
Low-tech et biomimétisme

Cours dispensé le 14/02/2024 par Catherine Touzard aux 12 étudiant·e·s de l'option Ingénierie des low-tech (projet WELOW) à l'Ecole Centrale de Nantes.

Document rédigé par les étudiant·e·s sur base de leurs notes prises durant l'intervention.

Table des matières

Pourquoi le biomimétisme ?	3
Développement humain et usage des ressources	3
Sanctions naturelles	3
Analyse de cycle de vie pré-industrielle	3
Révolution industrielle	3
Economie linéaire : une inefficacité systémique	3
Le biomimétisme	4
Success stories de biomimétisme	4
Quel biomimétisme ?	4
Les principes fondamentaux de la nature	4
Fonctionnement circulaire	4
Services écosystémiques	4
Les principes de la nature	5
Optimisation et opportunisme	5
Symbiose	5
Coopération et échanges	5
Comment établir une approche biomimétique ?	5
Qu'observer ?	5
Champs d'applications	6
Méthodologie : deux approches	6
Solution based	6
Problem driven	6
Bibliographie	7

Objectif : ré-intégrer, rapidement, des modes d'activités respectant le vivant pour regagner en robustesse et résilience.

Olivier Hamant *La robustesse* (comment la performance détruit la robustesse, la nature a de l'abondance car pas de performance [rendement d'une feuille en photosynthèse : 0.5%, millions/milliards de graines qu'un arbre crée par rapport aux quelques unes qui se développent])

Pourquoi le biomimétisme ?

On sait que l'équilibre de la planète est instable, il évolue par des cycles, avec de la régénération.

Pourquoi on est si déconnecté du vivant dans les entreprises / activités économiques ? : on a objectivé l'extérieur, on l'a pris comme une ressource en oubliant le rôle du vivant. Exemple : les arbres / bosquets qui ne sont plus là que pour faire joli, on oublie les bénéfices pour les sols, pour la fraîcheur, pour les animaux, pour le carbone, pour l'eau, etc.

=> Biomimétisme : se rendre compte de ces cycles naturels, du rôle du vivant, pour fonctionner avec.

Développement humain et usage des ressources

Le développement humain s'est fait par l'usage de ressources. Par définition, initialement, une ressource est locale, dégradable, non toxique, utilisées à leur plus haut degré de valeur. On construisait en paille, en terre crue (pizé), en bois, en laine,...

Par elles-mêmes les traditions, l'approche vernaculaire, permettent une bonne adaptation aux conditions locales.

Sanctions naturelles

Le prix des pratiques non durables est l'extinction ou disparition du site. Exemple île de Paques où il auraient coupé tous les arbres et en seraient morts. Exemple d'îles des Philippines qu'on a fait passer en monoculture, par exemple de bambou, qui détruisent les sols et sont très inflammables (les cosse sèches qui tombent au sol).

Analyse de cycle de vie pré-industrielle

- Matériaux bruts d'origine naturelle
- Durée de vie du produit optimisée
- Réparabilité, dégradabilité

Révolution industrielle

Révolution énergétique et technologique. Pression sur les ressources qui a augmenté. Business models poussés par l'offre.

Economie linéaire : une inefficacité systémique

- 70 kg de matières premières en moyenne pour 1 kg de produit
- Décharge + Incinération pour 70% des produits en fin de vie. Seulement 30% de recyclage

L'approche actuelle dégrade fortement la viabilité des écosystèmes altère les équilibres créant des fluctuations importantes. Il est nécessaire de se tourner vers une approche adaptée à un monde fluctuant.

Notre futur est dans le vivant.

Le biomimétisme

“copier le vivant”. Observer des solutions/stratégies/techniques/modèles de la nature, pour les traduire en des solutions durables pour les problématiques humaines.

Success stories de biomimétisme

- Leonard de Vinci qui s'inspire des oiseaux pour faire l'ornithoptère.
- Train à grande vitesse qui entre dans les tunnels, très bruyants -> observation des martins pêcheurs qui rentrent dans l'eau sans bruit ni éclaboussures grâce à leur long bec.
- Pales d'éoliennes imitent les nageoires des baleines à bosse.
- Velcro inspiré de la bardanne qui s'accroche dans les poils des animaux.
- Déformations liées à l'hygrométrie (pommes de pin, autres protections des grânes)
- Contre-plaqué à colle naturelle inspirée des moules.
- Feuilles de lotus : hydrophobe, très flottante (quelqu'un pourrait tenir dessus), nettoyante (l'eau ne coule pas directement au centre mais descend en spirale donc nettoie plus grosse surface) -> peinture de façade faite avec ce genre de structure pour s'autonettoyer avec la pluie.
- Projet OSEIDO : réfrigérer avec de l'eau dans des conduites mais gros problèmes liés à calcaire et autres qui nécessitent produits chimiques pour nettoyage -> utilisation de structure créant un vortex pour que contre la paroi le déplacement soit trop rapide pour que le calcaire se fixe.

Quel biomimétisme ?

Le biomimétisme ce n'est pas que de la bioinspiration (cf velcro qui est en plastique...). Le biomimétisme implique d'intégrer

1. les principes du vivant,
2. les mêmes mises sous contraintes du vivant,

et d'entrer dans un processus de vérification et d'auto-limitation.

Les principes fondamentaux de la nature

Fonctionnement circulaire

Exemple de l'arbre. La photosynthèse est l'unique consommation de ressource, les feuilles mortes tombent et se décomposent, l'arbre se nourrit de l'eau et des nutriments du sol.

Déchets ? Pertes de matière ? D'énergie ? Interactions ? Echanges ? Temporalité et cycle.

Services écosystémiques

- Approvisionnement (nourriture, matériaux, eau, ressources médicinales,...)
- Régulation (air, eau, climat, érosion, déchets, purification, pollinisation,...)
- Culturel (valeurs spirituelles et religieuses, santé physique et mentale, récréation et éco-tourisme, valeurs esthétiques,...)
- Soutien/support (cycles, formation des sols, photosynthèse,...)

Les principes de la nature

La nature suit des règles simples et universelles qui s'appliquent à la plupart des organismes vivants (liste par Janine Benyus) :

- elle tire essentiellement son énergie du soleil,
- elle n'utilise que les ressources strictement **nécessaires**,
- la forme (structure, aspect, couleurs, ...) **sert la fonction**,
- tout élément est réutilisé **sans perte de valeur**,
 - dans la nature les déchets n'existent pas
- la nature parie sur la **diversité** et la **coopération**,
 - coopération : on n'y pense pas évidemment, on imagine le lion qui mange la gazelle, notre paradigme parle plutôt de compétition (cf Fresque des Nouveaux Récits). Pourtant c'est bien le modèle prédominant dans la nature, principalement en situation compliquée.
- la nature travaille en **expertise locale**,
- la nature **auto-limite** les excès,
- elle utilise les **contraintes** comme source de créativité.

Optimisation et opportunisme

Exemple du papillon Argus qui pond dans les gentianes pour se camoufler, et ses larves sont semblables à celles des fourmis rouges qui les prennent pour les leurs et les élèvent.

Symbiose

Exemple du lichen : l'algue par la photosynthèse nourrit le champignon qui lui sert de support et lui apporte des nutriments et de l'eau.

Coopération et échanges

Exemple buffles et aigrettes. Exemple permaculture avec plantes compagnones.

Comment établir une approche biomimétique ?

Observer pour reproduire, en se rappelant que le biomimétisme implique d'intégrer

1. les principes du vivant,
2. les mêmes mises sous contraintes du vivant,

et d'entrer dans un processus de vérification et d'auto-limitation.

Qu'observer ?

Multipliez les champs d'observations possibles (micro-organismes, animaux, paysages, végétaux, etc).

Exemple de l'ours polaire dont la fourrure est blanche pour le camoufler mais dont la peau en dessous est noire et absorbe le rayonnement.

Observer dans la nature ou sur des sites comme <https://asknature.org/>.

Champs d'applications

- formes et structures,
- couleurs, aspects visuels,
- matériaux et procédés (ex: silice des diatomées) - étude des propriétés (chimiques, mécaniques, physiques,...),
- écosystèmes et leurs organisations (ex: fourmis), relations inter-écosystèmes (ex: connections inter-cycles [cycle eau + arbre + carbone...])

Bioinspirations pour l'industrie de la mobilité :

- morphologie (architecture, design, aérodynamisme)
- matière (...)
- sensations (esthétique, couleur, toucher)
- fonctions (motricité, perception, décision)
- métabolisme (carburant, gestion de l'énergie, cycle de vie)
- sociabilité (coopération, trafic, fluidité, communication,...)

Méthodologie : deux approches

Solution based

Approche de l'écologue ou du biologiste.

Méthodologie par observation et questionnement :

- d'une structure récurrente (fractale, spirale, hexagone des ruches etc)
- de proportions ou de rôles systémiques
- d'une stratégie intéressante
- d'une relation (symbiose, échanges,...)

Problem driven

Approche de l'industrie, des urbanistes, des architectes, artisans,...

1. Identifier un challenge,
2. Inclure les contraintes fortes de durabilité (économie de ressources, non toxicité, fin de vie,...).
Ex "comment coller des éléments sans colle toxique et que ce soit démontable ensuite", "j'aimerais éviter la corrosion des tuyaux, sans produits chimiques"
3. Identifier la question comment le vivant fait-il ... ?
 - Taxonomie des stratégies du vivant (fabriquer, bouger, modifier, stocker, se protéger, coopérer, réguler, communiquer, coder de l'information,...)
 - <https://biomimicry.org>
 - <https://asknature.org/resource/biomimicry-taxonomy/>
4. Identifier les champions du vivant pour ce problème, et leur stratégie
5. Abstraire cette stratégie et l'appliquer au système technologique
6. Valider l'amélioration en terme de durabilité / résilience

Bibliographie

Biomimétisme

Bibliographie

Le vivant comme modèle: La voie du biomimétisme
Albin Michel, 2015 - ISBN 9-782226-320186

Industry of Nature : Another approach to ecology,
Frame Publishers Materio ISBN 9789077174487

L'art d'imiter la nature, A. Mathieu et M. Lebel -Ed. MultiMondes -ISBN 9782895-444923

Ingénieuse Nature: Quand la vie fait preuve d'invention
Emmanuelle Grundman & Marie-Odile Monchicourt
François Bourin Editeur - ISBN: 978-2-84941-265-7

On growth and form, Arcy Thompson (scientific theory and also good sourcebook of images)

The way nature work, Robin Rees (nature picture book, good source of inspiration)

Structural Biomaterials, Julian Vincent (a science analysis of natural materials)

Biomimicry in architecture, 2d ed., Michael Pawlyn - Rita Publishing - ISBN 0-781859-466285

Biomimetic Design Method for Innovation and Sustainability
Helfman, Cohen, Yael, Reich, Ed. Springer, ISBN 9783319339962

Biologically Inspired Design: Computational Methods and Tools
Goel, Ashok K, McAdams, Daniel A, Stone, Robert B., Ed. Springer - ISBN 9781447152477

Biomimetics for Architecture & Design: Nature - Analogies - Technology
Pohl, Göran, Nachtigall and Werner , Ed. Springer - ISBN 9783319191195

Potentials and Trends in Biomimetics
von Gleich, A., Pade, C., Petschow, U., Pissarskoi, E. - ISBN 9783642052453

Biomimetics in Materials Science: Self-Healing, Self-Lubricating, and Self-Cleaning Materials
Nosonovsky, Michael, Rohatgi, Pradeep K., Springer - ISBN 9781461409250

Bionic Optimization in Structural Design
Stochastically Based Methods to Improve the Performance of Parts and Assemblies
Steinbuch, Rolf, Gekeler, Simon (Eds.) - ISBN 9783662465950

Bionics by Examples, 2015: 250 Scenarios from Classical to Modern Times
Nachtigall, Werner, Wissner, Alfred - ISBN 9783319058573

Ressources en ligne:

CEEBIOS:

- Documents de référence: <http://ceebios.com/telechargements-references/>
- Chaîne Youtube: www.youtube.com/channel/UC3wZNAHTThRHh9EeWdQuFG_g
- Groupe facebook de veille dynamique sur le biomimétisme :
www.facebook.com/groups/chrysalide.veille.biomimetis

- **Biomimicry Institute:** <https://asknature.org> (encyclopédie en ligne du biomimétisme)
- **Biomimicry 3.8** (site de Jane Beynus): www.innovatewithnature.com

Outils et supports de cours pour enseignants en école d'ingénieur et math.
<http://www.learningwithnature.org/engineering-curricula/preview#page2>

Mooc de Cindy Gilbert: les bases du biomimétisme.

- <https://learn.canvas.net/courses/1181>
- Vidéos pour sensibiliser et expliquer des concepts de base sur le biomimétisme et le génie de la Nature: www.youtube.com/watch?v=USICW-fRAFI&index=1&list=PL-PkKlZpS9DltZPeEzEMcwYf7PHxpHZeC

Série web série Nature= Futur : vidéos de 5min qui présentent des projets biomimétiques:
www.universcience.tv/categorie-nature-futur-935.html

Biomimicry ToolKit du Biomimicry Institut: <https://toolbox.biomimicry.org/>

Acteurs, lieux et activités liées au biomimétisme dans les pays nordiques
<https://kumu.io/Linkola/frontrunners-in-biomimicry-in-the-nordics#actors-in-biomimicry-in-the-nordics>