent également à la surface des propriétés super-hydrophobes et autonettoyantes en zones tempérées et humides. Il serait intéressant de comprendre comment certains animaux luttent contre le sable, son adhérence et sa forte abrasion. C'est en effet un des grands problèmes des énergies renouvelables en milieux désertiques, riches en soleil mais aussi en vent et en sable, éléments hautement destructeurs des capteurs et éoliennes. Il semble cependant que certains insectes (coléoptères) parviennent à empêcher les grains de sables extrêmement fins, qui recouvrent les capteurs en quelques heures, d'adhérer à la surface des élytres. De même, certains animaux comme le poisson des sables (*Scincus scincus*) ou les taupes dorées (*Chrysochloris asiatica*), bien que vivant et se déplaçant sous le sable présentent des écailles ou des poils dénués de toute trace d'abrasion.

De telles structures adaptées à nos surfaces amélioreraient grandement les performances de nos capteurs.

#### **Les insectes « émetteur de lumière »**

De nombreux insectes émettent de la lumière, soit par bioluminescence, soit par fluorescence. Une fois encore, les raisons en sont multiples. Dans le cas de la bioluminescence, il s'agit clairement d'un moyen de communication inter et/ou intraspécifique, et possiblement aussi d'un moyen de chauffage. Pour la fluorescence, la fonction principale est la protection contre les UV, avec une application à la communication une fois encore. Ces fonctions sont évidemment vitales pour les organismes et optimisées grâce à des structures spécifiques.

L'étude et la caractérisation des structures photoniques naturelles, animales comme végétales, a donné lieu à un très grand nombre de travaux qui ont clairement démontré leur efficacité et l'intérêt qu'il y aurait à les incorporer

dans nos réalisations industrielles. On peut tenter de les reproduire, mais nos techniques sont actuellement peu adaptées à la réalisation de structures multi-échelles plus ou moins bien ordonnées, du moins à grande échelle. Si on veut conserver cette complexité, la réalisation de moules et la prise d'empreintes est une voie intéressante.

Deux approches sont envisageables : la voie chimique par des méthodes sol-gel ou la voie physique par dépôt plasma (PVD). La première permet de réaliser des empreintes en de très nombreux matériaux, et semble a priori particulièrement adaptée à la reproduction de structures tridimensionnelles. En raison de la directivité des dépôts physiques, la seconde l'est plus pour des structures uni ou bidimensionnelles.

#### **Sources d'inspiration pour l'homme**

Tous les organismes vivants, les insectes comme les hommes, sont soumis à des contraintes sensiblement identiques. Tous deux prospèrent sur terre et ont donc trouvé, au fil des millénaires, des moyens d'y faire face. Les approches des deux groupes sont cependant très différentes, voire opposées. Dans le domaine énergétique, depuis la maîtrise du feu, l'homme s'est assez rapidement détourné des énergies renouvelables difficilement maîtrisables. Ce n'est pas le cas des autres organismes vivants, et en particulier des insectes, qui doivent faire face aux différents aléas de la vie avec des moyens réduits. Des structures sont apparues, notamment à l'échelle nanométrique, qui permettent de gérer les échanges entre l'organisme – un milieu relativement stable d'un point de vue physico-chimique – et l'extérieur, extrêmement variable. Passées au travers du redoutable filtre de la sélection naturelle, celles qui sont parvenues jusqu'à nous ont démontré leur efficacité. Que nous apprennent-elles ? Tout d'abord, qu'une « bonne » structure est toujours multifonctionnelle et qu'aucune des fonctions ne prévaut sur les autres : on parle d'« optimisation moyenne ». Ensuite qu'il faut très peu d'éléments chimiques pour les construire. Ces deux contraintes cumulées – faire beaucoup avec peu – imposent la complexité topologique des structures. Désordre et multi-échelle sont les maîtres-mots des structures naturelles. Dans leurs rap-

ports avec la lumière, les insectes ont développé des structures permettant de gérer toutes les configurations envisageables : absorption, transmission, extraction. Ces mêmes structures présentent par ailleurs des propriétés non liées directement à l'électromagnétisme, mais qui participent à leur optimisation globale : mécanique, hydrophobie, anti-adhésion... Les insectes sont ainsi parvenus à résoudre de nombreux problèmes qui sont encore pour nous sans solutions satisfaisantes. Leur approche est assez éloignée de la nôtre, en particulier par l'usage de la complexité et d'un désordre maîtrisé, et ils ont dans ces domaines bien des choses à nous apprendre. Nous avons, quant à nous, l'avantage d'avoir accès à la quasi-totalité des éléments chimiques. En nous inspirant des structures naturelles et en réalisant des copies avec nos matériaux, nous pourrions ainsi bénéficier de leurs inventions et peut-être améliorer les effets ou en créer de nouveaux. C'est tout l'art novateur de la bio-inspiration.

**Par Serge BERTHIER, Professeur, Université Paris Diderot (Paris, France), Institut des nanosciences de Paris, UMR 7588, CNRS, Université Pierre et Marie Curie, Paris**

Extrait de l'article Insectes et lumière : approche bio-inspirée des échanges électromagnétiques, RE243, rédigé par Serge Berthier et al. en 2015.

Retrouvez l'intégralité de cet article sur : <http://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/innovations-th10/innovations-en-electronique-et-optoelectronique-42257210/insectes-et-lumiere-approche-bio-inspiree-des-echanges-electromagnetiques-re243/>

26/11/2015

# CES OBJETS VOLANTS QUI MIMENT L'INSECTE

*Dans l'optique de réaliser de la surveillance intra-bâtiment avec un système autonome, mobile, très discret, des recherches sont en cours pour développer des nanodrones. Elles se concentrent sur la compréhension et l'imitation du vol battu des insectes et sur la miniaturisation.*

Un insecte artificiel à ailes résonantes a été conçu à l'aide des technologies de micro-fabrication de la microélectronique. L'objet volant mimant l'insecte (OVMI) sera alors classé dans la catégorie des nanodrones télécommandés susceptibles d'emporter une charge utile et d'effectuer des missions de reconnaissance en milieu confiné. L'aviation et l'ingénierie puisent depuis longtemps leur inspiration dans l'observation des oiseaux et du monde marin par l'introduction par exemple d'ailettes verticales à l'extrémité des ailes de certains gros porteurs inspirées des ailes des rapaces ou encore par l'utilisation d'une structure similaire à celle de la peau du requin afin d'améliorer les performances hydrodynamiques de certaines machines. Toutefois avec les progrès récents des différentes technologies et de leur miniaturisation, se pose la question de concevoir et réaliser des objets volants fonctionnels et autonomes de plus en plus petits (micro- et nanodrones). Or si deux types de drones sont aujourd'hui très largement employés, les drones à voilure fixe (avion) et les drones à voilure tournante (hélicoptère ou quadricoptère) dans les domaines civils et militaires pour des applications en espace extérieur, une rupture technologique semble quasi-incontournable lorsque l'on choisit de réduire les échelles et de travailler en espace confiné. C'est donc très logiquement que nous avons commencé à nous intéresser aux mécanismes de locomotion des insectes.

## **De l'insecte volant aux nanodrones**

Dans ce contexte, un troisième type de drone fait donc l'objet de nombreuses recherches actuellement : il s'agit des

micro- et nanodrones à ailes battantes (resp. vibrantes). L'idée est de développer des petits drones télécommandés capables d'effectuer un vol autonome et dont la conception et la réalisation s'inspirent directement du vol de certains petits oiseaux ou des insectes connus pour leurs performances en termes de manœuvrabilité, de rendement énergétique ou encore d'adaptabilité. Comparées aux voilures fixes, les voilures à ailes battantes (resp. vibrantes) et tournantes ont comme avantages principaux, d'une part, de permettre le vol stationnaire, et d'autre part, d'assurer une meilleure manœuvrabilité. Un autre avantage réside dans la discrétion acoustique de ces micro- et nanodrones puisque le bruit généré par les actionneurs est en général inférieur à celui créé par les hélices des drones à voilures tournantes et fixes.

Ces engins sont généralement destinés à intervenir là où l'homme ne peut pas agir notamment dans les milieux confinés ou nécessitant une taille réduite et une grande agilité de déplacement. Les applications possibles concernent les missions de surveillance et de reconnaissance civile ou militaire, ou encore d'exploration. On peut citer à titre d'exemples la surveillance de bâtiments, l'inspection des structures industrielles et des ouvrages d'art et pourquoi pas le monde du jouet.

## **Les défis à relever**

Les nanodrones à ailes vibrantes ont aujourd'hui atteint une certaine maturité au niveau du processus de fabrication et de la modélisation aéro-élastique. En outre, ce prototype est a priori le premier de la taille d'un insecte capable de créer de la portance à l'aide d'une torsion passive et ce, sans aucune articulation. Les objectifs futurs sont d'une part, de produire des forces de portances suffisantes pour le vol et d'autre part, de concevoir et de mettre en œuvre les fonctionnalités électroniques nécessaires pour un contrôle

à distance.

Ces nouveaux travaux incluent d'abord l'utilisation des outils de modélisation et des moyens expérimentaux développés précédemment afin d'optimiser la structure et l'actionnement électromagnétique en termes de poids et de consommation d'énergie. Puis le but sera d'obtenir la cinématique optimale nécessaire au vol de l'insecte artificiel. L'outil aéro-élastique aidera à déterminer la géométrie d'aile la mieux adaptée et des expériences viendront compléter les prédictions numériques.

La recherche portera ensuite sur le choix et la minimisation des composants électroniques tels que des microcontrôleurs et des accéléromètres ou des gyroscopes afin de permettre la manœuvrabilité du nanodrone et un jour sans doute le contournement d'obstacles. Les caractéristiques électroniques telles que les commandes de vol et de détection d'altitude seront d'abord validées sur des prototypes d'échelle centimétrique et l'approche adoptée sera de fabriquer une puce intégrant tous ces composants. De plus, les sources d'énergie nécessaires pour alimenter ces composants seront identifiées.

Enfin, l'étude portera sur l'analyse de scénarios de communication pour les réseaux de capteurs sans fil mobiles conformes aux caractéristiques et contraintes des capteurs du nanodrone : c'est-à-dire soit pour des capteurs dont la position dans l'espace peut être contrôlée, et qui peuvent potentiellement agir sur leur environnement, ou pour des capteurs avec très peu de ressource énergétique et de faible encombrement.

#### **Une plate-forme idéale pour la surveillance, la recherche et le sauvetage d'individus**

En conclusion, la capacité des insectes au vol stationnaire associée à une transition rapide vers l'avant, constitue une plate-forme idéale pour la surveillance, la recherche et le sauvetage d'individus. Par ailleurs, la compréhension du vol battu et le contrôle des matériaux avec de fortes déformations peuvent avoir des retombées importantes dans les domaines des microsystèmes et en particulier en microfluidique et en électronique flexible.

Par **Eric CATTAN**, Professeur à l'Université de Valenciennes et du Hainaut Cambrésis, Institut d'Electronique de Microélectronique et de Nanotechnologie de Valenciennes (IEMN, UMR CNRS 8520)**Sébastien GRONDEL**, Professeur à l'Ecole Nationale Supérieure d'Ingénieurs en informatique Automatique Mécanique Energétique électronique (ENSIAME), Institut d'Electronique de Microélectronique et de Nanotechnologie de Valenciennes (IEMN, UMR CNRS 8520)

Retrouvez l'intégralité de cet article sur : <http://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/mecanique-th7/machines-aerodynamiques-et-compresseurs-42176210/developpement-d-un-insecte-artificiel-in217/>

26/11/2015

# DÉTECTER LES PATHOLOGIES GRÂCE À UN NEZ ÉLECTRONIQUE

*Le diagnostic et le suivi de pathologies, dont les cancers et les pathologies infectieuses, représentent des enjeux majeurs dans le domaine de la santé. De nouveaux nanobocapteurs, dont les éléments sensibles sont des récepteurs olfactifs, donnent la possibilité de développer des dispositifs de détection performants, bon marché, permettant une mesure quantitative et directe, sans marqueur.*

Les odorants participent aux arômes, ils peuvent constituer une signature des états métaboliques ou pathologiques, ils émanent de drogues ou d'explosifs, signalent des polluants domestiques et environnementaux. Par conséquent, il y a un intérêt croissant pour l'émergence de technologies permettant l'évaluation rapide et non invasive des composés odorants volatils. Les dispositifs actuels de nez électroniques basés sur des semi-conducteurs d'oxyde de métaux ou des polymères conducteurs qui identifient spécifiquement des odorants gazeux sont en général lourds et coûteux et donc inadaptés pour l'élaboration de micro et nanocapteurs qui pourraient mimer le système olfactif naturel. Par ailleurs, ils n'impliquent pas l'identification moléculaire des odorants, leur fonctionnement est perturbé en présence d'eau, et ils nécessitent une taille conséquente d'échantillon pour assurer une interaction optimale avec la surface du capteur. Il est donc extrêmement tentant de développer de nouveaux biocapteurs à base de récepteurs olfactifs, pour remplacer les éléments sensibles physico-chimiques des capteurs chimiques. Cela fournirait une nouvelle plate-forme capable de contourner les inconvénients des dispositifs bioélectroniques actuels. Avec la mise en évidence des récepteurs olfactifs et de la grande famille de gènes qui les codent, Axel et Buck (prix Nobel de physiologie et médecine en 2004) ont ouvert la porte à de multiples voies de recherche tant fondamentales qu'appliquées. Les récepteurs olfactifs comme de nombreux composés biolo-

giques ont des propriétés électriques, ce qui rend possible l'élaboration de capteurs basés sur ces biomolécules.

## **Le potentiel considérable des nanotechnologies**

L'approfondissement des connaissances sur l'olfaction est accompagné du développement rapide des nanotechnologies et de leur influence significative dans les divers secteurs médicaux. Les avancées des nanotechnologies offrent un potentiel considérable pour améliorer la vie des malades surtout lorsqu'elles se concentrent sur l'identification de la maladie, de sa cible, le choix des traitements, l'administration des médicaments et le suivi des effets de la thérapie. Historiquement, le premier biocapteur a été créé pour mesurer la concentration en glucose dans le sang. Pour la première fois, une protéine, l'enzyme glucose-oxydase, a été utilisée comme élément sensible du capteur. Depuis, une centaine d'autres enzymes ont été utilisées pour les biocapteurs enzymatiques. Le domaine des biocapteurs s'est élargi ensuite avec d'autres protéines solubles ou membranaires, les oligomères, les lipides... ainsi que de nouvelles molécules synthétiques, comme les aptamères. Les nanotechnologies ont impacté ce développement en synergie avec les recherches multidisciplinaires permettant des stratégies émergentes, qu'il s'agisse de nouveaux matériaux, ou de systèmes de reconnaissance utilisés dans les points d'intervention (point-of-care), qui sont encore plus rapides et plus robustes et améliorent la qualité et la facilité du diagnostic. Les nanotechnologies ont accéléré significativement ce développement en améliorant la biocompatibilité, en proposant de nouvelles approches pour l'immobilisation des biomolécules, et pour l'amplification des signaux générés par la biorecognition. Une des principales applications de ces nouvelles technologies est dans le domaine de nouveaux biosenseurs de diagnostic médical. En effet, grâce aux nanotechnologies, la sensibilité et la sélectivité des dispositifs sont augmentées,

L'intégration de la microfluidique est devenue possible et les performances analytiques en termes de répétabilité et fiabilité sont améliorées. De réelles perspectives s'ouvrent, du fait de la miniaturisation, pour interagir de façon ciblée avec les entités biologiques, telles que les récepteurs olfactifs. Le concept de biocapteur olfactif désigne un dispositif de détection d'une ou de quelques odeurs cibles. Les caractéristiques recherchées pour de tels dispositifs concernent essentiellement leur spécificité, leur sensibilité, voire la dose-dépendance de leur réponse pour quantifier la présence de l'odorant à détecter. Les capteurs bio-inspirés peuvent utiliser des récepteurs olfactifs, greffés sur des nanostructures (nanotubes de carbone ou de polymère conducteur, etc.) sur lesquelles sont basés des transistors à effet de champ ou des dispositifs électrochimiques ou optiques. Les signaux générés sont ensuite analysés et traités statistiquement afin de caractériser les échantillons.

#### **Pour un diagnostic médical non invasif et précoce**

Les biocapteurs dont les éléments sensibles sont des récepteurs olfactifs peuvent déboucher sur des dispositifs médicaux de détection performants, bon marché, permettant une mesure quantitative et directe, sans marqueur. Ils pourront en particulier servir au diagnostic médical non invasif et précoce. Les applications ciblées peuvent être aussi bien des pathologies largement répandues dans des pays aux ressources limitées manquant d'équipements lourds et de support technique pour le diagnostic (tuberculose), que des cancers dont le dépistage systématique se met en place dans les pays développés (cancer de la prostate, du poumon...). Pour chaque application, il s'agit tout d'abord d'identifier un marqueur odorant spécifique de cette pathologie, puis de trouver le ou les récepteurs olfactifs pertinents pour cet odorant, et d'intégrer cet élément sensible dans un dispositif hybride permettant la détection du marqueur odorant, et donc le diagnostic de la pathologie. Les biocapteurs olfactifs sont particulièrement prometteurs dans la mesure où ils exploitent les propriétés intrinsèques des récepteurs olfactifs en termes de détection spécifique à haute sensibilité, et de discrimination fine entre composés odorants de structure chimique très proche.

Par **Jasmina VIDIC**, Ingénieur de recherche INRA, Virologie et Immunologie Moléculaires, UR892, INRA Jouy-en-Josaset **Édith PAJOT-AUGY**, Directrice de recherche INRA, NeuroBiologie de l'Olfaction, UR1197, INRA Jouy-en-Josas

Extrait de l'article Nanobiocapteurs olfactifs pour la détection de pathologies, RE238, rédigé en 2014 par Jasmina VIDIC et Édith PAJOT-AUGY.

Pour retrouver l'article dans son intégralité : <http://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/procedes-chimie-bio-agro-th2/analyse-et-mesure-en-biotechnologie-42160210/nanobiocapteurs-olfactifs-pour-la-detection-de-pathologies-re238/>

26/11/2015





## ALLER PLUS LOIN

# « GECKSKIN », SURFACE ADHÉSIVE INSPIRÉE PAR LES PATTES DU GECKO

*Une équipe de chercheurs de l'université Amherst du Massachusetts s'est inspiré des impressionnantes propriétés adhésives des pattes du gecko pour mettre au point GeckSkin, un « scotch » au pouvoir adhésif hors norme.*

Les scientifiques de tous bords ont pendant très longtemps été impressionnés par les **propriétés adhésives** des pattes du gecko, sans jamais vraiment comprendre les rouages permettant à ce reptile de développer une force équivalente à supporter une charge d'environ quatre kilogrammes sur une surface verticale et sans glisser, – soit près de 30 fois le poids du gecko, en moyenne 140 grammes. Une équipe composée d'un biologiste et de scientifiques spécialistes des **polymères** de l'université du Massachusetts, à Amherst, se sont penchés sur le sujet, avec des résultats qui sont pour le moins concluants.

Tous les précédents efforts pour synthétiser le pouvoir adhésif des pattes du gecko se sont régulièrement soldés par des échecs, la communauté scientifique ayant imputé cette prouesse aux seuls poils microscopiques présents sous leurs doigts, les setæ. La plupart des geckos possèdent ces setæ, dont l'implantation très dense forme des lamelles adhésives sous chaque doigt. Les setæ se ramifient à leur extrémité en poils extrêmement fins, engendrant des interactions avec le support à l'échelle moléculaire, connues sous le nom de « **force de Van der Waals** ». Pour décrocher les setæ d'une surface, les poils doivent changer leur orientation.

Les principaux problèmes sont la reproduction de ce dispositif naturel à plus grande échelle, la faible durée de vie de poils conçus artificiellement qui ne peuvent se renouveler, ainsi que la difficulté à reproduire la capacité qu'ont les geckos à se coller et se décrocher à volonté, et ce jusqu'à plus de 10 fois par seconde. « La complexité d'une patte de gecko

n'avait jamais été entièrement prise en compte », explique le biologiste du groupe, Duncan Irschick, qui a étudié le petit lézard pendant plus d'une vingtaine d'années. « La patte d'un gecko est composée de plusieurs éléments qui interagissent entre eux, incluant les tendons, les os et la peau en plus des setæ, travaillant ensemble pour produire aisément cette fantastique adhésivité réversible », ajoute-t-il.

C'est grâce au décryptage plus précis de ces mécanismes que l'équipe de chercheurs est parvenue à concevoir « Geckskin », un adhésif dont seulement 40 cm<sup>2</sup> posés sur une surface verticale peuvent supporter près de 317 kilos, – prouesse encore jamais réalisée à une telle échelle. Au delà de ces incroyables propriétés adhésives, « Geckskin » demanderait des efforts négligeables pour être détaché et serait réutilisable de très nombreuses fois sans perte d'efficacité, d'après l'équipe de chercheurs. Autre atout majeur : Geckskin ne laisserait pas de résidus sur les surfaces utilisées.

L'innovation majeure, selon le spécialiste Michael Bartlett, a été de « créer un adhésif intégré, avec une surface souple solidaire d'une structure rigide, permettant à la surface souple d'envelopper le support choisi pour maximiser le contact. » Comme dans une patte de gecko, « Geckskin est relié à une sorte de tendon synthétique, dispositif clé dans le maintien de la rigidité et dans la liberté rotationnelle offerte par notre découverte », poursuit-il. Les scientifiques de l'université du Massachusetts ont également prouvé que les setæ n'étaient pas nécessaires pour reproduire les performances des geckos, « concept qui n'avait jusqu'alors pas été étudié par les précédents travaux de recherche, et qui pourrait ouvrir de nouvelles possibilités pour les futurs travaux de recherche », conclut-il dans l'article publié dans la revue scientifique *Advanced Materials*.

Geckskin est essentiellement composé d'un polymère très commun, le polydiméthylsiloxane (PDMS), présent notamment dans les shampoings ou dans certains aliments. C'est un polymère très prometteur pour le développement d'un adhésif puissant, réversible, durable et peu onéreux. Suspendre comme « décoller » une télévision, un ordinateur aussi bien que du matériel médical ou industriel pourrait alors ne plus être qu'un jeu d'enfant, sans laisser le moindre résidu.

Le projet Geckskin a été réalisé sans surprise sous la houlette de la DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency), agence affiliée au Département de la Défense américain, et chargée de la recherche et du développement des nouvelles technologies destinées à des fins militaires. Les concepteurs de Geckskin, loin de se satisfaire de leur travail, continuent encore à améliorer leur découverte, afin de présenter le dispositif le plus efficace possible.

**Par Moonzur Rahman**

**À lire aussi :**

[Les rainettes au service des humains](#)

[Un super-adhésif pour un assemblage polyamide / aluminium](#)

22/03/2012

# BIOMIMÉTISME, LORSQUE LES SCIENTIFIQUES S'INSPIRENT DE LA NATURE

*Les matériaux bio-inspirés ne sont plus une simple tendance. Ils offrent des performances surprenantes. Exemples.*

## **Du verre rendu plus résistant par des micro-fissures**

La nature est bien faite et son observation peut se révéler très enrichissante comme le montre l'étude menée par des chercheurs de l'Université McGill à Montréal et publiée dans la revue *Nature Communications* dans laquelle les travaux relatés spécifient qu'en s'inspirant des micro-fissures présentes dans la nacre ils ont pu obtenir un verre bio-inspiré 200 fois plus tenace qu'un verre classique.

Le verre est par nature fragile et il ne supporte pas bien les chocs. Pour remédier à ce fait, le chercheur François Barthelat explique avoir tracé des micro-fissures avec un laser dans des lamelles de verre ; comme celles observées à l'intérieur de la nacre. Ainsi, en cas d'impact, l'énergie est davantage absorbée. Les fissures se déforment sous la pression mais ne se propagent pas, ce qui se traduit par une ténacité 200 fois plus importante que le verre de départ.

Cette technique devrait bientôt être vérifiée sur d'autres matériaux.

## **Quand les fenêtres font office de régulateur thermique**

En hiver les déperditions de chaleur sont inévitables. Du coup, on chauffe plus que nécessaire. À l'inverse, l'été, on aimerait souvent que la température soit plus douce afin d'éviter de ressortir le ventilateur ou d'activer la climatisation quand on en dispose. Le professeur Ben Hatton de l'Université de Toronto a peut-être trouvé une solution à ce problème en créant un matériau bio-inspiré qui rendrait nos fenêtres moins coûteuses en énergie en les transformant



en régulateur thermique.

Comme il l'explique dans un article écrit pour le journal scientifique *Solar Energy Material and Solar Cells*, le professeur Ben Hatton a utilisé une pellicule d'élastomère flexible et transparent, un polymère à base de polydiméthylsiloxane (PDMS), qu'il a intégré aux fenêtres classiques. Or, les PDMS possèdent des vaisseaux à l'intérieur desquels circule de l'eau à température ambiante. À l'instar du réseau vasculaire interne de certains organismes, ces derniers peuvent agir comme un mécanisme de refroidissement. Le professeur prend d'ailleurs en exemple les « vaisseaux sanguins qui se dilatent pour augmenter le flux sanguin au contact de la peau afin d'augmenter le transfert de chaleur par convection, tandis que la vasoconstriction (diminution du calibre des vaisseaux sanguins) limite le flux lorsque la peau est exposée au froid. »

Quand on sait que pour un bâtiment lambda, la facture est accaparée à 40% par ce problème de fenêtres, son idée s'avère des plus intéressantes. Mais cela en fera-t-il l'outil de contrôle thermique du futur ?

### Le matériau céramique inspiré de la nacre

La résistance ne fait pas partie des avantages naturels des céramiques. Aussi il est fréquent de leur adjoindre des matériaux plus tenaces, d'origine métallique ou polymère, pour les renforcer. Malheureusement ce système a ses limites. C'est pourquoi une équipe de chercheurs français s'est inspiré du revêtement intérieur des ormeaux, composé à 95% de carbonate (l'aragonite), pour créer un matériau dix fois plus solide qu'une céramique, qu'elle ait été réalisée traditionnellement ou d'après une méthode plus sophistiquée.

Parue dans la revue *Nature Materials*, une étude réalisée par les équipes du 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) montre en effet comment ils s'y sont pris pour obtenir ce résultat.

Les chercheurs ont mis de l'alumine, une poudre céramique, en suspension dans de l'eau puis l'ont « congelé » progressivement jusqu'à obtenir des cristaux de glace. Cela a entraîné un auto-assemblage de l'alumine sous forme d'un empilement de plaquettes. En phase finale, le matériau a été densifié à haute température.

Voilà, il « suffisait » finalement d'inclure une étape de congélation dans le processus de création pour obtenir une céramique dix fois plus tenace que la moyenne. En bonus, cette méthode est applicable à d'autres poudres céramiques et son industrialisation ne semble pas poser de problèmes.

### Des matériaux hydrophobe à l'effet lotus

Les feuilles de lotus ont la particularité de ne pas retenir les gouttes d'eau qui glissent sur leur surface. Des chercheurs de l'Institut de recherche et d'ingénierie des matériaux de Singapour se sont inspirés de cette capacité pour créer un matériau capable de faire la même chose avec de l'huile.



Il leur a fallu reproduire la surface de la feuille de lotus, faite de micro-rugosités, pour obtenir un revêtement superhydrophobe.

L'idée est de produire un matériau qui résiste à la pollution ou plutôt qui serait autonettoyant. Dans le cas d'un pare-brise par exemple, le passage de la pluie entraînerait les particules sales grâce à l'effet lotus. Cette faculté d'auto-nettoyage des surfaces hydrophobes a été observée dans les années 1970 bien que les premières utilisations dans le champ biomimétique n'aient eu lieu que vingt ans plus tard. Aujourd'hui, ces recherches intéressent toujours les industriels qui tentent toujours de découvrir de nouveaux matériaux aptes à rester propres.

### Light Cocoon, la voiture bio-imprimée en 3D et bio-inspirée

Conçu par la firme allemande EDAG, ce nouveau bijou de technologie s'inspire ici, aussi surprenant que cela puisse paraître, d'un squelette recouvert de peau. Le prototype baptisé Cocoon reprend la structure de l'édition précédente « Genesis » présentée au salon de Genève. Il s'agissait d'un squelette « bionic body structure » imprimé en 3D mais dépourvu de « peau ». Or, c'est précisément à ce niveau que se distingue Light Cocoon puisque le châssis 3D est ici recouvert d'une fine membrane textile imperméable qui le protège des intempéries.

EDAG s'est adjoint les services de Jack Wolfskin, marque allemande de vêtements d'extérieur, pour fabriquer ce matériau ultra-léger et résistant surnommé « Texapore Soft-Shell 02+ » que l'on pourrait comparer à un K-Way. Environ 25% du poids normal d'une voiture de cet acabit pourrait être économisé de cette manière. En outre, le tissu laisse la lumière le transpercer, ce qui permet de voir la structure, y compris la nuit avec les leds internes et confère à la Light Cocoon un design forcément original. Ce nouveau concept sera dévoilé au prochain salon de Genève en mars.

***Par Sébastien tribot***

Et aussi dans les ressources documentaires :

- [Bois, verre, céramique et textile](#)
- [Plastiques et composites](#)
- [Etude et propriétés des métaux](#)
- [Mise en forme des métaux et fonderie](#)
- [Traitements des métaux](#)
- [Elaboration et recyclage des métaux](#)
- [Matériaux fonctionnels](#)
- [Corrosion vieillissement](#)

25/02/2015

# DES ROBOTS QUADRIPÈDES TOUT TERRAIN

*Après BigDog, un robot militaire doté de 4 pattes, qui se meut comme une créature vivante, détecte ce qui l'entoure, marche, court et même saute par-dessus les obstacles, Boston Dynamics va, dès la mi-2012, tester son successeur, LS3.*

Imaginez une mule mécanisée capable de négocier un terrain rocheux, glisser sur la glace, se rire de la boue, se faufiler dans les sous-bois et grimper des pentes raides. Elle peut voir et éviter des obstacles, résister aux coups et aux chutes, suivre un homme ou s'en tenir à un parcours prédéfini, tout en transportant une charge de 50 kilos. Ce qui ressemble à une créature de roman de science-fiction existe bel et bien : il s'agit d'un **robot** évolué à quatre pattes appelé BigDog, qui a déjà été testé dans la campagne du Massachusetts, aux États-Unis.

Avec l'aide d'un financement de la DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency ou agence pour les projets de recherche avancée de défense), dépendante du Pentagone, BigDog et son successeur de deuxième génération, LS3 (abréviation de Legged Squad Support System), ont été conçus et construits par Boston Dynamics, une petite entreprise de pointe à Waltham, dans la banlieue de Boston. La société emploie une équipe de 70 techniciens, ingénieurs et scientifiques, et est spécialisée dans la construction de **systèmes robotiques** doués de la mobilité, l'agilité, la dextérité et la vitesse des animaux et des êtres humains. Ses robots associent des systèmes de commande dynamiques de pointe et des conceptions mécaniques avancées. Son fondateur, Marc Raibert, ancien professeur au MIT, envisage une large gamme d'applications pour ses **robots agiles**, du transport de provisions aux missions de reconnaissance, de sauvetage et de lutte contre l'incendie en milieu accidenté.

Selon Marc Raibert, dans une dizaine d'années, les petits

robots intelligents seront aussi banals que les jeeps : « Près de la moitié des terres émergées sont inaccessibles aux véhicules à roues et à chenilles. Mais hommes et animaux peuvent se déplacer presque partout à pied. » D'où l'idée de construire un robot qui se meut comme une créature vivante, qui détecte ce qui l'entoure, et qui peut courir, marcher et même sauter par-dessus les obstacles. « Un tel robot à équilibrage automatique dynamique requiert des commandes informatiques de pointe et des conceptions structurelles et mécaniques avancées », explique Marc Raibert. « Il y a eu quelques robots à pattes dans le passé, mais BigDog et LS3 sont largement en avance en termes de comportement sur terrain accidenté et dans toutes sortes de conditions réelles ».

## **Le robot Petman testera des vêtements de protection chimique**

Développé par une équipe d'ingénieurs et de chercheurs de Boston Dynamics, Bell Helicopter, AAI Corporation, Carnegie Mellon, the Jet Propulsion Laboratory, and Woodward HRT, LS3 devrait entrer dans sa phase de test à la mi-2012, au terme de trente mois de développement. Ce sera une version améliorée de BigDog : il aura une plus grande capacité de charge utile (près de 200 kg) et un rayon d'action à pied de 32 kilomètres en 24 heures avant ravitaillement. Il sera capable d'obéir à des ordres simples donnés par un homme, tels que « suis moi » ou « attend », qui peuvent être communiqués via un appareil portable. Si BigDog est muni de **capteurs** dans ses pattes pour détecter le terrain, son successeur, plus autonome, pourra voir et s'orienter grâce à un GPS, un lidar, et un système informatisé de vision.

Les vérins hydrauliques, qui commandent les pattes des robots de Boston Dynamics, sont l'un des composants-clés assurant que ceux-ci se déplacent dans pratiquement

n'importe quel environnement durant des heures. C'est en partie grâce à Trelleborg Sealing Solutions, qui a fourni à l'équipe de Marc Raibert des joints compacts haut de gamme en mélange de polytétrafluoroéthylène (PTFE) pour les articulations de BigDog. « Les joints toriques normaux se détériorent rapidement et fuient. Nous avons donc proposé des joints résistants hautes performances qui répondent à leurs besoins », explique Don Esterly, l'un des responsables techniques de Trelleborg Sealing Solutions. « Ce chien mécanique marchant et courant était un projet inhabituel étant donné que ce type de joints est plus couramment utilisé pour le train d'atterrissage des avions et pour les équipements industriels », reconnaît-il.

Ce projet unique a poussé les deux entreprises à collaborer plus étroitement. Trelleborg fournit des joints haut de gamme pour le LS3 à venir et pour le dernier robot de l'entreprise, une créature humanoïde nommée « Petman ». Elle sera utilisée par l'armée américaine pour tester des vêtements de protection chimique. « Nous avons mis au point Petman, de la planche à dessin au robot qui marche, en huit mois seulement », affirme Marc Raibert.

Sur le tapis roulant du laboratoire, la dernière création de l'entreprise court déjà, déroulant son pied à partir du talon, comme un être humain.

07/03/2011