

BIOMIMÉTISME

Les designers, les architectes et les artistes se sont toujours tournés vers la nature pour imiter la beauté de ses formes et y chercher l'inspiration d'un point de vue esthétique ou pour en imiter les procédés et les comportements. Le biomimétisme cherche aujourd'hui à s'inspirer de la nature pour inventer des solutions écologiques aux problèmes qui se posent dans les domaines les plus divers (l'agriculture, l'informatique, la science des matériaux, l'industrie) et pour développer de nouvelles interactions entre l'homme et ses environnements.

Il faut cependant distinguer les démarches qui n'ont recours à la nature que pour en « extraire » de nouveaux brevets industriels de celles qui aspirent à inventer de nouvelles formes d'échanges avec les plantes, les minéraux, les animaux pour résoudre des problèmes humains mais aussi pour chercher des solutions à la crise environnementale planétaire et, en quelque sorte, « restituer » à la nature ce qu'on lui emprunte. Cette « imitation », par ailleurs, ne se fait que par l'intermédiaire de procédés biologiques, technologiques, « machiniques » de pointe, qui ne constituent en rien un illusoire « retour à la nature ».

Cet ouvrage vise à réunir des chercheurs, designers, architectes pour interroger l'ensemble complexe de questions soulevées par la notion de « biomimétisme », pour en interroger l'actualité et les perspectives et pour questionner la pertinence philosophique et pratique de la notion d'« imitation » ou mimesis dans ce nouveau contexte.

SOUS LA DIRECTION DE : Manola Antonioli

TEXTES DE : Manola Antonioli, Jean-Marc Chomaz, Jehanne Dautrey, Emeline Eude, Laurent Karst, Betti Marenko, Gilles Rion, Mathias Rollot, Marion Roussel et Alessandro Vicari

ÉDITIONS LOCO EN COPRODUCTION AVEC
L'ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'ART DE DIJON
LE LABORATOIRE D'HYDRODYNAMIQUE (LADHYX)
L'UMR 7218 LAVUE CNRS

WWW.EDITIONSLOCO.COM | PRIX : 22€



BIOMIMÉTISME | SCIENCE, DESIGN ET ARCHITECTURE

SOUS LA DIRECTION
DE MANOLA ANTONIOLI

BIOMIMÉTISME

SCIENCE, DESIGN ET ARCHITECTURE

LOCO

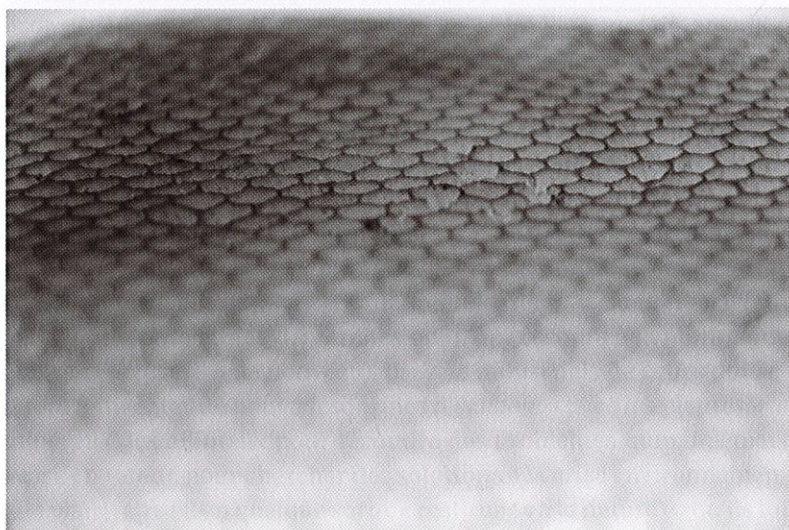
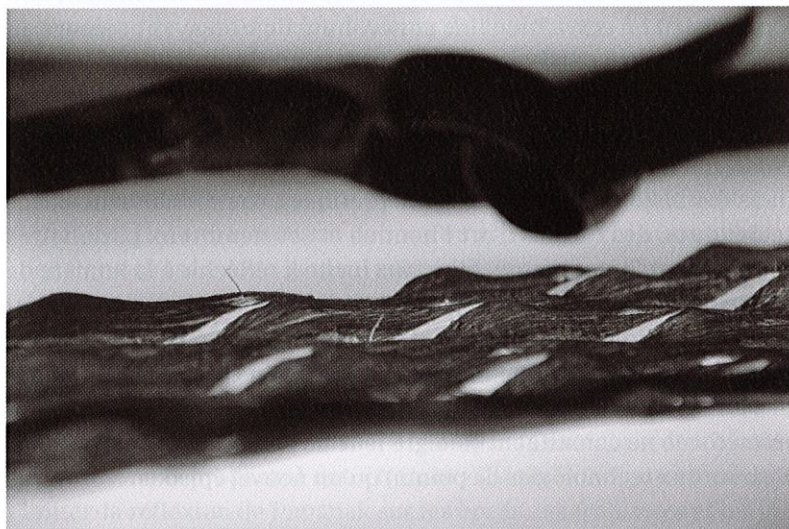


Fig 1 : Algue et écorces, 2016.
Photo J.-M. Chomaz, Barcelone.

Fig 2 : Nid d'abeille, 2015.
Photo J.-M. Chomaz, Barcelone.

BIOMIMÉTISME : LA FORME, LA FONCTION ET LA RÈGLE

JEAN-MARC CHOMAZ

La théorie des jeux¹, un oxymore ou un amusement mathématique ? Pourtant la vie elle-même est un jeu, un patient château de cartes, la construction mobile d'un *je* planétaire. Une parcelle de vie contient-elle tout le vivant ? Il suffit de mémoriser la *règle* et les possibles en découlent. Chaque partie sera unique mais semblable, la rejouer à l'infini et le fou prendra la tour. Aucun ordinateur n'a encore exploré tout l'espace de notre petit échiquier. Analyse combinatoire, deux fois plus de grains à chaque case et la dernière supportera tout l'Univers². La règle a imaginé l'infini, elle a inventé l'émotion, magnétique boussole du voyage sur les grands plis de la mémoire.

Mimétisme, nul besoin de copier les formes, il suffit de saisir l'instant et cheminer le long des sentes liquides.

Morphodynamique, une règle qui se répète en écho d'échelle en échelle, et une nouvelle géométrie prend corps, figurant des espaces de dimension fractionnée dans le jeu des miroirs.

La régularité d'un nid d'abeille ou d'une carapace de tortue, la complexité fragile du squelette d'un cactus ou l'efficacité d'un arbre

¹ Martin J. Osborne, *Introduction to Game Theory*, New York, Oxford University, 2004.

² L'univers visible contient de l'ordre de 10^{81} nucléides (protons ou neutrons) alors que l'échiquier contiendra 2^{64} , soit environ 2×10^{19} graines, chacune d'elles composée de l'ordre de 2×10^{22} nucléides, donc 2×10^{41} , bien loin de la taille de l'univers, mais poésie oblige... Selon la légende rapportée par Duncan Forbes *The History of Chess, From the Time of the Early Invention of the Game in India Till the Period of Its Establishment in Western and Central Europe*, Londres, W. H. Allen and Co., 1860, le sage Sissa, fils du Brahmine Dahir, demanda au roi Belkib, en récompense de l'invention du jeu d'échec de déposer un grain de riz sur la première case, deux sur la deuxième, quatre sur la troisième, et ainsi de suite, ce qui à la fin couvre l'échiquier de plus de graines que la Terre ne peut en produire en 1000 ans !

pour rejoindre le soleil tout en épousant la bourrasque nous sont sensibles car nous en percevons la logique de façon syncrétique. Elles ont inspiré les formes et les motifs décoratifs des artisans premiers aussi bien que les architectes modernistes comme Gaudi.

Ces formes sont performantes car répondant à une fonction : solidité pour un minimum de matière et un maximum de vide font de la structure alvéolaire hexagonale du nid d'abeille une forme optimale d'autant plus fascinante qu'elle semble idéalisée, presque abstraite. Ses propriétés en font une structure utilisée dans beaucoup d'applications en aéronautique. Cette structure présente le paradoxe d'être à la fois minérale, comme un cristal à deux dimensions, et organique, car inventée par le vivant. Elle rejoint ainsi la géométrie euclidienne où l'invention du point et de la ligne a guidé l'ingénierie de l'antiquité à nos jours.

La géométrie conceptualise des formes. Le point de surface nul est impossible à matérialiser autrement que par une métaphore, une tâche ou un trou. Même une étoile n'est pas un point car, regardée avec un grossissement suffisant, elle occupe un angle solide fini et a donc une taille, une surface projetée non nulles. Le point est perceptible par ce passage à la limite d'un aplat noir évanescent ; il constitue un acte de pure imagination, le premier émoi des mathématiques, expérience hors du corps, victoire sur le vide au-delà de la mort. En se déplaçant, le point engendre la droite, elle-même pure pensée en mouvement.

En tournant, une droite décrit cônes, cylindres que l'esprit découpe en ellipses, hyperboles ou paraboles. Cette géométrie définit un vocabulaire formel de mouvement, une langue pour dire la matière et apprivoiser le cosmos. Cette valeur universelle des mathématiques nous est aussi directement perceptible dans un désir descriptif, la fascination des lois premières, la stupeur d'approcher l'universel. Les constructions humaines, pyramides égyptiennes, temples grecs, lignes épurées des bâtiments de Mies van der Rohe ou de Le Corbusier, les objets du design aussi bien que la science cinétique, celle des machines et du mouvement, procèdent de ce langage géométrique descriptif de la forme, ce contrôle de la pensée sur la matière.



Fig 3 : Sagrada familia, 2015.
Photo J.-M. Chomaz, Barcelone.

Ce n'est qu'au milieu du XIX^e siècle que la géométrie de la règle est inventée par le mathématicien allemand Georg Ferdinand Ludwig Philipp Cantor et donnera naissance à la notion de fractal un siècle plus tard. De la ligne il conceptualise la notion de poussière. La droite d'Euclide qui joint deux points peut être mise en relation avec les nombres réels entre 0 et 1. En coupant ce segment en deux une première fois, on note 0.0 si le point est dans la première moitié du segment, et 0.1 dans la deuxième. Puis on rajoute un 0 ou un 1 si le point est dans la première moitié ou la seconde de chaque sous segment, et on répète le procédé en coupant de nouveau en deux les segments jusqu'à l'infini. On obtient pour chaque point de la droite une suite de 0 et de 1 : 0.0100000111101011... formant un nombre impossible à écrire car sans fin mais dont l'ensemble décrit de façon dense le segment [0.,1.]. Cette écriture de 0 et de 1 constitue le code binaire d'un nombre réel et, de façon équivalente, d'un point unique du segment [0.,1.]. Si, au lieu de couper en deux le segment, on le coupe en trois mais qu'on enlève la partie centrale et qu'on itère ce nouveau procédé à l'infini, on obtient une poussière de points, tous isolés avec un segment vide aussi près que l'on veut de chaque point. Pourtant, autour de chaque point, une infinité de points sont présents aussi proches que l'on veut. Cette poussière a une longueur nulle car la longueur des segments retirés est égale à celle du segment initial :

$$l = \frac{1}{3} + 2 \left(\frac{1}{3}\right)^2 + \dots + 2^n \left(\frac{1}{3}\right)^{n+1} + \dots = \frac{1}{3} \left(1 + \left(\frac{2}{3}\right) + \dots + \left(\frac{2}{3}\right)^n + \dots\right) = \frac{1}{3} \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{1 - \left(\frac{2}{3}\right)^n}{1 - \left(\frac{2}{3}\right)}$$

Mais on peut aussi coder cette poussière, comme nous l'avons fait pour le segment complet, en notant, à chaque étape, 0 si le point est dans le premier tiers du segment et 1 s'il est dans le troisième tiers du segment. Un point de la poussière de Cantor sera ainsi représenté par le code 0.0100000111101011... formant une suite impossible à écrire car sans fin. Remarquablement, cette suite est identique au code utilisé pour le segment [0.,1.] complet, montrant l'isomorphisme entre les deux géométries : à chaque point de la poussière correspond un point unique du segment, et à tout point de segment correspond un point unique de la poussière, faisant de celle-ci un ensemble de points indé-

nombrable. Cette poussière constitue la première géométrie non plus décrite par des formes-concepts (le point, la droite) mais par une règle, la forme étant alors le témoin du processus de sa création. La poussière de Cantor constitue l'objet manifeste de la rupture de la dialectique matière-forme au profit de la dialectique règle-matrice d'une forme auto-similaire³ à toutes les échelles dans l'abstraction d'une matière continue infiniment divisible.

L'averse

Il existait une ancienne Alliance
Forgée loin sous la montagne
Au plus profond du vivant
Fait de mémoires et d'errances

Elle avait la patience du temps
Elle disait l'intérêt de chacun et
de tous
Ses termes avaient été débattus
Chaque lettre choisie avec soin
Transmise de génération
en génération
Partagée dans le récit
Fine calligraphie d'eau enroulée

Mais l'averse des hommes

J.-M. Chomaz
2014

Hors des limites quantiques ou cosmologiques, ces géométries de la règle, appelées aujourd'hui fractales, se retrouvent dans les deux mondes animés ou inanimés, que les mouvements aient une âme ou pas, dans le minéral ou le vivant. La complexité des flocons de neige sexangulaire, discutée dans *L'Étrenne* par Johannes Kepler⁴ comme métaphore du divin-matière, formes à la fois régulières dans leur symétrie hexagonale, et complexes dans l'infinie variété de leur figure de branchements qui se répètent, relève de l'application récursive de règles simples de

croissance par condensation d'un cristal qui permet à la régularité des liaisons atomiques d'imprimer sa forme itérativement jusqu'aux échelles perceptibles à nos yeux. Les découvertes récentes en science semblent indiquer que la genèse des réseaux veineux, artériels aussi bien qu'aériens de nos poumons procède d'un processus dynamique, la différenciation des cellules se faisant en interaction avec des contraintes mécaniques. Aussi les formes fractales des voies pulmonaires, des veines ou des artères seraient la réponse simple à une règle, à une spécialisation et une sélection naturelle des cellules en interaction avec le milieu, comme l'avait imaginé Darwin. Seule leur apparence semble complexe car répétée d'échelle en échelle.

³ Benoit B. Mandelbrot, *How long is the coast of Britain? Statistical self-similarity and fractional dimension*, New Series 156 (3775). Science: 636-638, 1967.

⁴ Johannes Kepler, *L'Étrenne ou la neige sexangulaire*, traduction de Robert Halleux, Paris, Vrin, Histoire des Sciences, 1975.

Au XIX^e siècle Henri Poincaré démontra que le problème à trois corps, trois masses ponctuelles isolées dans l'espace en interaction gravitaire de Newton, n'est pas intégrable, résolvant de façon surprenante une énigme de plusieurs siècles. Ainsi, si le mouvement de deux corps est intégrable avec des trajectoires elliptiques, celui de trois corps est imprévisible, sensible aux conditions initiales. Ce problème constitue le plus simple exemple de chaos déterministe, faisant dire à Henri Poincaré que la vérité nous sera toujours cachée de par la sensibilité aux conditions initiales. Les trajectoires divergent les unes des autres et dessinent des arabesques repliées à l'infini. Ces deux découvertes, de la poussière fractale par Cantor et du chaos par Poincaré, fondent la base d'une nouvelle pensée mathématique, la science du complexe ou de la complexité. Elles rejoignent une troisième idée proposée par Darwin sur la sélection naturelle des espèces. Celle-ci a trop souvent été perçue comme la sélection de chaque espèce, impliquant l'idée d'une compétition entre espèces, alors qu'il s'agit bien d'une coévolution qui intègre dans la règle l'ensemble du vivant à travers de multiples interactions transformant celui-ci en une entité unique et permettant une co-construction du paysage. La sélection n'implique plus alors une inéluctable chaîne prédateur-proie mais génère des « stratégies » gagnant-gagnant, de spécialisation ou d'entraide, des symbioses et des affinités chimiques, biologiques, sensorielles, émotionnelles, non limitées à des avantages reproductifs, alimentaires ou de loisirs. L'empathie, que des recherches actuelles sur des nouveau-nés montrent être innée, devient une stratégie dominante⁵, démontrant l'idée simple que l'écoute, le respect de l'autre et la prise en compte de ses besoins pour déterminer, sélectionner, nos propres actions sont des stratégies gagnantes pour chacun comme pour la communauté. Les prédateurs d'apex respectent cette règle implicite en n'attaquant jamais leur proie au point d'eau et en limitant leur prédation au strict nécessaire. La culture Inuit reconnaît cette vertu au loup qui, en attaquant les plus faibles animaux des troupeaux de caribous, les maintient en bonne santé. La sagesse de ce peuple vivant en milieu extrême prête d'ailleurs à Amarok, l'esprit du loup, l'enseignement de ce savoir aux hommes qui auraient naturellement choisi de chasser les plus belles bêtes et provoqué l'appauvrissement des troupeaux.

⁵ Au sens de la théorie des jeux.

Erreur humaine

Il doit y avoir une erreur
Cela ne devait pas se passer ainsi !

L'Homme
A-t-il éventré les entrailles noires
de la montagne ?

Le jardinier
Trompé le vent ?

L'argile façonnée, victorieuse de
l'hiver
Affamé l'humanité errante ?

Le métal et le feu
Durci son cœur ?

Les pierres levées
Obscurci la nuit ?

L'ocre, la cendre et le Lapis
Figé la course des chevaux sur
les murs de la grotte ?

Les mots
Griffé les tablettes du temps ?

Le zéro
Aspiré l'espace ?

Les animaux
Fasciné leur reflet dans l'étang
de nos jours ?

Non, il n'y a pas d'erreur
Cela devait se passer ainsi.

L'homme nu
Tremblant de froid et de peur
Porte l'obsolescence du vivant
Grimace ultime de l'évolution.

J.-M. Chomaz
2014

Dans l'esprit de Darwin l'évolution doit se comprendre comme une dynamique, une morphodynamique de la règle, s'appliquant sur des échelles de temps multiples, générationnelles mais aussi beaucoup plus longues, des échelles d'espace multiples, les groupes allant de l'ensemble du vivant perçu comme un tout aux individus, mais aussi aux cellules qui forment cet individu et ont prévalu à sa morphogénèse. Une vision aussi auto-similaire de l'évolution inclut ainsi l'adaptation et ce que l'on appelle aujourd'hui l'expression des gènes, l'activation ou non des capacités en réaction aux évolutions de son propre corps comme de la planète toute entière.

Nous n'avons pas les mathématiques pour traiter un problème aussi complexe. En théorie des jeux, nous pouvons considérer des enchères où chaque joueur (acheteur, vendeur...) voudra maximiser son gain et où un certain degré d'incertains est pris en compte sous la forme d'une inconnue sur la valeur des marchandises mises en vente ou d'une malchance modélisée comme un joueur caché qui joue contre tous ou aléatoirement, en dépit de tous. Même dans ce cadre théorique strict de seule logique de gain, si le jeu se poursuit

sur le long terme, si chaque joueur est doté d'une mémoire et si les joueurs ont la possibilité de communiquer entre eux des informations qu'ils possèdent à un moment dans le jeu, alors la stratégie dominante de chacun peut devenir l'honnêteté. Le vendeur ayant intérêt à divulguer toutes les informations qu'il possède sur les objets proposés, même lorsque ces informations amenuisent leur valeur, il obtiendra ainsi en moyenne, sur le long terme, le meilleur prix. Cela explique la santé d'organismes comme Christie's ou Drouot, et cette logique préside

à tous les sites Internet où l'avis en retour du consommateur et l'évaluation croisée prestataire-consommateur ne donnent pas d'autre choix que l'honnêteté ! Ainsi, en imaginant que tout a un prix et que nous sommes sous le règne du numéraire, certaines vertus comme la franchise, l'honnêteté et même une certaine forme d'empathie ne seraient que des stratégies dominantes issues d'un rationnel de gain.

Mais le vivant est bien plus que la théorie des jeux. Il n'y a pas de numéraire, pas une seule façon de mesurer le gain, et la formulation en terme d'optimisation, même multi objectifs, est sans doute trop limitée. Même dans une optique d'évolution/optimisation, la mémoire enroulée de l'A.D.N.⁶ est nécessaire à l'établissement de stratégies dominantes mais elle va au-delà en gardant le souvenir réactivable de solution non optimale, en maintenant des stratégies inutiles. Elle permet aussi la survivance d'actes d'apparence gratuits au sein d'un individu, entre individu, entre espèces et ce de génération en génération. Le vivant est en interaction aussi à toutes les échelles avec les forces telluriques et même, poussière d'étoile, avec le cosmos dans une mémoire d'avant l'accrétion de la nébuleuse d'où naquirent le soleil et l'engrenage des planètes.

L'évolution d'une espèce induit compétition et optimisation alors que pensée à travers les échelles, de la cellule, infime partie d'un individu, à la totalité des acteurs sur notre planète, elle implique la coopération entre cellules, individus et espèces. Ce principe d'entraide et de complémentarité permet l'exploration et la survie de solutions inefficaces, il constitue le fondement de l'exubérance et de la complexité du vivant. Dans chacune de ces formes même d'apparence irrationnelle et dans la mémoire de leur errance, dans la construction d'espèces non en compétition mais en complémentarité, non en interdépendance mais en interaction, réside la résilience du vivant. Il en découle un principe d'altérité, une stratégie dominante de tous les agents à toutes les échelles d'attention portée au besoin de l'autre, d'actes gratuits, de poursuite de solutions non optimales dans l'instant, mais d'où naîtra peut-être l'adaptation à un changement inattendu, l'essentiel venant de ce qui semble inutile au présent, des erreurs et des égarements du chemin.

⁶ Et peut être d'autres éléments encore à découvrir qui permettent l'expression des gènes en fonction des variations de l'environnement.

L'évolution naturelle des espèces serait alors avant tout la diversification avec l'exploration, le maintien et la mémoire de toutes les formes rencontrant une fonction. Cette diversification est rendue possible et probable, comme stratégie d'agent, cellule, groupe ou espèce, par un principe de coopération, éloge de l'inutile, du gratuit et du non-optimal, par la création d'une culture commune, une langue universelle. L'essence de notre mémoire enroulée dans l'A.D.N. ou encore enfuie sous une forme insoupçonnée dans nos cellules serait ainsi une chanson de geste, un poème épopée et non le stockage objectif et aride de solutions d'ingénierie optimisées. Les gènes, cette suite de A.C.G.T., scanderaient une longue mélodie pour questionner le rayonnement fossile du Cosmos.

La notion de biomimétisme est mobile, elle accompagne notre perception de notre relation au vivant. D'une certaine façon, elle la définit, la rend tangible.

Biomimétisme des fonctions

Ainsi, nous avons tenté d'imiter les *fonctions* à travers les *formes* proposées par le vivant pour les assurer. Le vol des « plus lourd que l'air⁷ » débute par l'observation des oiseaux et des insectes, de l'apesanteur éthérée de la graine du pissenlit ou des tournoisements du tilleul. Cette question : comment la forme d'une aile permet la fonction de voler, entraîne Étienne-Jules Marey et George Demeny à inventer la chronophotographie, puis la caméra rapide et la projection au ralenti pour analyser et recomposer le mouvement. Ces questions continuent à motiver des recherches afin d'améliorer les performances de nos machines volantes. Apprendre du grand duc comment effleurer l'air pour rendre le vol silencieux, de l'aigle royal copier le mouvement des plumes qui se soulèvent pour empêcher le vent de décoller de son aile.

Biomimétisme des formes

Du biomimétisme des fonctions nous sommes passés au biomimétisme des formes.

Aujourd'hui les laboratoires tentent d'inventer de nouveaux designs

⁷ Expression définissant les premiers aéronefs face aux aérostats, plus légers que l'air.

et de créer des copies mécaniques des êtres volants, des drones oiseaux ou insectes aux formes directement reproduites du vivant. Des automates fascinants par le regard qu'ils posent sur notre quête de savoir. La recherche explore aussi des surfaces non-mouillantes en les texturant de pics ou de poils à petite échelle pour reproduire le roulement de la rosée sur les feuilles de lotus. Le biomimétisme crée des formes qui produisent l'illusion du mouvement organique dans l'architecture de Gaudi ou dans les objets bio-inspirés. Elles expriment notre idéalisation du vivant, notre perception de la nature et notre rapport avec elle plus qu'elles n'incarnent de réels processus ou qu'elles ne résultent d'observations objectives. Des formes fantastiques dans la peinture de Jérôme Bosch, des formes hybrides dans la culture Inuit où homme-animal-minéral s'échangent comme ce gardien, Inukshuk⁸, fils roc face au blizzard du Nord qu'il affronte éternellement.

Biomimétisme de la règle

Depuis le milieu du XX^e siècle le biomimétisme a commencé à entrevoir l'importance de la règle et non plus de la fonction ou de la forme, inventant les algorithmes génétiques et les réseaux neuronaux capables d'apprendre pour reconnaître ensuite, optimiser un processus ou encore mener à bien des analyses complexes. La vision, les perceptions, le mouvement et les prises de décision en milieux non totalement maîtrisés, la pensée de nos automates modernes procèdent souvent de ces processus bio-inspirés.

Mais, comme nous l'avons dit en introduction, ce biomimétisme de la règle inclut aussi l'invention des fractals et du chaos, puis de la dynamique des textures, premier effleurement du questionnement plus large, naissance des formes, morphogenèse et morphodynamique. La solution biomimétique d'un problème résulte alors non de l'analyse du vivant comme performatif ou de la copie d'une forme performante, mais de l'application d'un principe, d'une règle de résolution inspirée

⁸ Inukshuk est un cairn anthropomorphe. Le terme inuktitut est composé des morphèmes inuk (être humain) et suk (substitut), signifiant « ce qui a la capacité d'agir comme un être humain ». La légende Inuit raconte la naissance du tout premier Inukshuk : un petit garçon choyé par ses parents, mais jaloux à la naissance de sa sœur, part et devient le disciple d'un mauvais chaman. Aveuglé par la haine, il soulève un terrible blizzard mais, voyant la souffrance qu'il a provoquée, tente d'arrêter le vent de ses bras grands ouverts. Au matin, la tempête a cessé mais le garçon est changé en pierre, qui veille désormais et guide son peuple dans la tempête.



Fig 4 : Vol d'une libellule, photo arithmétique sur le travail Étienne-Jules Marey, 2016.

Fig 5 : Exoplanet, un cosmos intime habité de la bioluminescence du phytoplancton *Pyrocistis Noctiluca*, vivant, 2015. Installation créée pour le salon des Réalités Nouvelles.

des processus vivants de ce problème d'où se matérialisera une forme simple ou complexe, euclidienne ou fractale dans l'espace aussi bien que dans le temps.

Biomimétisme d'évolution

Nous étions plante, nous étions pierre, nous étions vivants, sommes-nous morts en oubliant la règle d'évolution, de l'exubérance, du complexe, du divers inutile et gratuit, du non-optimal, la règle d'être avant tout l'autre, du plaisir dans l'échange et l'entraide sans raison ni calcul, d'être soi seulement dans le miroir du vent ? La crise écologique, le point de disjonction planétaire, la singularité anthropocène, viennent de la dislocation de cette mémoire, de ce long fil du Minotaure, de ce lien sans tension sans attente. Sommes-nous au seuil d'un biomimétisme plus large, reconsidérant ainsi l'ensemble sur lequel appliquer la règle d'évolution, l'agent devenant aussi bien la cellule dans les nouvelles recherches en morphologie embryonnaire, que le territoire et tous ses acteurs minéraux ou vivants ? La clef de voûte du processus est-elle la diversité, secret de la résilience, condition de l'altérité ?

La science ne sait pas formuler cette règle d'évolution sans fonction de gain ni de coût, sans formulation en termes de service, de bienfait ou d'avantage. Ce devrait être un protocole de non-compétition, de complémentarité, de recherche de l'innovant, du divers, du différent pour avoir des autres, des inconnus à découvrir, et non l'image inversée de son autre moi. Nous avons la responsabilité de jouer notre rôle, de prendre notre part. Devenir pierre, devenir plante, devenir brume dans le regard du soleil. Il nous faut renoncer à comprendre pour ressentir, percevoir. La règle d'évolution est cet échange non numéraire, non quantifiable, mais émotionnel. Il nous faut accepter cette mémoire première, ces souvenirs d'avant notre naissance, ce dialogue éternel entre tous les êtres, écouter en nous les échos du chemin de la poussière condensée par la collision des nébuleuses intersidérales à la vibration bleutée des ailes d'une libellule.