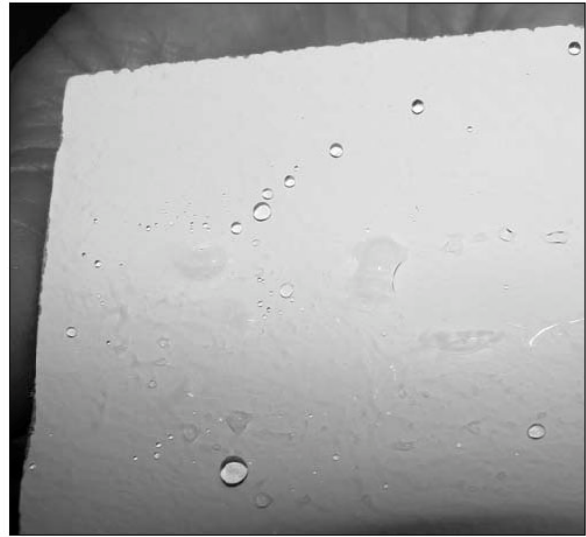
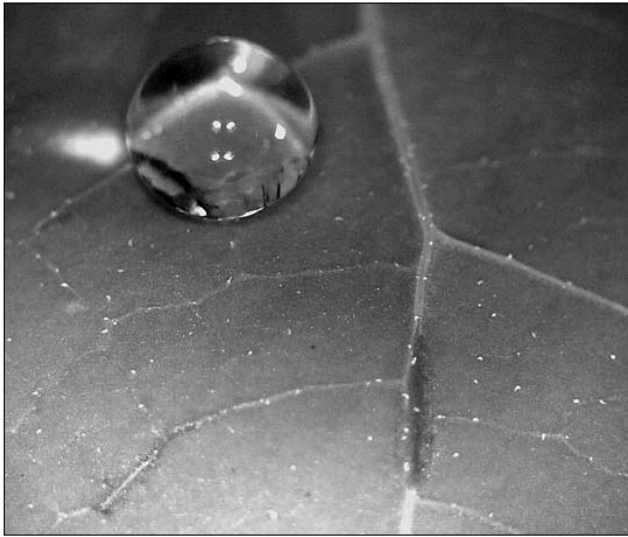


Introduction au biomimétisme

Inspiration et innovation pour les étudiants d'aujourd'hui et les travailleurs de demain



Gauche : une feuille de nasturtium vue au microscope digital haute résolution montrant de petites bosses de l'ordre du nanomètre et ses propriétés aqua-répulsives similaires à celles de la feuille de lotus, qui a inspiré l'élaboration de la peinture StoCoat Lotusan. Droite : lorsque l'eau touche une surface peinte avec la peinture Lotusan, elle s'agglomère en petites gouttelettes qui glissent et transportent avec elles les particules de saletés.

Par **Dorna L. Schroeter**

Traduit par R. Rouba

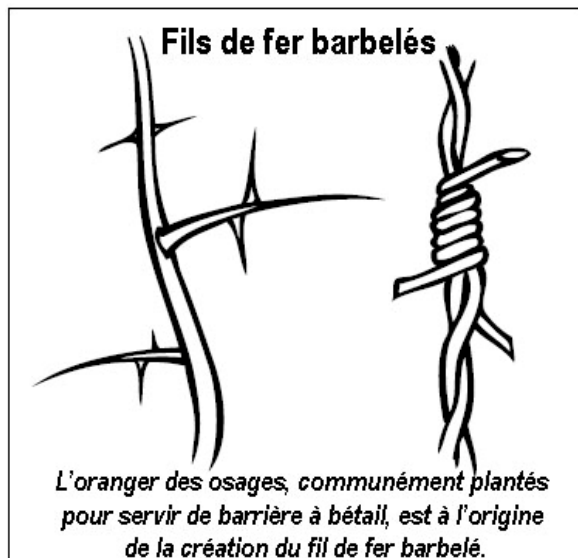
Vous cherchez un moyen de capter l'attention de vos étudiants tout en encourageant leur créativité et leur esprit critique ? Alors essayez ceci : demandez-leur d'expliquer le lien entre l'œil du papillon de nuit et l'écran d'un téléphone portable, ou bien celui existant entre le papillon bleu morpho et du tissu. Si vous ne connaissez pas la réponse vous-mêmes, alors bienvenue dans le monde étonnant et exaltant du biomimétisme. Ces deux exemples nous montrent comment les humains observent l'organisation de la matière au sein de la nature pour trouver des solutions aux problèmes actuels. A une époque où la surinformation alarmiste concernant l'environnement génère la peur et le désespoir, la science du biomimétisme apparaît comme une lueur d'espoir. En classe, ce sujet peut être une bonne base pour une activité de résolution de problèmes, de réflexion créative et d'échange collaboratif. Il permet aussi de présenter aux étudiants certaines technologies innovantes à l'origine des emplois de demain.

De plus, quoi de plus sympa que de savoir que les hippopotames utilisent leur sueur comme écran solaire, ou que des constructions inspirées du modèle des termitières peuvent permettre des économies d'énergie de l'ordre de 70 pourcent, ou encore, qu'un maillot de bain reprenant les

particularités de la peau de requin a permis de battre des records du monde ?

Le biomimétisme (dérivé du grec bios signifiant vie, et mímésis signifiant imiter) est une science relativement récente. Ses adeptes étudient les meilleures structures issues de la nature et les adaptent en vue de concevoir des matériaux et des procédés destinés à résoudre les problèmes auxquels fait face l'humanité. Dans son livre « Biomimicry: Innovation Inspired by Nature (biomimétisme : L'innovation inspirée de la nature) », Janine Benyus explique le concept de biomimétisme de cette manière :

« ... l'idée-maîtresse est que la nature, imaginative par nécessité, a déjà résolu bon nombre des problèmes avec lesquels nous sommes aux prises. Les animaux, les plantes, les microbes en sont ses ingénieurs accomplis. Ils ont découvert ce qui sur terre marche, est approprié et, plus important que tout, est durable. Après 3,8 milliards d'années de recherche et développement, les échecs ont pris la forme de fossiles, et ce qui nous entoure détient le secret de la survie. Ce qui est différent à propos du biomimétisme est qu'il n'est pas basé sur ce qu'il est possible d'extraire des organismes et de leurs écosystèmes, mais sur ce qu'ils nous apprennent. "Les biomiméticiens observent les organismes et empruntent leurs idées."



Maintenant, considérons le modeste ver de terre, qui non seulement laboure et enrichit le sol, mais aussi utilise de faibles quantités d'électricité pour maintenir sa surface propre, une idée qui est maintenant appliquée à l'agriculture et au matériel de forage. Les feuilles des plantes enseignent toutes sortes de choses aux gens. Cela va de la conception de meilleures cellules photovoltaïques à comment fabriquer des tissus autonettoyants. Les chercheurs travaillent actuellement sur des molécules synthétiques qui imitent la chlorophylle avec pour objectif de développer une cellule photovoltaïque plus efficace.¹ D'autres apprennent de la feuille de lotus, dont la surface est couverte de petites bosses invisibles à l'œil nu qui agglomèrent les gouttes d'eau de pluie et les font rouler, comment nettoyer et rendre une surface nette. La peinture Lotusan, déjà disponible sur le marché, imite ce procédé. Lorsqu'elle est appliquée sur un mur d'extérieur, l'eau et la saleté glissent et laissent le mur propre et sec. Pour finir, nous ne pouvons passer à côté de l'exemple bien connu du Velcro, dérivé des capitules de bardane, que l'on retrouve souvent accrochés aux vêtements après une randonnée dans les bois. Nous venons juste de commencer à découvrir les mystères de la nature. Avec quelques 270 000 espèces de plantes, 100 000 espèces de champignons et lichens, 80 000 espèces de protozoaires et algues, 75 000 espèces d'araignées et scorpions ainsi que 70 000 espèces de mollusques, nous avons un long chemin à parcourir !

Le biomimétisme en classe

Intégrer le biomimétisme au programme scolaire dans différentes disciplines aide les étudiants à voir la pertinence des sujets et les liens existants entre eux. C'est un moyen de les associer à des exercices créatifs de résolution de problèmes qui les poussent à réfléchir, poser des questions et créer, tout cela dans un cadre collaboratif.

Tom Mc Keag, du California College of Arts à l'université de California-Berkeley, utilise le biomimétisme comme passerelle entre science et art dans un cours intitulé « comment la nature s'y serait prise pour le faire ». Il conduit parallèlement des séminaires de deuxième cycle universitaire et des cours-ateliers de design bio-inspiré. Pour pouvoir proposer du design bio-inspiré ainsi que de la science au primaire et au secondaire, Mc Keag a aussi créé une organisation caritative éducative, BioDreamMachine, qui propose aux élèves du cours moyen des programmes après l'école. Dans le programme sur la géométrie de la nature par exemple, les élèves posent les questions suivantes : Quelles sont les formes de base que nous voyons sans cesse dans la nature ? Pourquoi ces formes ? Quels systèmes numériques pouvons-nous utiliser pour donner du sens à cette importante diversité de formes observables dans le monde ? Comment pouvons-nous créer de jolies formes inspirées de la nature ? Tout au long du programme, les étudiants ont la possibilité d'examiner des artefacts, ils peuvent assembler et enregistrer des données, créer des œuvres d'art basées sur les mathématiques tout en étant encouragés à inventer. Dans un autre programme issu de BioDreamMachine, intitulé Bio-Inspired Design (design inspiré par la nature), le biomimétisme est utilisé comme contexte pour présenter aux étudiants tout une variété de principes biologiques ainsi que d'autres, sous-jacents, issus de la physique et de la chimie. Au moyen d'activités manuelles, de discussions et de projets de conception, les étudiants explorent trois thèmes de base : Quels sont les rôles de certaines formes observées dans la nature ? Comment les pressions naturelles subies par les organismes ont-elles une influence sur leurs caractéristiques ? De quelle manière le biomimétisme et nos choix quotidiens peuvent-ils nous aider à vivre de manière durable sur Terre ? Le projet vedette du cours est la conception et la présentation au public d'une « Bio-Dream Machine », une invention qui incorpore les designs les plus réussis rencontrés dans la nature pour résoudre un problème choisi par la classe.

Activités pour élèves du cycle élémentaire

Les exemples suivants sont des activités simples de BioDream Machine pour présenter des concepts de biomimétisme.

Les nombres se cachent dans les bois : emmener les élèves pour une marche à l'extérieur, chacun équipé d'un presse-papier, d'un crayon et d'une feuille de papier épais (cardstock) sur laquelle seront listés les nombres de 1 à 10. Faites en sorte qu'ils identifient et dessinent un croquis des éléments de la nature qui possèdent ces nombres. Discutez et amenez-les à expliquer pourquoi

certains nombres sont meilleurs que d'autres pour certaines fonctions – pourquoi les choses vont par cinq ou trois par exemple. Dans son livre « The Beginner's Guide to Constructing the Universe » (Le guide du débutant pour construire l'univers), Michael Schneider note que les nombres de 1 à 10 sont « les dix brevets originaux pour toute chose dans la nature, de la plus petite particule subatomique jusqu'aux plus larges galaxies ». Si vous observez n'importe quelle chose dans la nature, vous verrez qu'elle est composée de formes et structures basées sur ces nombres. Ces modèles sont « les composants de base et chaque forme représente une stratégie particulière de résolution de problèmes que la nature a élaborée ».

Améliorer une souris : c'est un exercice de dessin imaginaire nécessitant de grandes feuilles de papier et des marqueurs de couleur. Il peut conduire à une discussion sur les fonctions que les animaux ont à accomplir, la compétition, la sélection naturelle. Les élèves auront à dessiner un « super survivant » qui présenterait les caractéristiques positives de sept animaux différents. Ensuite ils devront présenter leurs dessins et expliquer quelles difficultés l'animal devra surmonter et de quelle manière ces particularités vont l'aider à faire face aux épreuves. Fournissez-leurs plusieurs références illustrées d'animaux auxquelles ils pourront se référer pendant la réalisation de leur tâche. The Encyclopedia of Animals: A Complete Visual Guide by University of California Press (L'encyclopédie des animaux : un guide visuel complet édité par les presses de l'université de Californie) constitue une excellente référence.

Temps de maintien en l'air : il s'agit d'une compétition d'ingénierie où les élèves auront à concevoir un objet pouvant se maintenir en l'air. Pour cela ils ne pourront utiliser que du papier épais, des trombones, du ruban adhésif et une échelle. Montrez aux élèves quelques-unes des graines que vous avez préparées et qui ont la particularité de flotter dans les airs telles que les graines de pissenlit et les fleurs d'érable et montrez à la classe comment elles flottent au vent. Vous pouvez aussi parler des animaux qui tirent avantage de l'air comme les araignées, grâce à leurs fils de soie, et les écureuils volants. Ensuite, les élèves devront concevoir et construire un planeur en utilisant pour cela trois feuilles de papier épais de format 21/29,7 cm, sept trombones et une petite quantité de ruban adhésif. Le modèle qui gagnera sera celui qui se maintiendra en l'air le plus longtemps après avoir été lâché (pas jeté) d'une hauteur de trois mètres. Pour cela il faudra monter sur une petite échelle pour laisser tomber les planeurs pendant qu'un élève se chargera de chronométrer le temps et un autre enregistrera les résultats. Des explications simples sur la physique



Les couleurs d'un grand nombre de papillons, parmi lesquels on trouve le papillon bleu morpho, sont produites par des structures microscopiques sur leurs ailes plutôt que par des pigments. L'étude des papillons a apporté de nouvelles méthodes de création de couleurs dans diverses applications. Ainsi, certaines peintures ou même des afficheurs électroniques alimentés de manière optique par la lumière réfléchie du soleil et non par des batteries, ont bénéficié de ces avancées.

du vol sont disponibles sur internet et peuvent être couplées à des exemples de comportements animaliers.

Géométrie des jardins : si votre école a un jardin potager ou floral, vous avez par conséquent beaucoup d'exemples de géométrie naturelle à faire découvrir aux élèves. Le branchage par trois, les cercles concentriques, les méandres, les rayons et les spirales sont des formes élémentaires observables sur les plantes des jardins. Ainsi on remarque que les feuilles de beaucoup de plantes poussent en formant une spirale sur les tiges reflétant la séquence de Fibonacci (chaque nombre





Dorina Schroeter

Des étudiants de lycée examinent un capitule de bardane dont la structure a inspiré l'invention du Velcro.

est la somme des deux nombres qui précèdent). Voyez qui peut identifier le plus de formes. Une fiche préalablement préparée contenant des images montrant les formes élémentaires est utile pour guider les explorations des étudiants. Fascinating Fibonacci de Trudy Hammel Garland est une bonne introduction aux nombres de Fibonacci.

Activités pour élèves plus âgés

Demandez à la nature : Pour les élèves plus âgés, le site internet Asknature (Demander à la nature) du Biomimicry Institute (Institut de biomimétisme) donne la possibilité d'explorer le monde naturel pour s'en inspirer dans le but de résoudre les problèmes dans une optique de développement durable. Par exemple, en prenant un problème réel auquel nous sommes confrontés, comme la pénurie d'eau, les étudiants peuvent poser la question « Comment la nature s'y prendrait-elle ? » Leur sont alors présentés des exemples de rétention et de collecte d'eau dans la nature. Sur le site ils peuvent aussi naviguer dans une taxonomie fonctionnelle ayant pour titre « Obtenir, stocker ou distribuer des ressources » pour chercher des idées en observant comment, dans la nature, l'eau est collectée et stockée. En combinant ces idées avec leurs observations faites à l'extérieur, les étudiants pourraient concevoir un dispositif de récupération d'eau. Faites-leur observer au microscope haute résolution une feuille de nasturtium et ensuite, vaporiser de l'eau dessus. Quelles conclusions peuvent-ils déduire sur ce qui pousse l'eau à s'agglomérer en petites billes ? (comme les feuilles de lotus, les feuilles de nasturtium ont de toutes petites aspérités sur leur surface qui repoussent l'eau.)

Analyse du cycle de vie : pour cette activité, faites voir aux étudiants des exemples de biomimétisme dans l'actualité. Ils verront des titres comme « La loutre inspire des vêtements chauds qui nécessitent moins de produits chimiques, permettent des

économies d'énergie dans le processus de fabrication, et peuvent être recyclées, » « La Nissan Eporo évite les collisions en imitant les bancs de poissons, » « Les secrets du ver marin phragmatopoma californica pourrait produire un puissant adhésif médical, » « Un matériau issu de la peau de requin empêche la prolifération des bactéries, » « Les dauphins servent de modèle pour améliorer les qualités de vol des appareils » et « Un nouveau système de fixation inspiré des palourdes. » Ceci renvoie à de réels produits inspirés de la nature déjà sur le marché ou qui seront lancés prochainement. Faites une analyse du cycle de vie d'un de ces produits et comparez-le au cycle de vie d'un produit similaire qui est d'ores et déjà sur le marché pour aider les étudiants à comprendre le concept de durabilité.

Quel est donc le lien entre l'œil du papillon de nuit et l'écran d'un téléphone portable ? La surface à multiples facettes de l'œil du papillon de nuit est structurée pour réduire la réverbération. Des ingénieurs allemands ont utilisé des lasers pour sculpter des facettes sur une surface vernie. Les 16 millions de points par millimètre carré ont pour effet d'éliminer l'éclat sur les écrans de téléphones portables et d'ordinateurs.

Et le lien entre le papillon bleu morpho et le tissu ? L'étonnante irisation des ailes du morpho bleu n'est pas le résultat de pigments ou de colorants – en fait il n'y a pas de couleur du tout. La couleur est créée par de microscopiques couches transparentes sur les écailles des ailes qui annulent virtuellement toutes les ondes lumineuses réfléchies et accentuent celles produisant la couleur bleu. Ce phénomène est connu sous l'appellation couleur structurelle et peut être observé partout dans la nature. En utilisant des structures d'ordre nanométrique qui imitent les ailes du papillon, les humains ont créé non seulement du tissu mais aussi de nouvelles peintures ainsi que des cosmétiques ne contenant pas de métaux toxiques et nécessitant moins d'énergie lors de la fabrication.

Alors que nous cherchons des solutions à bon nombre de nos problèmes actuels, de plus en plus d'inventeurs posent la question : Comment la nature s'y prend-elle ? Des automobiles à la mode en passant par la médecine, les designers et scientifiques utilisent les principes du biomimétisme. Certaines universités proposent déjà des cours se rapportant au biomimétisme et bientôt, le biomimétisme sera une option possible pour un diplôme pour les élèves de fin de secondaire.² Ce qui aujourd'hui est une nouvelle façon de penser et d'observer notre monde, deviendra la base pour les générations futures qui feront leur entrée dans un monde du travail intrinsèquement lié au biomimétisme. Maintenant c'est votre tour : Qu'est-ce que vous et vos élèves pouvez imaginer ?

Dorna L. Shroeter est coordinatrice du Putnum/Northern Westchester BOCES Center for Environmental Education à Yorktown Heights, New York, et cofondatrice du Children's Environmental Literacy Foundation, membre du curriculum development team du P/NW BOCES Education for Sustainability K-12 project. Elle est aussi conseillère d'éducation au Biomimicry Institute. Elle aimerait remercier Tom Mc kreag de BioDreamMachine et Sam Stier du Biomimicry Institute pour leur contribution à cet article.

Rachid Rouba est traducteur indépendant anglais/français à Londres. Il est titulaire d'une maîtrise de sciences du langage et du Diploma in Translation du Chartered Institute of Linguists.

The Biomimicry Institute <www.biomimicryinstitute.org> : Ce site permet de télécharger des activités respectant le programme scolaire pour présenter le biomimétisme aux élèves du primaire et secondaire. De plus, il dispose d'une base de données « nature » dans laquelle on peut trouver les solutions qu'elle propose aux divers défis qui nous entourent. Cet été, l'institut proposera un cours en ligne de développement professionnel à destination des enseignants et moniteurs de primaire et secondaire pour les initier aux principes fondamentaux du biomimétisme et à la manière d'enseigner ces contenus. Vers la fin de l'année 2010, l'institut lancera le défi biomimétisme – jeunesse (Biomimicry Youth Challenge) pour motiver les élèves de primaire et secondaire à utiliser les idées issues du biomimétisme pour résoudre les défis technologiques humains. Biomimicry Institute, PO Box 9216, Missoula, MT 59807, 406-728-4134, Sam Stier, K-12 Education Director sam@biomimicryinstitute.org.

Notes

1. Anna Salleh, « Green leaves inspire solar cells, » ABC Science du 4 septembre 2006, mis en ligne le 16 avril 2010, <www.abc.net.au/science/articles/2006/09/04/1729572.htm>.
2. Pour une liste d'institutions postsecondaires offrant des cours relatifs au biomimétisme voir <www.biomimicryinstitute.org/education/university/external-programs.html>.

Ressources

Livres et CDs

Benyus, Janine. Biomimicry: Innovation Inspired by Nature. William Morrow, 1997.

Martin, Amy. Ask the Planet CD. The Biomimicry Institute, 2009. Songs for teaching about biomimicry, supported by downloadable activities. See <<http://asktheplanetcd.org>>.

McKay, George, et al (Eds.). The Encyclopedia of Animals: A Complete Visual Guide, University of California Press, 2004.

Schneider, Michael. The Beginner's Guide to Constructing the Universe: The Mathematical Archetypes of Nature, Art, and Science. HarperCollins, 1995.

Sites internet et organisations

AskNature, <www.asknature.org>. Projet lancé par le Biomimicry Institute, il dispose d'une base de données gratuite en ligne de solutions tirées de la nature pour filtrer l'air, faire adhérer les surfaces entre elles, faire circuler l'eau et des centaines d'autres procédés.

BioDreamMachine <<http://biodreammachine.org>>: ce site présente des études de cas, des astuces pour élaborer un cours, des plans de leçons, des liens vers le blog GreenerDesign.com qui est exclusivement consacré au design bio-inspiré (accessible directement à partir du site <www.greenbiz.com/business/engage/blogs/user/Tom%20McK>). Une section « héros » verra prochainement le jour où les visiteurs pourront prendre connaissance des personnes œuvrant dans le domaine de la recherche bio-inspirée, le design, l'ingénierie et l'éducation.

Biomimicry at GreenBiz.com

<www.greenbiz.com/search/apachesolr_search/biomimicry>. Ce site contient des liens vers une multitude d'articles courts sur la technologie influencée par le biomimétisme et l'éducation.