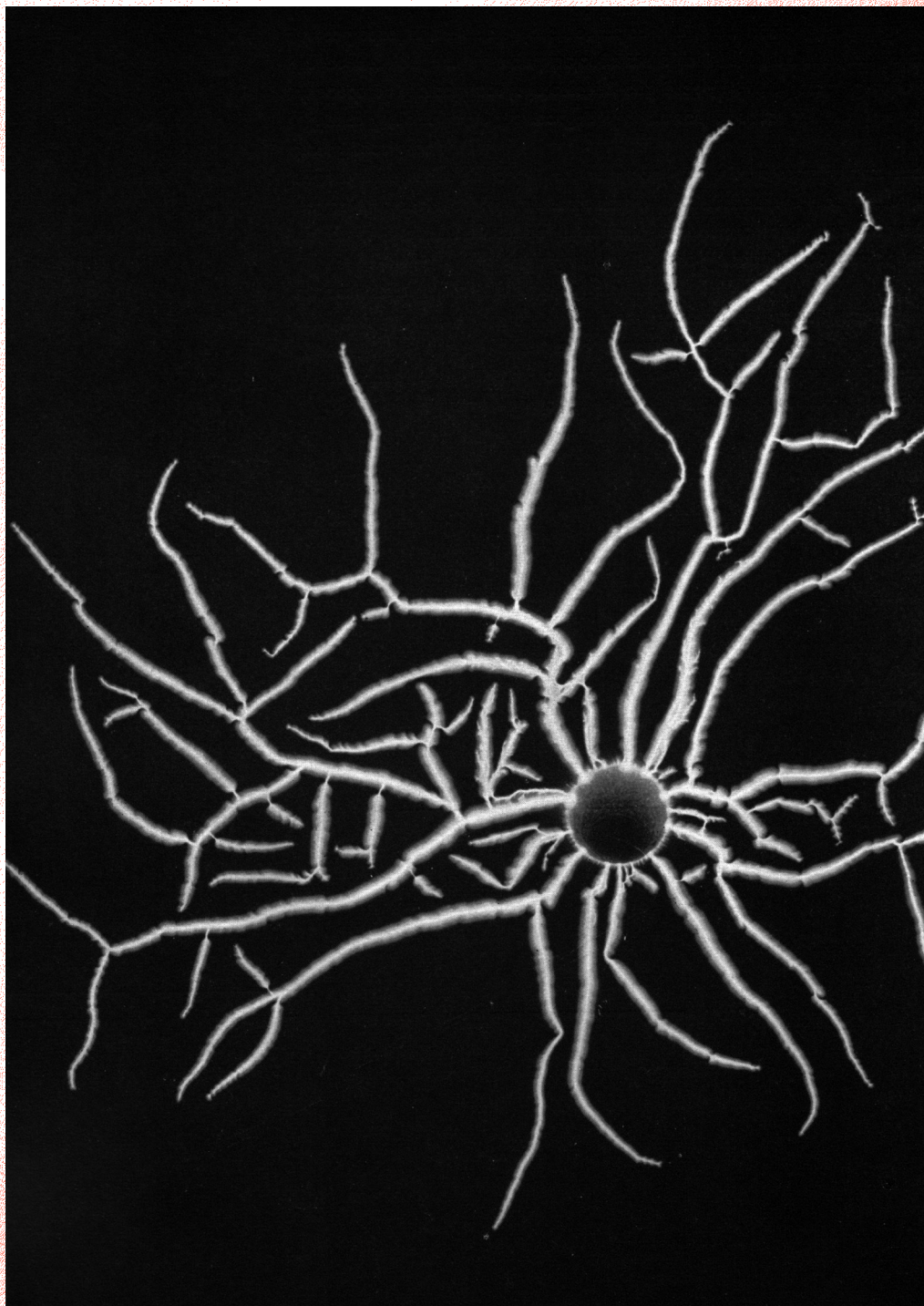




Marie-Ange
Brayer

« Partout où quelque chose vit,
il y a, ouvert quelque part, un registre
où le temps s'inscrit ».

Henri Bergson¹

« *Technology is the answer*
— *but what was the question?* »

Cedric Price

Quel est ce paradigme du vivant
qui traverse la création — art, design
ou architecture ? Quels sont ses enjeux
et ses implications sur le plan
d'une nouvelle *épistémè* de l'œuvre ?
Aujourd'hui, à l'ère du numérique,
la création se donne dans
une interaction avec le domaine
des sciences du vivant, la biologie
synthétique, les sciences de

l'informatique et les sciences cognitives. La notion
de « vivant » traverse autant le champ physique
de la matière que celui, immatériel, de la computation.
Pendant longtemps, dans le sillage de l'homme-machine
de Descartes au XVII^e siècle, théorie mécaniciste et
vitalisme sont mis dos à dos. Dans l'après-guerre, l'essor
de la cybernétique tend à faire du vivant une machine
et de la machine, un organisme, préservant au final
la dualité de l'objet et du sujet. Le vivant se transmue
en « système », mise en réseau d'informations. La biologie
se donne dès lors comme une étude des « algorithmes
du monde vivant »², un « système de systèmes »³.
Après Alan Turing qui relie, dans les années 1940, la notion
de morphogenèse à l'ordinateur, le concept de
« vie artificielle » qui apparaît à la fin des années 1980,
la simulation numérique des principes de croissance
du vivant à partir des années 1990, l'hybridation de
matériaux organiques et synthétiques aujourd'hui, la notion
de « vivant » s'est élargie à celle de la « biosphère »,
jetant un pont entre une approche systémique et holistique
du vivant.

1 · Henri Bergson,
L'évolution créatrice, Paris,
P.U.F., 2001 (1941), p. 16.

2 · François Jacob,
La logique du vivant.
Une histoire de l'hérédité,
Paris, Gallimard,
1970, p. 321.

3 · *Ibid.*, p. 328.

← Fig. 1
Sans titre, Fig. 3,
illustration de l'article
de Norbert Wiener,
« Pure Patterns
in a Natural World »,
p. 275 dans György Kepes,
*The New Landscape
in Art and Science*,
Chicago, Paul Theobald
and Co, 1967.

Qu'est-ce que le vivant ? La question est posée par le biologiste Alain Prochiantz⁴. Si l'on parle de « vivant », et non de « vie »⁵, sans doute pour éviter tout reliquat transcendantaliste, on ne sait toujours pas d'où celui-ci est issu. Dans son ouvrage *La Logique du vivant*, François Jacob explique que, jusqu'à la fin du XVIII^e siècle, il n'y a pas véritablement de frontières délimitées entre le vivant et le non vivant⁶. C'est à partir de Jean-Baptiste de Lamarck et les méthodes de classification mises en place au XIX^e siècle que le vivant est défini comme ce qui « respire », « se reproduit ». La cellule apparaît comme l'« unité du vivant »⁷. « Mais dans le même temps, la théorie cellulaire rapproche le monde vivant du monde inanimé, puisque tous deux sont bâtis sur un même principe : la diversité et la complexité s'échafaudent par la combinatoire du simple »⁸. À nouveau, vivant et non vivant se voient rapprochés. Par ailleurs, l'étude d'organismes situés à la frontière du vivant et du non vivant « estompèrent peu à peu la frontière entre la vie et la non-vie, entre la biologie et la chimie »⁹. Le vivant se démarque également par ses capacités d'adaptation et sa dimension épigénétique, son « indétermination » (Henri Bergson), sa « fluidité morphologique »¹⁰, son imprédictibilité ainsi que par « l'irréversibilité du temps » qui le traverse¹¹.

C'est à partir du début du XIX^e que le vivant est approché dans son interaction avec son milieu. À la fin du XIX^e siècle, Ernst Haeckel forge le terme d'« écologie » à partir du grec *oikos*, entendu comme interaction entre les organismes et leur environnement¹². Au début du XX^e siècle, D'Arcy Wentworth Thompson, avec *On Growth and Form* (1917), poursuit l'entreprise de mathématisation de la nature dans le sillage de l'évolutionnisme darwinien. « Pour tous les êtres vivants, des bactéries à l'homme, la vie n'est possible qu'en relation avec le milieu »¹³. Physicien et médecin, Stéphane Leduc est le premier scientifique à utiliser le terme de « biologie synthétique » en 1906, qui connaîtra son essor un siècle plus tard¹⁴. Leduc établit un lien de continuité « entre le non-vivant et le vivant à l'aide de simulations basées sur des réactions chimiques », donnant lieu à des « croissances osmotiques ou jardins chimiques »¹⁵. Pour le physiologiste Claude Bernard, (*Leçons sur les phénomènes de la vie communs aux animaux*

4 · Alain Prochiantz, *Qu'est-ce que le vivant ?*, Paris, Seuil, 2012.

5 · Erwin Schrödinger, *What is Life? The Physical Aspect of the Living Cell*, 1944.

6 · François Jacob, *op. cit.*, p. 42.

7 · *Ibid.*, p. 132.

8 · *Ibid.*, p. 144.

9 · Michel Morange, « L'énigme de la vie » dans *Revue philosophique de la France et de l'étranger*, Paris, P.U.F., 2003/2004, p. 286.

10 · Alain Prochiantz, *op. cit.*, p. 46.

11 · Giuseppe Longo et Francis Bailly, *Mathématiques et sciences de la nature. La singularité physique du vivant*, Paris, Hermann, 2006, p. 117.

12 · Ernst Haeckel, *Morphologie générale des organismes*, 1866 ; *Formes artistiques de la nature*, 1904.

13 · Alain Prochiantz, *op. cit.*, p. 23.

14 · Stéphane Leduc, *Les bases physiques de la vie et la biogénèse*, 1906 ; *The Mechanism of Life*, 1911 ; *La biologie synthétique*, 1912.

15 · Pascal Jézéquel, Emmanuel Drouin, François-Régis Bataille, Stéphane Leduc, *Précurseur controversé de la biologie synthétique*, Paris, Éditions Glyphe, 2015, p. 80.

et aux végétaux, 1878), « La question centrale du vivant [...] est celle de la morphogénèse ». Il déclare même : « Lorsque la physiologie sera assez avancée, le physiologiste pourra faire des animaux et des végétaux nouveaux »¹⁶.

AUTOPOÏÈSE : L'AUTO-ORGANISATION DU VIVANT

La définition du vivant est partagée entre la question de l'autonomie, de l'autogénération et celle de l'épigenèse, qui remonte à Aristote et refait surface au XVIII^e siècle¹⁷. Le concept d'auto-organisation du vivant sera particulièrement prégnant au sein du modernisme au début du XX^e siècle¹⁸. Dans les années 1920, les théories du botaniste et philosophe Raoul H. Francé, qui relie nature et fonctionnalité, influencent l'architecture. Dans les années 1930, influencé par les radiolaires d'Ernst Haeckel (*Radiolaria*, 1909), l'ingénieur Robert Le Ricolais étudie l'automorphisme, la croissance propre des formes à travers les réseaux cristallins aux formes polyédriques complexes. Les avant-gardes historiques du début du XX^e siècle mirent en avant la dimension autogénérative de la création des formes. La métaphore du cristal, qui renvoie aux phénomènes du vivant, traverse ainsi l'architecture des avant-gardes : de Hendrik Petrus Berlage aux Pays-Bas à l'expressionnisme allemand, jusqu'à Richard Buckminster Fuller ou encore, Frei Otto dans les années 1960.

Dans le sillage des théories du biologiste Ludwig von Bertalanffy (*Théorie générale des systèmes*, 1968) qui défend, dès les années 1930, la notion de « système ouvert » et ensuite, sous l'influence de la cybernétique, de « rétroaction », le neurobiologiste et spécialiste des sciences cognitives Francisco J. Varela et Humberto Maturana élaborent, en 1972, le concept d'« autopoïèse », faculté d'un système à s'auto-reproduire, reliant cognition et action. Le concept d'organisation l'emporte sur celui de matière. Francisco Varela réfute le paradigme de l'ordinateur pour définir le vivant : « L'aspect autonome et créateur de sens des systèmes vivants et sa prise en compte au cours de la conception de machines ont été presque complètement négligés »¹⁹. Ce concept d'autopoïèse, qui s'appuie sur les modèles autogénératifs de la nature, ressurgira dans l'architecture computationnelle des années 2000, mue par des agents autonomes et des proto-comportements, où les algorithmes génétiques

16 · Alain Prochiantz, *op. cit.*, p. 111-112.

17 · Detlef Mertins, « Bioconstructivisms », dans *Modernity Unbound*, Londres, Architectural Association Publications, 2011, p. 160.

18 · *Ibid.*, p. 172.

19 · Francisco J. Varela, *Autonomie et connaissance. Essai sur le Vivant*, Paris, Seuil, 1989 (1980), p. 211.

simulent les processus de croissance du vivant à travers les phénomènes d'auto-réplication²⁰.

LE VIVANT: DE LA MACHINE AU SYSTÈME

Dans *La Plante comme inventeur (Die Pflanze als Erfinder)*, en 1920, Raoul H. Francé voit dans le vivant un « modèle pour la construction de machines ». Au même moment, Jakob Von Uexküll met en avant, à travers la notion d'« *Umwelt* », les translations épistémiques entre l'homme et l'animal, abordant l'organisme comme un « système mécanique » (*Biologie théorique*, 1920). Ses théories seront influentes sur les formes « biotechniques » de Moholy-Nagy (*Du matériau à l'architecture*) ou sur De Stijl dans les années 1920²¹. Vers 1935, Alan Turing développe le concept de « machine universelle », ancêtre de l'ordinateur. Dans les années 1940, étudiant la notion de morphogenèse, il envisage de « construire des machines pensantes pour répondre aux questions concernant le développement de la forme en biologie du vivant »²². Dans son sillage, en 1945, le mathématicien John Von Neumann (*Theory of Self Reproducing Automata*) compare le comportement des automates cellulaires aux systèmes vivants, interférant les uns avec les autres, s'auto-reproduisant comme les cellules humaines.

À partir des années 1940, un nouveau paradigme du vivant comme système d'information, fait son apparition, en lien étroit avec les théories émergentes de l'information, les mathématiques et la cybernétique.

En 1948, Claude Shannon publie *The Mathematical Theory of Communication*. Sous son influence, le mathématicien Norbert Wiener développe le concept de cybernétique (*Cybernetics or Control and Communication in the Animal and the Machine*, 1948). Dans son aspiration à faire converger machines et humains, Norbert Wiener est influencé par les travaux de Vannevar Bush sur les premiers calculateurs. Pour Alan Turing, le vivant est un ordinateur (*The Chemical Basis of Morphogenesis*, 1952). La notion d'« organisation » pour définir le vivant acquiert alors une nouvelle signification. Norbert Wiener voit dans les connexions synaptiques le pont entre machine et vivant²³. « Les organismes biologiques fonctionnent comme des machines » écrit John Von Neumann dans *Computer and the Brain* (1958)²⁴. Ordinateurs et organismes sont

20 · Patrick Schumacher, *The Autopoiesis of Architecture*, Londres, Wiley, 2011.

21 · Richard Hoppe-Sailer, « Organismes / Art – Les racines historiques de l'art biotech », dans Jens Hauser (sous la dir.), *L'art biotech*, cat. Lieu Unique, Nantes, Filigranes Éditions, 2003, p. 89.

22 · Pascal Jézéquel, Emmanuel Drouin, François-Régis Bataille, Stéphane Leduc, *op. cit.*, p. 71.

23 · Norbert Wiener, *Cybernétique et société. L'usage humain des êtres humains*, Paris, Seuil, 2014 (1950), p. 66.

24 · Ingeborg Reichle, *Art in the Age of Technoscience. Genetic Engineering, Robotics, and Artificial Life in Contemporary Art*, Vienne, New York, Springer, 2009, p. 151.

« des machines à traiter de l'information » pour Oliver Selfridge, ingénieur au MIT, pionnier de l'intelligence artificielle. Les systèmes biologiques innervent l'approche de l'artificiel (W. Grey Walter, *The Living Brain*, 1953). Dans les années 1940, les sciences informatiques sont calquées sur l'étude des systèmes cognitifs et neuronaux (Warren McCulloch et Walter Pitts, *A Logical Calculus of Ideas Immanent in Nervous Activity*, 1943). La biologie moléculaire (Francis Crick, 1958), dont le modèle est « emprunté aux calculatrices électroniques »²⁵, connecte alors le vivant à la machine.

Dans la mouvance des théories cybernétiques, l'architecture apparaît à la fois comme une « machine » et une « chose vivante », en évolution constante, pour Gordon Pask et plus tard, pour John Frazer²⁶. Au début des années 1960, John Henry Holland (*Adaptation in Natural and Artificial Systems*, 1975) invente les algorithmes génétiques, s'inspirant de l'information génétiquement codée dans la nature. En 1959, le Métabolisme japonais (Kenzo Tange, Kisho Kurokawa, Kiyonori Kikutake, Arata Isozaki) aborde l'architecture comme un système biologique, s'inspirant de la double hélice de la structure de l'ADN découverte en 1953 par J. Watson, F. Crick, M. Wilkins et R. Franklin, qui donnera naissance à la génétique moléculaire ou biologie moléculaire.

Le vivant se voit ainsi défini comme « système », « réseau » d'informations, pris dans des échanges d'énergie. Deux notions se détachent : celles de l'auto-organisation et de la transmission d'information. La convergence entre machine et organisme met en avant la notion de « comportement », prépondérante dans les sciences ainsi que dans les pratiques artistiques des années 1960. Le comportement est issu de « réseaux d'information transactionnels »²⁷. « Le réseau comportemental devint un cadre tangible pour une symbiose humain-machine et par là même, la machine (ou les systèmes simulés de machine) pouvait se voir conférer les caractéristiques d'un organisme vivant »²⁸. Ces comportements sont, à l'instar des machines, des systèmes dynamiques qui trouveront un écho dans la « théorie des catastrophes » de René Thom dans les années 1960. Celui-ci s'intéresse alors à la morphogenèse comme processus créateur de formes dans la biologie et les modèles mathématiques (*Stabilité structurelle et morphogenèse*, 1972).

25 · François Jacob, *op. cit.*, p. 17.

26 · John Frazer, *Adaptive: An Evolutionary Architecture*, London, Architectural Association Publications, 1995 (1920). Préface de Gordon Pask.

27 · Andrew Witt, « L'animal machinique : Les réseaux autonomes et la computation comportementale », dans Andrew Goodhouse (sous la dir.), *Quand le numérique marque-t-il l'architecture ?*, Centre Canadien d'Architecture, Sternberg Press, Montréal, 2017, p. 218.

28 · *Ibid.*, p. 222.

Grâce à ces nouveaux réseaux synaptiques qui régissent toute forme d'organisation, on peut « donner vie » à la machine comme à l'architecture²⁹.

En 1968, l'exposition *Cybernetic Serendipity: The Computer and the Arts* (commissaire Jasia Reichardt), à l'ICA à Londres, met en exergue la convergence entre l'homme et la machine, prenant appui sur « l'état animal de la machine » qui débouche sur la « création de comportements artificiels »³⁰. Le projet *Generator* (1976-1979) de l'architecte Cedric Price, avec la collaboration de Julia et John Frazer, dans le sillage des théories cybernétiques, est emblématique de la prégnance des réseaux d'information dans la création. De la même manière, Nicholas Negroponte, qui fonde The Architecture Machine Group en 1967 au MIT, souligne la notion d'« environnement réactif » propre au vivant. « L'informatique n'est plus une question de calcul. Elle porte sur le vivant » déclare-t-il³¹. « Ce monde vivant » apparaît ainsi, dans les années 1960-1970, « comme un modèle cybernétique du monde » (Nicholas Negroponte, *Soft Architecture Machines*, 1975). À travers le vivant-machine, l'architecture s'affirme comme un système évolutionnaire qui convergera dans les théories sur l'architecture comme « forme de vie artificielle » de John Frazer³².

LES MODÉLISATIONS SYSTÉMIQUES DU VIVANT

Dans les années 1960, de nombreux groupes d'artistes (ZERO, GRAV — Groupe de Recherche d'Art Visuel, Land Art, art conceptuel, etc.), en Europe comme aux États-Unis, développent de nouvelles formes d'expressions artistiques tournées vers les phénomènes naturels et la dématérialisation de l'objet³³. L'exposition « The Responsive Eye », au MoMA à New York, en 1965, organisée par William C. Seitz, qui met en avant la perception optique et l'objectivation scientifique, ou encore, l'ouvrage *La Naissance de l'art cinétique* (1967) par Frank Popper, ouvrent sur une dimension à la fois physiologique et phénoménologique de la création. Les notions de temps, de durée, d'interaction, de mouvement se retrouveront dans les démarches artistiques qui font appel au vivant. L'œuvre devient un « système » de modélisation de l'espace-temps, avec une dimension d'indétermination, d'imprédictibilité, à l'instar du vivant.

29 · *Ibid.*

30 · *Ibid.*, p. 278.

31 · Orit Halpern, « L'architecture comme machine : la ville intelligente déconstruite », dans *Quand le numérique marque-t-il l'architecture ?*, *op. cit.*

32 · John Frazer, *op. cit.*

33 · Lucy R. Lippard, *Six Years: The Dematerialization of the Art Object from 1966 to 1972*, University of California Press, Berkeley and Los Angeles, 1997 (1973).

L'énergie de la matière fait imploser la forme dans une nouvelle dynamique spatio-temporelle. L'œuvre se donne dès lors comme « processus » avec sa temporalité contingente, hybridant sa matérialité avec de nouvelles formes de spatialités évolutives dans le temps.

En 1968, influencé par l'ouvrage *General System Theory* (1968) du biologiste Ludwig von Bertalanffy ainsi que par les théories de la cybernétique, Jack Burnham publie *Beyond Modern Sculpture. The Effects of Science and Technology on the Sculpture of this Century*, analysant la convergence entre la pratique artistique et la notion de vivant comme système. Le système est défini par Burnham comme un « complexe de forces visibles et invisibles dans une relation stable »³⁴, telle une homéostasie du vivant, estompant l'opposition entre sujet et objet. Jack Burnham avance même que la sculpture sera bientôt remplacée par « des systèmes de simulation du vivant »³⁵. Des artistes inscrivent alors leur pratique dans ce champ du vivant : Hans Haacke, Alan Sonfist, Wen-Ying Tsai, R. B. Kitaj, Suzanne Anker, Gyula Kosice, ou encore, David Medalla qui se définit comme « hylozoïste » pour qui vie et matière sont indissociables³⁶. Mais quel est le rôle du « vivant » dans ces démarches artistiques qui puisent dans les modèles cybernétiques et font cohabiter dans un même « écosystème » « éléments organiques et inorganiques »³⁷ ?

À la notion de biologie, ramenée à celle d'organisme individuel, est préférée celle d'écologie à la visée plus globale ou d'environnement, appréhendé comme « système » dans ce que cela implique de réactivité, de *feedback* sous l'influence de la cybernétique : les artistes, tels que Hans Haacke ou Alan Sonfist, parlent, non pas de vivant, mais de « systèmes naturels » qui se donnent en écho aux systèmes technologiques. Dans *Crystal Globe* (1970-1971), Alan Sonfist recourt à des cristaux naturels tels des micro-organismes pour former ce qu'il appelle un « système écologique »³⁸. La notion d'écologie se donne dans une analogie entre organisme naturel et artefact artificiel³⁹. La notion de « symbiose » réunit nature et artificiel, comme dans *Microorganism Enclosure* Fig. 2 (p. 66) (1971) d'Alan Sonfist, qui capture des bactéries et des champignons dans un écosystème fermé afin que les spectateurs puissent assister à leur processus de croissance et à leur décomposition. Avec *Chickens Hatching* Fig. 3 (p. 66) (1969), où des œufs

34 · Jack Burnham, *Beyond Modern Sculpture. The Effects of Science and Technology on the Sculpture of this Century*, George Braziller, New York, 1968, p. 372.

35 · Ingeborg Reichle, *op. cit.*, p. 167.

36 · Jack Burnham, *op. cit.*

37 · Emanuele Quinz, « Préface. Conceptual focus », dans *Esthétique des systèmes. Jack Burnham, Hans Haacke*, Les Presses du Réel, 2015, p. 25.

38 · Jonathan Benthall, *Science and Technology in Art Today*, Londres, Thames & Hudson, 1972, p. 138.

39 · *Ibid.*, p. 139.



← Fig. 2
Alan Sonfist, *Microorganism Enclosure*, 1971. Dans Jonathan Benthall, *Science and Technology in Art Today*, Londres, Thames & Hudson, 1972, p. 16.

↓ Fig. 3
Hans Haacke, *Chickens Hatching*, 1969. Jonathan Benthall, *Science and Technology in Art Today*, Londres, Thames & Hudson, 1972, p. 131.

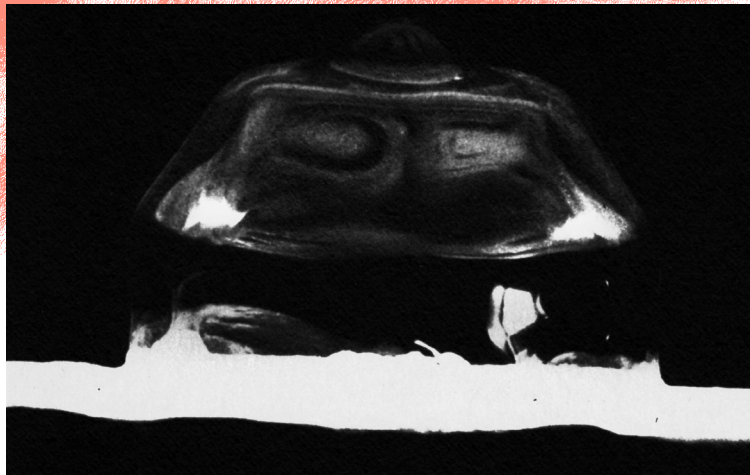


Fig. 4 →
Hans Jenny, *Cymatic demonstration*, ca. 1969. Jonathan Benthall, *Science and Technology in Art Today*, Londres, Thames & Hudson, 1972, p. 160. Une bulle de savon (65 mm de diamètre) est mise en vibration sur un diaphragme qui modifie sa forme.

sont fertilisés dans un incubateur, Hans Haacke met l'accent sur des processus tout à la fois physiques, biologiques, technologiques⁴⁰. Le paradigme de l'œuvre d'art n'est plus l'objet, mais un champ cognitif, réactif, immanent au vivant. Au sein de ces nouveaux « environnements », programmés par l'évolution de phénomènes naturels, sujet et objet se confondent.

De son côté, le scientifique Hans Jenny, avec le projet *Cymatics* Fig. 4 (1967), étudie le champ vibratoire des objets inanimés (minéralogie) et de la nature, jetant des ponts entre vivant et non vivant. Ces œuvres ne sont pas si éloignées des travaux de György Kepes (*The New Landscape in Art and Science*, 1956), où les registres esthétique et scientifique ont fusionné, comme dans l'article de Norbert Wiener, « Pure Patterns in a Natural World »⁴¹, Fig. 1 (p. 58), qui y est publié. Ces démarches artistiques s'inscrivent aussi dans la contre-culture américaine et la « contre-technologie », véhiculée alors par le *Whole Earth Catalog* (1968-1972), conçu par Stewart Brand, manifeste du *do-it-yourself* et riche en « métaphores biologiques »⁴². Ces expérimentations sont également proches du « cyborg » qui apparaît, en 1965, sous la plume de Daniel Stephen Halacy, dans *Cyborg: Evolution of the Superman*, où le cyborg est défini comme un « système artificiel connecté à un organisme avec un *feedback* », prémisse de l'intelligence artificielle⁴³.

MACHINES PHYLOGÉNÉTIQUES

Avec le développement des technologies numériques, la recreation des principes de formation et de croissance propres au domaine du vivant inaugure une véritable méta-écologie, engageant une mutation profonde du concept même de nature. Après la notion d'« écologie environnementale » développée par Reyner Banham, dans les années 1960, Félix Guattari voit dans l'« écosophie »⁴⁴ un nouveau paradigme à même de comprendre les mutations écologiques. Il s'agit désormais d'approcher l'écologie comme un « potentiel de natures artificielles ».

L'essor des technologies numériques dans les années 1990 transforme en profondeur la conception architecturale. L'architecte et théoricien Greg Lynn en est le précurseur avec sa théorie du « blob », entité morphogénétique,

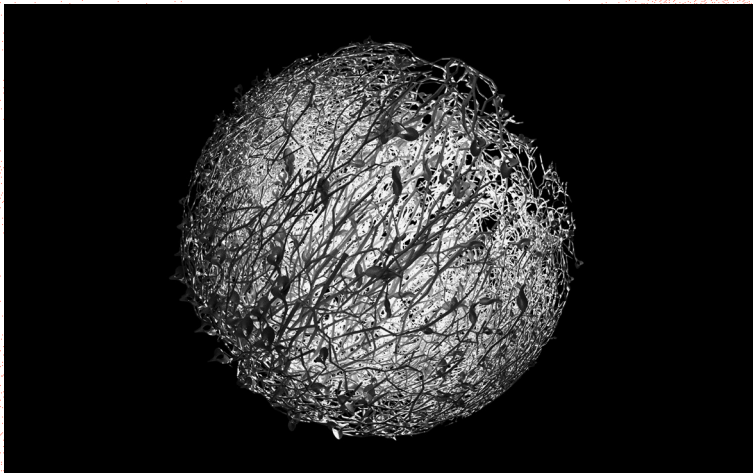
40 · *Ibid.*

41 · Charissa N. Terranova, *Art as Organism: Biology and the Evolution of the Digital Image*, I. B. Tauris, 2015.

42 · Janine M. Benyus, *Biomimétisme. Quand la nature inspire des innovations durables*, Paris, L'Écopoche, 2011 (1998), p. 401.

43 · Jack Burnham, *op. cit.*, p. 33.

44 · Félix Guattari, *Qu'est-ce que l'écosophie ? Textes 1985-1992*.



← Fig. 5
Karl Chu, *Acadia L2*, 2010

en constante transformation et interaction avec son milieu, fusion symbiotique de nature et d'artificiel (*Animate Form*, 1999). À la fin des années 1990, Karl Chu met en avant la notion de « machine phylogénétique » : la convergence de la computation et de la biogénétique mènerait pour Karl Chu à la « mutation biomachinique des espèces »⁴⁵. En 2002, Philippe Rahm, avec le projet *Hormonorium*, estompe les frontières entre vivant et non-vivant, avec la conception d'une architecture physiologique, basée sur le métabolisme, échangeur de vivant et d'informationnel⁴⁶.

Pour Alisa Andrasek (Biothing), la démarche de l'architecte est désormais celle d'un « ingénieur généticien »⁴⁷, à même de produire de nouvelles formes de nature en partant des principes génératifs qui gouvernent les systèmes vivants, tout comme « l'écosystème numérique ». L'architecture se donne comme un organisme hybride et composite, système intelligent et performatif. « Les architectes doivent aller au-delà de la géométrie pour concevoir directement la structure de la matière même » (Alisa Andrasek). L'objet architectural, issu de son interaction avec les conditions environnementales, est défini à travers son « comportement matériel ». De nouveaux matériaux synthétiques, issus de la biologie et des sciences de l'informatique, devront être programmés pour déboucher sur une architecture « durable », issue des propriétés même de la matière, semblable au comportement d'organismes vivants.

45 · Karl Chu, *Metaphysics of Genetic Architecture and Computation*, AD Architectural Design, Wiley Academy, vol. 76, №4, Londres, juillet-août 2006, p. 39.

46 · Décosterd & Rahm, ArchiLab, Rencontres internationales d'Orléans, 2000, sous la direction de Frédéric Migayrou et Marie-Ange Brayer.

47 · Biothing (Alisa Andrasek), Orléans, Éditions HYX, coll. Frac Centre, 2009.

De même, l'espace urbain sera repensé à travers des modèles bio-technologiques, des protocoles adaptatifs à travers des morphologies évolutives inspirées des principes auto-organisationnels du vivant. Les architectes simulent à présent les systèmes de croissance du vivant pour élaborer une architecture bio-computationnelle. EcoLogicStudio (Claudia Pasquero, Marco Poletto) se tourne vers les protéines d'algues produisant de l'énergie biologique pour les besoins humains. À partir de micro-organismes, ces architectes créent de nouveaux composites, faits de matériaux à la fois vivants et synthétiques, visant à une nouvelle efficacité énergétique. À Londres, au sein de la Bartlett School, Marcos Cruz mène des recherches sur des panneaux en béton bioréceptifs, qui permettent la croissance de micro-organismes en symbiose avec leur environnement. Les projets de biofaçade des architectes français XTU (Anouk Legendre, Nicolas Desmazières) sont conçus à partir de culture de micro-algues qui se transforment en biomasse. Leurs bâtiments passifs produiront de l'énergie à travers la photosynthèse ou le photovoltaïque. Cette nouvelle écologie artificielle apparaît comme un système architectural opératif à même de réguler la biodiversité. En 2014, l'architecte David Benjamin (The Living) construit *Hy-Fi* à MoMA PS1, New York, construction entièrement en briques de mycélium qui forment un matériau structurel stable par auto-assemblage. Au-delà de la biofabrication, David Benjamin s'appuie sur la notion de « comportement biologique » de l'architecture dans une démarche de biocomputation à partir de la modélisation numérique de cellules⁴⁸.

Pour Neri Oxman, les « matériaux numériques » s'hybrident avec les systèmes génératifs du monde vivant. Ses recherches avec le Mediated Matter Group, au sein du MIT, se donnent à l'intersection du design computationnel, de la biologie synthétique et des neurosciences. L'« écologie matérielle » de Neri Oxman a pour enjeu d'arriver à construire avec des « artefacts de matière vivante », ainsi le *Silk Pavilion* (2013), construction littéralement « vivante » élaborée par des milliers de vers à soie. Au croisement de l'impression 3D et de la biologie synthétique, Neri Oxman élabore des biomatériaux, constitués de micro-organismes transformés de manière synthétique qui interagissent avec les conditions physiques de leur environnement.

48 · Pablo Schyfter, « Scale and Metaphor », dans Alexandra Daisy Ginsberg, Jane Calvert, Pablo Schyfter, Alistair Elfick, Drew Endy, *Synthetic Aesthetics. Investigating Synthetic Biology's Design on Nature*, Cambridge, Mass., Londres, The MIT Press, 2014, p. 155-168.

Le projet *Aguajaja Artifacts* (2017) est un ensemble d'artefacts biocomposites, programmés et contrôlables, réceptifs aux stimuli environnementaux. Proche de ces recherches computationnelles, l'artiste Allison Kudla recourt à l'impression 3D de matériaux organiques pour réfléchir à d'autres modes de croissance urbaine et cellulaire. Gabriela Munguia intègre dans sa démarche artistique une compréhension territoriale du vivant, à travers ses constructions architectoniques qui se donnent comme une organisation biologique, complexe et dynamique. Le devenir de l'architecture s'inscrit dès lors entre ingénierie génétique et biologie synthétique, aspirant à créer des « espaces bioartificiels », ainsi les habitats biologiques précurseurs de l'architecte polonais Zbigniew Oksiuta (*Spatium Gelatum*, 2003).

BIO-TECTURES

Les designers recourent à présent à la « biofabrication », mus par une recherche durable. En 2010, François Azambourg, avec le scientifique Donald Ingber, développe un design cellulaire, concevant des emballages écologiques biodégradables inspirés du modèle de la cellule biologique (alginate et capsule de polymère). Les bio-matériaux — matériaux fabriqués à partir d'organismes biologiques (mycélium de champignon, algues, bactéries, levures, etc.) — participent de recherches nouvelles en biologie, micro-biologie et bio-ingénierie pour engendrer de nouveaux objets à la fois durables et biodégradables. Au début des années 2010, le designer néerlandais Eric Klarenbeek développe les toutes premières technologies d'impression 3D de mycélium vivant. En France, le designer Samuel Tomatis recourt aux agromatériaux à base d'algues pour la conception de ses objets. Guillian Graves mène des recherches à partir des algues laminaires de la kombucha, du mycélium de champignon ou de bactéries pour engendrer de nouveaux objets de design issus du monde vivant. L'artiste Natsai Audrey Chieza recourt au pigment issu de bactéries pour teindre des tissus comme alternative aux processus industriels. Le projet *Silk Leaf* (2014) de Julian Melchiorri propose de nouvelles approches environnementales à travers une feuille conçue à partir de protéines de soie et de chloroplastes, qui fonctionne par photosynthèse, telle une plante purifiant l'atmosphère.

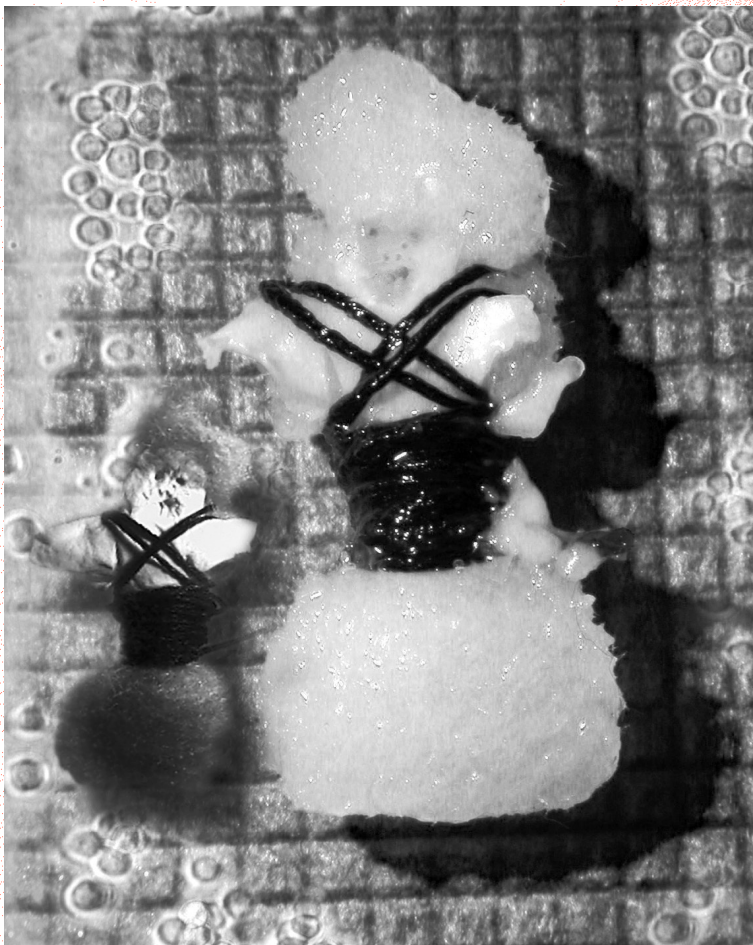
En 2010, Joris Laarman réalise, avec *Half Life Lamp*, la première lampe bioluminescente, créée à partir de matériel génétiquement modifié, recourant à une enzyme appelée luciférine. La lampe bioluminescente de Teresa van Dongen (*Electric Life*, 2018) est conçue à partir de batteries de bactéries de pieuvre. La lumière émane ainsi d'un organisme vivant au travers d'une réaction chimique. Pour Alexandra Daisy Ginsberg, il s'agit à présent de « concevoir des organismes de la même manière que nous dessinons des produits »⁴⁹. Shamees Aden mène des recherches sur un prototype visant à explorer les possibilités de nouveaux matériaux composés de protocellules. *Amoeba Trainer* (2012) serait ainsi une chaussure évolutive en biomatériaux synthétiques. L'ingénierie du vivant a ainsi débouché sur un « design bio-intégré », qui fait appel à la biologie synthétique et génétique. Le « corps augmenté », hybride de technologie et de vivant, est au cœur des recherches du *bio-hacking* avec Suzanne Lee (Bio-couture) ou Lucy McRae. L'artiste Sonja Bäuml étudie l'interaction des bactéries avec le corps humain (*Metabodies*, 2013) et leur connexion métabolique à l'environnement. L'artiste suisse Pamela Rosenkranz s'intéresse aux modifications métaboliques pour interroger l'identité. Proche des théories du « réalisme spéculatif » et du philosophe Reza Negarestani, elle appréhende le sujet humain comme une « trace fluide », un composé organique indissociable des matériaux synthétiques.

LE DESIGN COMME ARTEFACT « VIVANT »

La congruence du vivant et des technologies se cristallise dans la création artistique à partir du milieu des années 1990. En 1998, Eduardo Kac promeut l'art transgénique, transformant les organismes naturels en inoculant des gènes synthétiques ou transférant du matériel génétique d'un organisme à un autre dans le but de créer de nouvelles formes de vivant. Définissant sa démarche artistique comme « impliquant des agents biologiques », Eduardo Kac entend « explorer les frontières entre l'homme, l'animal et le robot »⁵⁰. Il crée, en 2000, *Bunny*, lapin ayant intégré une protéine vert fluorescent (GFP). Culture de tissus ou de bactéries, manipulation du vivant, hybridation de cellules ont engendré de nouvelles pratiques artistiques qui s'affranchissent de la forme esthétique pour s'originer dans le « vivant » comme processus évolutif.

49 · Alexandra Daisy Ginsberg, « Design as the Machines Come to Life », dans Alexandra Daisy Ginsberg, Jane Calvert, Pablo Schyfter, Alistair Ellick, Drew Endy, *Synthetic Aesthetics*, op. cit., p. 40-70.

50 · Eduardo Kac, « Transformation du vivant – mutation de l'art », dans Jens Hauser (sous la dir.), *L'art biotech*, op. cit., p. 33.



← Fig. 6
The Tissue Culture
& Art Project (Oron Catts
& Ionat Zurr), 2008.

La simulation informatique de phénomènes naturels se couple aux techniques de fabrication numérique en 3D. Si les outils numériques de simulation générative autorisent la recreation du vivant, la question, qui se pose désormais, est : Comment programmer le vivant ? Un nouvel artefact semi-vivant est apparu, issu de la fabrication robotisée, des logiciels de simulation et de l'apport des technosciences, qui interroge dans une vision holistique de nouveaux « objets », ni tout à fait objets, ni tout à fait sujets, entités interstitielles entre vivant et non vivant.

Au début des années 2000, en Australie, à l'Université de Perth, The Tissue Culture & Art Project ^{Fig. 6} (TC&A), avec Oron Catts et Ionat Zurr, explorent les technologies du vivant comme médium artistique à travers la mise

en œuvre d'un nouvel objet/sujet, qui équivaut au « semi-vivant ». Oron Catts et Ionat Zurr élaborent une forme à l'aide de polymères biodégradables dans lesquels ils injectent des cellules vivantes, qui seront ensuite cultivées dans des bioréacteurs. Ces entités semi-vivantes estompent la dualité sujet/objet, solide/liquide. L'œuvre équivaut à un « système biologique vivant conçu artificiellement » ⁵¹ où les cellules vivantes vont se multiplier sur un échafaudage artificiel synthétique (ainsi *The Pig Wings*, 2000-2001, à partir de cellules souches de porc ; *Victimless Leather*, 2004). Telles des reliques qui se décomposent, ces entités semi-vivantes estompent les frontières entre vivant et non vivant, posant la question de la notion de « vie partielle ».

Ce « vivant » ne peut cependant subsister sans une forme d'assistance/maintenance ⁵². Pour la première fois, l'œuvre nécessite des « soins ». Les œuvres de The Tissue Culture & Art Project sont en effet condamnées à disparaître au terme de leur exposition puisque plus personne ne sera présent pour prendre soin d'elles. Les artistes parlent de *Feeding Ritual*, de « rituel d'alimentation » quotidien, suivi du *Killing Ritual*, de « mise à mort rituelle » ⁵³. Ces « sculptures semi-vivantes » appellent en fait à une prise en charge thérapeutique pour maintenir leur survie. « Notre système de croyances semble incapable de prendre en compte les questions épistémologiques, éthiques et psychologiques soulevées par la science et l'industrie de la vie. Les entités semi-vivantes incarnent notre hypocrisie envers le monde vivant et l'exploitation de systèmes vivants à des fins anthropocentriques » ⁵⁴.

Le travail de l'artiste Amy Karle, qui recourt aux cellules souches humaines, se situe également à la frontière entre vivant et non vivant, objets animés et non animés à travers la convergence de systèmes à la fois biologiques et numériques. Le *Semi-Human Vase* (2015) du designer Hongjie Yang est constitué de cellules humaines implantées sur une structure imprimée en 3D, aspirant à transcender la frontière entre vivant et artificiel à travers des objets semi-humains. La création cellulaire artificielle vise à atteindre, pour lui, une forme de « sublime ». L'artiste slovène Špela Petrič interroge quant à elle la relation entre système vivant et non vivant (*Ectogenesis: Plant-Human Monster*, 2016). Des embryons végétaux sont mélangés avec des hormones humaines afin

51 · Oron Catts, Ionat Zurr & Guy Ben-Ary, « Que / qui sont les êtres semi-vivants créés par Tissue Culture & Art », dans *L'art biotech*, op. cit., p. 20.

52 · Voir dans le même ouvrage « Maintenance, maintenant, main tenant » par Samuel Bianchini et Emanuele Quinz.

53 · Oron Catts, Ionat Zurr & Guy Ben-Ary, op. cit.

54 · *Ibid.*, p. 27.

de modifier la structure épigénétique de la plante qui adopte une morphologie singulière, voire monstrueuse.

De nouvelles formes d'interaction « entre sujets et objets qui rendent les objets moins objets »⁵⁵ se sont ainsi mises en place. Elles engendreront « un objet-quasi-sujet », sorte d'« interlocuteur virtuel », écrivait de manière prémonitoire Ezio Manzini au début des années 1990 : « Essayons d'imaginer [...] des objets qui, comme un arbre, soient appréciés pour ce qu'ils sont autant pour ce qu'ils font, des objets qui rendent un service et réclament des soins »⁵⁶. Désormais il nous faudra peut-être bientôt « prendre soin des objets » parce qu'ils sont vivants, *comme nous*.

DU VIVANT À LA « BIOSPHERE »

Des formes hybrides de co-vivant, des objets synthétiques du vivant, définissent dorénavant un nouvel artefact qui se donne dans une dimension symbiotique avec son environnement. Dans l'ouvrage *When Species Meet* (2008), Donna Haraway met en avant la connexion entre les espèces. Bruno Latour envisage un cosmos élargi aux entités non humaines et Peter Sloterdijk parle du passage à la « biosophie », à des modes pluriels de coexistence, avançant le concept d'« immunologie » pour définir la vie⁵⁷. Au sein de la biosphère, l'anthropologue Philippe Descola soulève la question du statut juridique du non-humain, de l'écosystème qui ne fait qu'un avec l'humain. La « nature » doit dorénavant se donner sous une forme animiste de co-existence avec l'humain. Pour le philosophe Quentin Meillassoux, « L'homme ne peut plus investir le monde du sens qui lui permet d'habiter son environnement : le monde se passe de l'homme, l'homme devient « de trop », comme dit Sartre »⁵⁸. Dans le sillage du « réalisme spéculatif » de Graham Harman, le philosophe Levi R. Bryant analyse la translation de nouveaux assemblages à la fois écologiques et machiniques, évoquant une « média-écologie post-humaine »⁵⁹.

L'enjeu de la « vie artificielle » n'a cessé d'innover l'approche du vivant. Dans le sillage d'Alan Turing, Christopher Langton (1949) crée en 1987 le département « Artificial Life » au Sante Fe Institute pour étudier les systèmes dynamiques non linéaires et recréer

55 · Ezio Manzini, *Artefacts. Vers une nouvelle écologie de l'environnement artificiel*, Paris, Centre Georges Pompidou, Les Essais, 1991, p. 181-182.

56 · *Ibid.*, p. 246.

57 · Bruno Latour, *Nous n'avons jamais été modernes. Essai d'anthropologie symétrique*, Paris, Éditions La Découverte, 1991 ; Peter Sloterdijk, *Sphères III, Ecumes*, Paris, Fayard, 2003.

58 · Quentin Meillassoux, *Après la finitude. Essai sur la nécessité de la contingence*, Paris, Seuil, 2006, p. 161.

59 · Levi R. Bryant, *Onto-Cartography. An Ontology of Machines and Media*, University Press of Edinburgh, 2014.

les phénomènes biologiques à partir du computationnel. En 1993, a lieu à Ars Electronica à Linz l'exposition « Genetic Art—Artificial Life », questionnant l'impact de l'ingénierie génétique dans la création. Le vivant est appréhendé comme une « machine intelligente » à même de déboucher sur une structure artificielle⁶⁰. Dans le projet *Tissue-engineered Soft Robotic Ray that's controlled with Light* (2016), le Swiss Institute de l'université de Harvard (Disease Biophysics Group DGB) a conçu un mini robot en forme de poisson, véritable machine vivante qui se meut et réagit à la lumière, dont les cellules ont été génétiquement modifiées et qui pourrait servir à la reproduction d'organes artificiels. Aboutirons-nous un jour à des systèmes vivants à la fois organiques et artificiels ?

Mais peut-être l'ont-ils toujours été. « Nous ne reconnaissons toujours pas les systèmes informatiques de la nature »⁶¹, ainsi le *Physarium polycephalum*, cet organisme unicellulaire, issu de la mousse des forêts, qui présente des capacités d'apprentissage et de transmission de l'information, auquel l'artiste Heather Barnett a consacré une série de films. La *Crystal Chair* (2008-2012) de Tokujin Yoshioka, aux structures cristallines naturelles, interroge la notion de vivant. « La vie s'insérerait dans la matière comme un processus de cristallisation indéfiniment différé »⁶². Le processus de croissance fut en plus guidé par les vibrations de la musique. Christina Agapakis, Sissel Tolaas, Alexandra Daisy Ginsberg, dans *Resurrecting the Sublime* (2018), ont extrait, à travers une collaboration avec Ginkgo Bioworks et des paléogénéticiens, des échantillons ADN dans les tissus cellulaires de plusieurs espèces de plantes éteintes au XIX^e siècle afin de les ramener à la vie à travers leur dimension olfactive. L'ingénierie génétique permet désormais d'inverser l'ordre des choses, de reproduire artificiellement un « vivant » disparu à travers la création d'écosystèmes artificiels.

Dans *Géologies de l'artificiel*, Ezio Manzini évoquait des « membranes osmotiques »⁶³ à la place de la séparation entre l'objet et le sujet. La voie est ouverte au « neurodesign » où l'objet serait issu d'un « continuum d'interactions entre le cerveau humain et ses artefacts technologiques », basé sur le *biofeedback neuronal* et la digitalisation de la cognition humaine⁶⁴. La robotique collaborative, l'intelligence artificielle et la simulation numérique sont sur le point d'engendrer de nouveaux modèles cognitifs qui rendront obsolète la notion de vivant.

60 · Ingeborg Reichle, *op. cit.*, p. 152.

61 · Janine M. Benyus, *op. cit.*, p. 317.

62 · Gilbert Simondon, *L'individu et sa genèse physico-biologique : L'individuation à la lumière des notions de forme et d'information*, Paris, Presses Universitaires de France, 1964.

63 · Ezio Manzini, *op. cit.*, p. 30.

64 · Voir Pierre Cutellic, Fabien Lotte, « Augmented Iterations, Integrating Neural Activity in Evolutionary Computation for Design », eCAADe Computation and Performance, TU Delft, Ed. R. Stouffs, S. Sariyildiz, 2013.