

CONCEPTION BIOMIMÉTIQUE. 1. DÉFINITION ET NORMALISATION

Septembre 2012

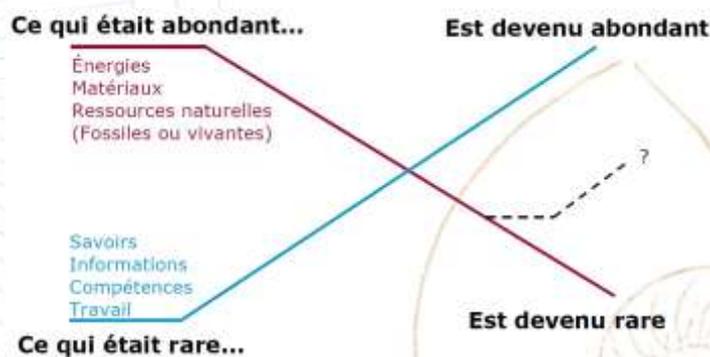
Pour fouiller la nature à la recherche de bonnes idées et en tirer des innovations adaptables, il faut une méthode, des outils, un langage... bref une nouvelle discipline. La rencontre du mécanicien et du biologiste forge le biomimétisme, comme la rencontre du mécanicien et de l'électronicien a donné naissance à la mécatronique. Plus de 300 pistes d'applications mécaniciennes ont été identifiées, mais peu sont arrivées au stade industriel. Ce n'est pas encore une démarche habituelle pour le mécanicien.

DÉFINITION

Le biomimétisme est une discipline de conception qui cherche des solutions durables en imitant des modèles et des stratégies de la nature éprouvés par le temps (définition du site de référence [Ask Nature](#)). Par exemple: une cellule solaire inspirée par une feuille. L'idée centrale est que la nature, forcée d'imaginer et de tester, a déjà résolu la plupart des problèmes auxquels nous sommes aux prises : énergie, production alimentaire, contrôle du climat, chimie non-toxique, transport, emballage. Il faudrait ajouter à cette définition: « et en les adaptant aux domaines technologiques », ce qui est la difficulté principale.

Pourquoi le réflexe « biomimétisme » ?

Les ressources de la planète sont limitées et nous entrons dans l'économie de la rareté. Ce qui était abondant devient plus rare : énergie, matériaux, ressources naturelles. Ce qui était rare est entre temps devenu plus abondant : savoirs, compétences, moyens d'observation et d'information.



L'inversion des raretés (Emmanuel Delannoy, Inspire)

Or, le monde du vivant présente un avantage essentiel par rapport au monde technologique, il utilise peu d'énergie et de matière et beaucoup d'information (30-70) quand le monde technologique utilise beaucoup d'énergie et de matière et peu d'information (90-10).

Il va être utile désormais de se poser la question : que ferait la nature ? Ses « experts » sont des espèces plus anciennes que nous et qui bénéficient de... 3,8 milliards d'années de R&D.

Nous ne partons pas de zéro

Les humains ont imité les animaux pour chasser, cueillir, nager, etc. L'avion est inspiré du vol des oiseaux. Georges de Mestral, en 1941, a eu l'idée du Velcro (Velours-Crochet) après avoir observé les petits crochets avec lesquels les graines de Bardane s'agrippaient à son chien. Il imagina un tissu à petits crochets pouvant s'agripper à un tissu à petites boucles.

Le terme *biomimetics* a été inventé dans les années 1950 par Otto Herbert Schmitt lors de sa thèse, en étudiant les nerfs de calmar pour concevoir un dispositif qui reproduit le système biologique de propagation du nerf. Puis, il a continué de se concentrer sur les appareils qui imitent les systèmes naturels.

Le livre de Janine M. Benyus « *Biomimicry : Innovation Inspired by Nature* » (1997) a popularisé cette discipline dans le monde anglophone, et sa traduction en 2011 « *Biomimétisme : Quand la nature inspire des innovations durables* » fait de même dans le monde francophone.

Conception biomimétique : trois niveaux de complexité

- **1) Design, forme** (bioassistance, bio-inspiration): le bec du TGV japonais, le Shinkansen, a été conçu pour traverser de nombreux tunnels à conditions de tourbillonnement d'air très différentes. Il s'inspire du bec du martin-pêcheur, qui ne produit pas de ride sur l'eau.
- **2) Processus, synthèses** : fabriquer du verre comme une éponge, cicatriser comme une peau, soie d'araignée produite par des chèvres (par greffage d'un gène d'araignée).
- **3) Systèmes, relations** : fermer les boucles des écosystèmes industriels et agricoles, diversifier et faire coopérer les espèces. Exemples : mélange d'espèces de riz pour parer à la maladie de l'une des espèces ; panneaux solaires à partir de gel protéique ; mouvements urbains inspirés des fourmis.

Outils du biomimétisme

Des équipes transdisciplinaires ingénieurs-biologistes commencent à utiliser un langage commun et à partager des plateformes et des bases de données. Des méthodes comme Triz (répertoire de principes innovants) et des outils de l'écoconception sont couplés au biomimétisme. Des soutiens comme le fonds de dotation Biomimethic© du pôle Fibres et comme la Mission « Biomimétisme » du Centre Francilien de l'Innovation apparaissent.

L'[Inspire Institut](#) s'intéresse aux moyens de fermer les systèmes et de les synchroniser avec le vivant :

- Think Tank qui travaille sur la diffusion du savoir
- Fab Lab qui expérimente

Un exemple connu de symbiose industrielle est celui de la ville de [Kalundborg](#) (DK). Elle a analysé et mis en place une gestion intelligente des besoins en matières premières et des rejets de déchets, aboutissant à un écosystème industriel, sorte de chaîne alimentaire entre industries voisines. Chaque industrie se nourrit des rejets de ses voisins afin de minimiser les intrants de matières et les déchets.

Les communes de l'ancien temps pratiquaient ainsi des stratégies de diversité complémentaire, à l'inverse des stratégies de spécialisation, et essayaient ainsi de conserver la valeur. Autour de l'utilisation, plusieurs bouclages peuvent être réalisés : recyclage, réassemblage, réutilisation, maintenance, partage.

Source : Rencontre AFNOR Biomimétisme du 15/6/2012

- *Le biomimétisme et l'innovation durable* (T. Chekchak, [Equipe Cousteau](#), [Biomimicry Europa](#), [Inddigo](#))
- *Le soleil, la vie, l'économie circulaire* (E. Delannoy, [Inspire Institut](#))
- *Outils du biomimétisme comme accélérateur d'innovation responsable et durable* (K. Raskin, *Biomimétisme France-Biomimicry*)
- *Approches biomimétiques au service du développement durable* (T. Prévost, *Commissariat général au développement durable, Ministère de l'écologie*)
- *Qu'attendent les entreprises et les territoires du biomimétisme ?* (K. Lapp, *Biomimicry*)
- *L'application du biomimétisme dans la robotique* (F. Boyer, *Ecole des Mines de Nantes*)
- *Création d'un fond de dotation pour soutenir l'innovation responsable Biomimethic* (K. Gedda, *délégué du Pôle de compétitivité Fibres*)

ASK NATURE

[Ask Nature](#) est une base de données en ligne, créée par Janine Benyus et gérée par le Biomimicry Institute. Elle comprend 1500 stratégies de la nature. Chaque fiche décrit la solution et l'organisme vivant concerné. Ask Nature donne une liste de produits dont la conception a été inspirée de cette stratégie. La liste est complétée d'une galerie d'images et de commentaires d'internautes. Les grandes lignes sont traduites ci-dessous. Elle comprend 8 groupes et 30 sous-groupes ([Biomimicry Taxonomy](#)):

Groupes de besoins	Sous-groupes de besoins
Mouvoir ou immobiliser (<i>Move or Stay Put</i>)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mouvoir ▪ Attacher (temporairement ou de façon permanente)
Maintenir l'intégrité physique (<i>Maintain Physical Integrity</i>)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Protéger contre les facteurs biotiques (actions du vivant sur un écosystème) ▪ Protéger contre les facteurs abiotiques (actions du non-vivant sur un écosystème) ▪ Gérer les forces structurelles ▪ Réguler les processus physiologiques ▪ Prévenir une défaillance structurelle
Maintenir une communauté (<i>Maintain Community</i>)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Coordonner ▪ Coopérer et concurrencer ▪ Fournir des services écosystémiques
Modifier (Modify)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Modifier l'état physique ▪ Modifier l'état électrique / chimique ▪ Adapter / optimiser
Fabriquer (<i>Make</i>)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Reproduire ▪ Assembler physiquement (des structures) ▪ Générer/convertir de l'énergie ▪ Assembler chimiquement
Traiter l'information (Process Information)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Naviguer ▪ Envoyer des signaux ▪ Traiter des signaux ▪ Détecter des signaux, des indices environnementaux ▪ Calculer ▪ Apprendre ▪ Coder, décoder
Décomposer (Break Down)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Décomposer chimiquement ▪ Décomposer physiquement
Obtenir, stocker ou distribuer des ressources (<i>Get, Store, or Distribute Resources</i>)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Capturer, absorber ou filtrer ▪ Stocker ▪ Distribuer ▪ Expulser

Exemples :

- **“Mouvoir ou immobiliser”** (170 stratégies). Exemple: “Les griffes rétractables ont de nombreuses fonctions (lion d'Afrique). Idées d'applications: véhicules qui fonctionnent bien sur des terrains divers, dispositifs de sécurité pour des équipements qui fonctionnent à des vitesses différentes, auvents rétractables, aiguilles rétractables ou équipement médical interne.

Encadré : de la peau de requin au revêtement des navires, avions et maillots de bain

Pourquoi : se déplacer dans l'eau sans accumuler des salissures nuisant au déplacement

Démarche : La peau rugueuse des requins résiste aux micro-organismes. Leurs écailles superposées sont trop dures pour être colonisées par des bactéries. Des universités (Floride, Aalto) et instituts ([IFAM Bremen](#)) ont pu transposer cette propriété. Cela a permis de se rendre compte en outre que les pertes par frottement sont réduites (effet Riblet) par rapport à une surface lisse. Cela a intéressé l'aéronautique, les éoliennes et les maillots de bain.

Comment cela a été transféré à l'industrie : Il n'y a pas eu de brevet générique, mais une variété de développements indépendants (peinture IFAM pour navire et éolienne, film avion 3M Flugzeugfolie, combinaison de natation Fastskin, raquette [Dunlop Aeroskin](#)). Cette technologie n'est pas à son stade final. Tous les freins ne sont pas surmontés : excédent de poids, coût d'installation, essais en soufflerie pas toujours probants, dégradation dans le temps et encrassement.

Encadré : du chardon au velcro

Pourquoi : disposer d'une accroche temporaire rapide, aisée à fermer et à ouvrir, à l'origine pour remplacer les boutons et les fermetures à glissière des vêtements.

Démarche : observation des graines de bardane (chardon alpin) qui s'accrochent au velours par des crochets, et que l'on peut décrocher, par [Georges de Mestral](#) en 1941. Avec l'aide d'un fabricant de textile de Lyon, il met au point une pièce de nylon à petites boucles et une autre à petits crochets, qu'il breveta sous le nom de Velcro (Velours-Crochet) : [US 2717437](#) (1955).

Comment cela a été transféré à l'industrie : marque déposée par [Velcro International BV](#) qui produit industriellement. Puis, de nombreux [brevets dérivés](#) ont vu le jour : Miliken, Western Electric, Yoshida Kogyo, Calspan, AT&T, 3M, Procter & Gamble, Leading Lady, Nike, DaimlerChrysler, General Motors, Boeing, etc. Chaussures à scratch, bandes patronymiques d'uniformes, disque abrasif sur une ponceuse, accroche de pare-chocs d'automobile, bottes et combinaisons spatiales, casques d'astronautes.

- **“Maintenir l'intégrité physique”** (953 stratégies). Exemples : “Feuilles résistant à la déchirure par leur structure sandwich : algues brunes”, “Trous microscopiques dissuadant les fractures : étoiles de mer”, “éponges prévenant la fissuration par la forme de leurs fibres, leur élasticité, leur orientation”. Idées d'applications: matériaux pour la mécanique et pour le bâtiment.

Encadré : de la feuille de lotus à la surface autonettoyante

Pourquoi : éviter d'avoir à nettoyer les salissures et les traces sur les bâtiments, les écrans, les véhicules.

Démarche : le microscope électronique permet en 1977 au botaniste [Wilhelm Barthlott](#) (université de Bonn) de comprendre le phénomène lotus sur une feuille de capucine. La force d'adhérence entre surface et eau ou particules de saleté est si réduite que cela aboutit à un auto-nettoyage. Avec Neinhuis, il réussit la transposition technique qu'il breveta (EP772514, 1998) et dont il déposa la marque [Lotus-Effekt®](#).

Comment cela a été transféré à l'industrie : Coopérations industrielles avec Lotusan (peintures, 1999), Erlus (tuiles, 2004), Ferro (verre, 2004), Degussa/Evonik (spray Tegotop 210 pour rendre les surfaces autonettoyantes, 2008), [Salvinia®](#) (surface pour retenir de l'air sous l'eau, 2008). De nombreux usages ont vu le jour: avions, fenêtres, douches, textiles, stores, parasols, tentes, voiles, etc. [Sto AG](#) a repris la marque et les brevets en 2010.

- **“Maintenir une communauté”** (276 stratégies). L'exemple très connu de coordination (auto-organisation) est: “Se déplacer efficacement en groupe : une armée de fourmis”. Idées d'applications: transports et robotique collaborative.
- **“Fabriquer”** (153 stratégies). Exemple : “Structure et forme de flexibilité : la vigne”. Idées d'applications: accouplements flexibles, arbres, tubes pour la mécanique, la plomberie, le bâtiment, les systèmes d'infrastructure de l'eau.

Comment questionner ?

La clé est la formulation de la question. Au lieu de chercher comment faire des pigments moins toxiques, chercher comment modifier la couleur (le papillon Morpho offre une solution).

Pour concevoir un bâtiment en zone de faibles précipitations, capable d'utiliser de l'eau de pluie, trouver le besoin, sortir des fonctions simples : comment la nature capture-t-elle l'eau de pluie, stocke-t-elle de l'eau ? → truite, poisson-archer, baleine, algues, broméliacées (famille de l'ananas), plantes du désert.



2. Essayer un angle différent. Certains organismes ne connaissent pas la pluie, mais obtiennent l'eau dont ils ont besoin : comment la nature capture-t-elle l'eau ou le brouillard ? Absorbe-t-elle l'eau ? Gère-t-elle l'humidité? → lichens, scarabées du désert, tiques de chien

3. Tourner autour de la question. Penser aux contraires : Comment la nature enlève-t-elle l'eau ? Reste-t-elle au sec ? → fougère aquatique, nautilaire

NORMALISATION

Définition, terminologie, processus : sont à normaliser

Le comité technique ISO/TC 266 est en charge de la normalisation internationale des méthodes et approches du biomimétisme (bionique ou biomimétique), incluant les résultats les plus récents des projets de R&D. Le biomimétisme doit être défini et ordonné, et une terminologie doit être développée. Les limites et potentiels du biomimétisme comme système d'innovation ou comme stratégie de durabilité sont à explorer. Tout le processus biomimétique du développement des idées à la création des produits est à décrire et à normaliser. Trois groupes de travail sont à créer :

- **GT 1. Concept et stratégie** : normes de différenciation entre les procédés conventionnels et ceux issus du biomimétisme.
- **GT 2. Structures et matériaux** : spécifications pour le développement de structures de surfaces permettant de réduire la résistance au frottement, surfaces autonettoyantes. Méthodes pour développer des outils coupants s'aiguissant tout seul et d'autres aspects bioniques sur les outils. Structures légères et autres structures
- **GT 3. Optimisation bionique et traitement de l'information**. Méthodes de conception mettant les connaissances en biomimétisme disponibles pour des constructions légères. Systèmes d'information bioniques incluant un modem basé sur la technologie S2C pour les systèmes d'alerte des Tsunamis. Traitement de l'information incluant la modélisation des capteurs tactiles actifs à partir des insectes

Documents techniques allemands existants

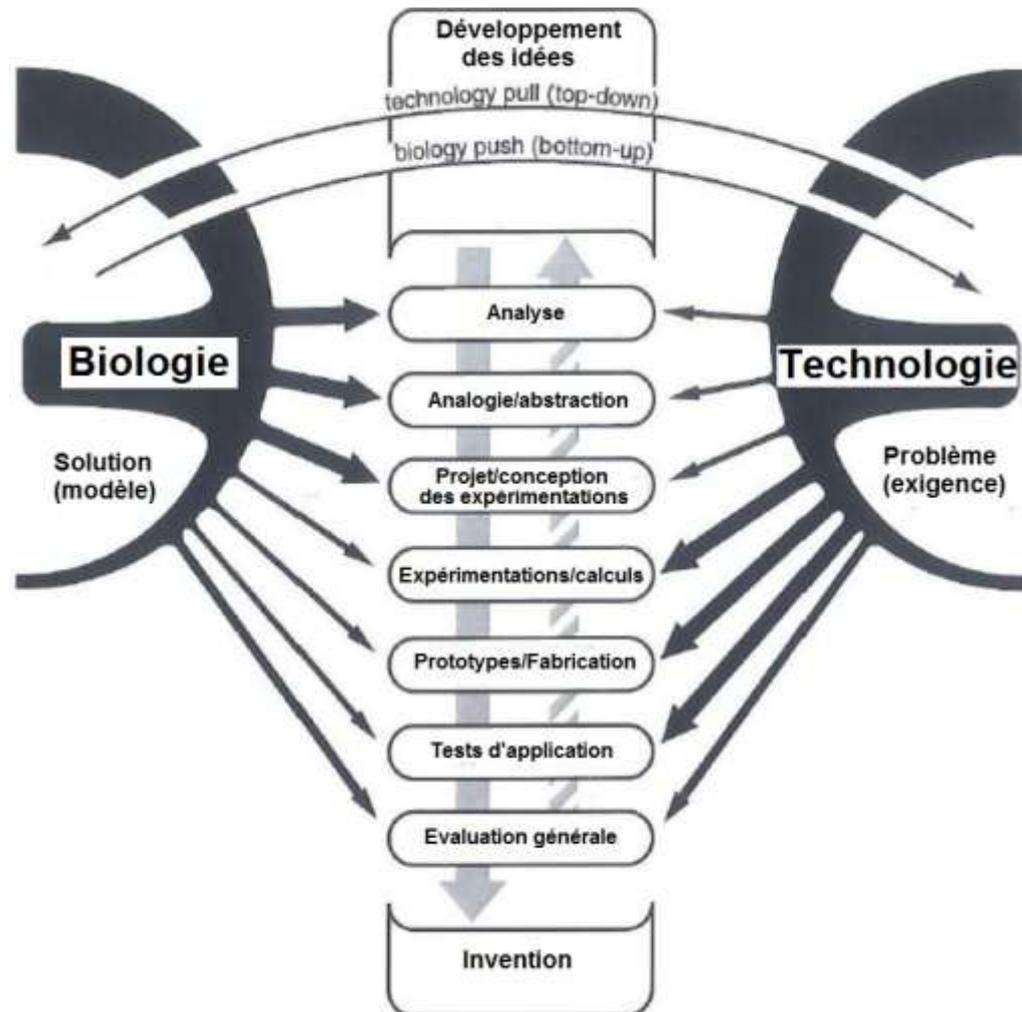
- VDI 6220. Biomimetics – Conception and strategy – Differences between bionic and conventional methods and products
- VDI 6221. Biomimetics – **Functional bionic surfaces**
- VDI 6222. Biomimetics – **Bionic robots**
- VDI 6223. Biomimetics – **Bionic materials, structures and components**
- VDI 6224-1. Biomimetic optimization – Application of evolutionary algorithms
- VDI 6224-2. Bionic optimization - Application of biological growth laws to the structure-mechanical optimization of technical components
- VDI 6225. Biomimetics – Bionic information processing
- VDI 6226. Biomimetics – Architecture, construction engineering, industrial design

VDI 6220 Concept et stratégie. Différences entre les méthodes conventionnelles et bioniques

Le domaine de la biomimétique est classifié et défini, de nombreux termes sont décrits, et une description du processus d'application des méthodes bioniques au produit bionique est proposée. Les limites et le potentiel de la biomimétique en tant que système d'innovation ou que stratégie de durabilité sont également décrits.

- Il est décrit dans quelle mesure les méthodes bioniques diffèrent des formes classiques de R&D.
- Si un système technique fait l'objet d'un processus de développement conforme aux présentes lignes directrices, il est alors possible de l'appeler système "bionique".
- Les lignes directrices donnent les directives et offrent un support aux développeurs, aux concepteurs et aux utilisateurs qui souhaitent apprendre le processus de développement bionique et intégrer les méthodes bioniques dans leur travail.
- Le VDI 6220 permet de fournir un cadre en matière de terminologie à utiliser lors de la formulation d'articles sur la biomimétique à vocation éducative et de recherche.
- Définitions :
 - Biomimétique : la biomimétique est une combinaison de la biologie et de la technologie, avec pour objectif de résoudre les problèmes techniques par l'abstraction, le transfert et l'application de connaissances issues de modèles biologiques.
 - Invention : les inventions incluent de nouvelles idées, y compris toutes les phases jusqu'à la construction de prototypes et le développement d'un concept spécifique dans la phase précédant la commercialisation.
 - *Technology pull* : processus de développement bionique dans lequel un produit technique fonctionnel existant est doté de fonctions nouvelles ou améliorées grâce au transfert et à l'application de principes biologiques
 - *Biology Push* : processus de développement bionique dans lequel les connaissances issues de la recherche fondamentale dans le domaine de la biologie sont utilisées comme point de départ et sont appliquées au développement de nouveaux produits techniques

- Interactions entre technologie et biologie :



Source : Rencontre AFNOR Biomimétisme du 15/6/2012. Un nouveau domaine de normalisation porté par l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO) (M. Trabelsi, AFNOR)

Malgré le soin apporté à la réalisation de cette note, certains liens hypertextes peuvent ne pas fonctionner correctement, notamment en raison de modifications des sites internet ciblés (ex : « page not found ») ou d'options de sécurité de certains viewer de PDF.

Ensemble pour les entreprises de la mécanique



Département
Veille Technologique et Stratégique

Contact

Jean-Marc Bélot
Cetim - B.P. 80067
60304 Senlis Cedex
Tél. : 03 44 67 33 05
jean-marc.belot@cetim.fr



Retrouvez nos notes de veille dans la Mécathèque du site Cetim :
<http://www.cetim.fr/cetim/fr/Mecatheque>



Consultez le guide des Technologies prioritaires 2015 sur le site Cetim :
http://www.cetim.fr/cetim/fr/mon_espace/accueil - Cliquez sur : ★ technos 2015