

# APERÇU DE LA NOTION DE CYBORG, CONTEXTE D'APPARITION ET DÉCLINAISON CONTEMPORAINE

Erwan Acas  
sous la direction de David-Olivier Lartigaud  
memoire de fin d'étude dnsep mention création numérique  
ESADSE 2025

## Introduction

Historique de la définition du vivant, points clés de l'apparition de la cybernétique

Le nouveaux vivant à travers la cybernétique: dichotomie entre chimères et hybrides

## Conclusion

## Bibliographie

## Notes

### 1.INTRODUCTION

Qu'est-ce que le vivant ? Comment le considérons-nous ? Comment le ressentons-nous ? Même si ces questions ont toujours fasciné nos penseurs, qui se sont efforcés d'en donner une définition dans les limites de leurs connaissances, notre perception populaire du sujet est restée très anthropomorphique. Instinctivement nous considérons aisément vivant ce qui nous ressemble morphologiquement ou intellectuellement. Ce biais est d'autant plus troublant avec l'apparition de technologies si avancées qu'elles reproduisent à la perfection nos comportements (notamment la robotique et l'intelligence artificielle), nos formes et nos mécanismes. En nous basant sur nos critères habituels du vivant, voir ces nouvelles entités nous imiter nous pousse à les ressentir comme vivantes, malgré notre conscience de leur origine artificielle. Face aux questionnements que soulèvent ces nouvelles «naissances», j'ai donc cherché à comprendre quelles étaient les véritables frontières du vivant. Pour ce faire, il m'a fallu commencer par explorer l'histoire du vivant, de ses origines à aujourd'hui, afin de comprendre et caractériser sa naissance et son évolution, mais aussi de relever les évolutions de notre propre regard sur le vivant. J'ai adopté une approche rationnelle de quantification et de caractérisation des différents traits du vivant : ceux qui ont perduré au fil des âges jusqu'à faire consensus, et ceux qui ont finalement disparu. Avant de m'accorder sur l'observation du nouveau vivant auquel nous faisons face aujourd'hui, j'ai d'abord cherché à comprendre d'où nous partons. En effet, au fil du temps, nous avons construit différentes visions du vivant, et les évolutions scientifiques des dernières décennies sont conditionnées par ces définitions successives. Il m'a donc fallu débuter mon exploration en relevant, à travers les courants historiques, les différents points permettant d'induire l'émergence de ces nouveaux êtres cybernétiques. J'ai ainsi étudié comment chaque vision du monde a contribué, directement ou non, à l'acceptation des organismes cybernétiques dans le domaine du vivant. Une fois l'histoire des critères de la cybernétique relevés (ces critères apparaîtront en gras dans la suite du texte), j'ai pu commencer à observer ces nouveaux êtres et à les caractériser. Là

encore, dans une démarche rationnelle, j'ai cherché à les classifier et à établir une typologie des êtres possibles. Ce projet s'articule donc autour de l'exploration de deux axes : dans la première partie, l'étude de notre façon de percevoir le vivant, et dans la seconde, comment le vivant se réinvente constamment. Ces deux notions étant très flexibles, j'ai choisi de les représenter sous forme de graphiques reprenant les différents critères considérés.

## 2. HISTORIQUE DE LA DÉFINITION DU VIVANT, POINTS CLÉS DE L'APPARITION DE LA CYBERNÉTIQUE.

J'ai placé sur un graphique les différentes théories sur la notion de « vivant » élaborées par l'humain au cours de son histoire, qu'elles relèvent de concepts philosophiques, de croyances ou de consensus scientifiques. Nous prendrons pour axes la notion d'âme (en ordonnée), que l'on peut définir comme un principe immatériel, siège de la conscience et de l'intelligence, et la matière (en abscisse), considérée ici comme le principe selon lequel la vie est comprise à travers des interactions physico-chimiques. Plus nous progressons sur l'ordonnée, plus la vie est perçue comme dépendante de l'existence d'une âme en tant que siège de la vie ; plus nous avançons sur l'abscisse, plus elle est envisagée comme le résultat d'une somme d'interactions physiologiques. Un premier point à relever est que bon nombre de ces doctrines ne reposent pas exclusivement sur l'un ou l'autre de ces deux paramètres, mais sur une combinaison des deux. L'analyse de ce graphique mettra en évidence le fait que ces différentes visions ne sont pas isolées, mais partagent souvent des idéaux communs. Nous en profiterons pour identifier les critères ayant permis de définir le vivant ainsi que les idées clés issues de ces courants de pensée, sans lesquelles l'émergence des cyborgs serait impossible. Nous présenterons ici majoritairement des courants de pensée occidentaux. Ce ne sont pas les seuls à traiter du sens du vivant ; cependant, au vu de la diversité des visions existantes, passer en revue l'intégralité des concepts existants nécessiterait un projet entièrement dédié à cette tâche.

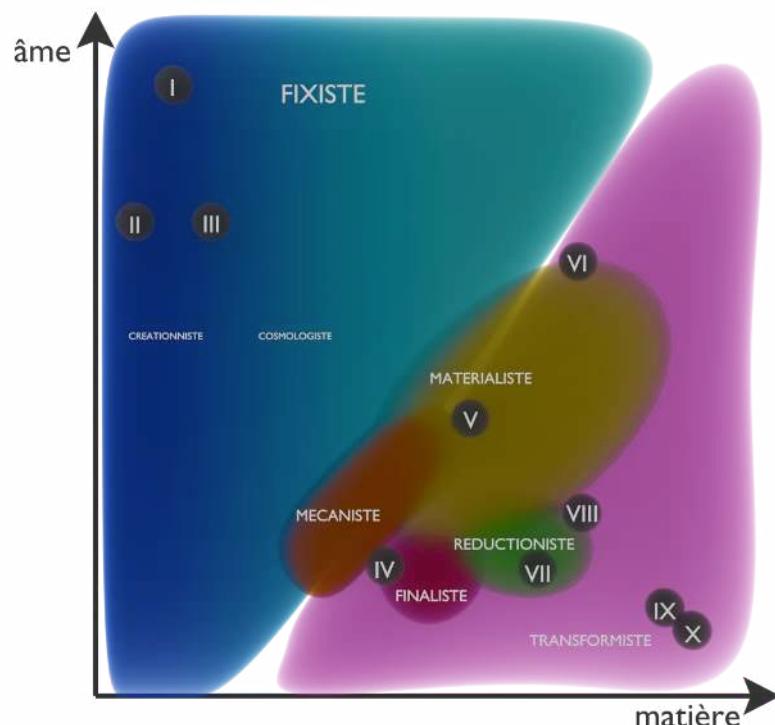


Figure 1 : Classification et influence des différents courants de pensée de la «vie» en fonction de l'âme et de la matière.

1. animisme
2. christianisme
3. hindouisme
4. télologie
5. dualisme
6. vitalisme
7. monisme
8. naturalisme
9. philosophie de la biologie
10. cybernétique

doctrine	période (siècle)
hindouisme	-XVI <sup>e</sup> s.
christianisme	-I <sup>e</sup> s. (-30)
naturalisme	XVI <sup>e</sup> s. (1527)
reductionnisme	XVII <sup>e</sup> s.
fixisme	XVIII <sup>e</sup> s.
finalisme	XVIII <sup>e</sup> s. (1728)
dualisme	XVIII <sup>e</sup> s. (1734)
monisme	XVIII <sup>e</sup> s. (1734)
vitalisme	XVIII <sup>e</sup> s.
materialisme	XVIII <sup>e</sup> s. (1748)
mecanisme	XVIII <sup>e</sup> s. (1748)
transformiste	XIX <sup>e</sup> s.
animisme	XIX <sup>e</sup> s. (1871)
creationnisme	XX <sup>e</sup> s. (1928)
philosophie de la biologie	XX <sup>e</sup> s.
cybernetisme	XX <sup>e</sup> s. (1947/1960)

Figure 2 : Tableau regroupant les dates d'apparition du nom des doctrines étudiées (dates éventuellement différentes des dates d'apparition du concept) en Fig.1..

Dans cette deuxième figure, on peut observer la chronologie d'apparition des différents concepts étudiés dans la [fig.1]. Il est important de préciser qu'il ne s'agit pas ici des dates

d'apparition à proprement parler, mais des moments où ces concepts ont été définis. En effet, certains existaient avant d'être nommés et caractérisés par des penseurs. Ainsi, des idées comme l'animisme ou le créationnisme existaient avant que l'on ne leur attribue une définition formelle. On peut noter que beaucoup de ces doctrines ont été définies au cours des XVII<sup>e</sup> et XVIII<sup>e</sup> siècles, une période charnière en Europe, durant laquelle de nombreux dogmes établis depuis longtemps, notamment le christianisme, perdent de leur influence et ouvrent la porte à la naissance de nouveaux schémas de pensée. On sort d'une période d'obscurantisme religieux qui bloquait la recherche scientifique. Cette effervescence initie un élan dans la recherche scientifique et philosophique libérée de la théologie chrétienne.

En premier lieu, nous pouvons observer un premier groupe distinct, dit « fixiste ». Ce courant considère l'univers comme stable et immuable, de même pour les êtres vivants, qui n'évoluent donc pas. Dans cette perspective, l'existence du cyborg et le « vivant/machine et machine/vivant » sont inconcevables. Dans un monde où les êtres sont définis une fois et une seule, dès la création de l'univers, toute apparition ou modification d'un être est inconcevable. Même si le cyborg ne peut apparaître dans un tel système, il est intéressant de noter que certaines croyances animistes acceptent l'existence d'êtres chimériques. De nombreuses traditions intègrent des êtres dont le corps est un mélange de plusieurs espèces, comme la chimère de la mythologie grecque (dont le terme est issu) ou encore certaines figures des croyances inuites. Ces dernières, basées sur des principes animistes, décrivent des chamans capables de prendre la forme d'êtres chimériques, mélanges de différents animaux.

Nous pouvons considérer deux principales formes de fixismes<sup>1</sup> : le créationnisme<sup>2</sup>, qui considère l'univers comme stable et sans transformation, et le fixisme cosmologiste, qui voit plutôt le monde dans une forme de cycle perpétuel.



Figure 3 : Statue en ivoire d'un Tupilak inuit, 1975, Collection d'art inuit Brousseau.  
Les tupilaks sont des créatures vengeresses créées par les chamanes, elles sont  
souvent un mélange de différents animaux.



Figure 4 : Chimère sur un plat, 350 AEC, musée du Louvre. La chimère de la mythologie grecque est une créature dont le corps est composé d'une moitié de lion et d'une autre de chèvre, ainsi qu'une queue de serpent.

Ce bloc se trouve le plus à gauche du graphique, expliquant le vivant en majeure partie par le biais de l'âme, la matière n'étant que le vaisseau de l'âme. Au sommet de cette zone d'influence, on observe animisme : défini par Edward Taylor dans son livre «Primitiv Culture» (1871) L'animisme existe cependant depuis beaucoup plus longtemps, on considère que son existence remonte au moins au paléolithique. , que l'on pourrait considérer comme la perception de l'âme la plus « pure », attribuant une âme à toute chose, parfois même aux phénomènes météorologiques. On pourrait attribuer ce côté « pur » par le fait qu'il attribue une âme à presque toutes les entités, et qu'on y trouve une forme d'égalité des êtres. Philippe Descola en décrit un bon exemple dans son étude du peuple Achuar<sup>1</sup> : « des prolongements de l'environnement naturel, des espèces à peine différencierées du milieu au sein duquel ils vivent » (p. 12/13), qui considère toutes les âmes égales et de mêmes caractéristiques et que les êtres diffèrent uniquement par leur physicalité. Cette considération égalitaire se décrit par l'apport du « monde du rêve », par lequel les Achuars sont capables de communiquer par le biais de leur âme dans une forme de langage universel. Par ce langage universel, ils peuvent communiquer aussi bien avec d'autres humains éloignés qu'avec des animaux ou des plantes.

Ce caractère universel et égalitaire entre les êtres est relativement peu présent dans la majorité des autres courants de pensée présentés ici (étant donné leur origine occidentale, ils sont pour la plupart influencés par le christianisme, qui ne considère pas les êtres comme égaux). Il faudra attendre l'apparition de courants plus contemporains, comme le post-humanisme, pour retrouver cette volonté d'égalité entre les êtres.

Le retour de cette considération égalitaire entre les êtres dans les courants de pensée contemporains et modernes est un premier point relativement important pour l'apparition de la cybernétique ; en effet, il est nécessaire d'être prêt à élargir le champ du vivant à des formes inorganiques (composées de molécules qui ne font pas partie du quatuor atomique du vivant «CHON»<sup>2</sup>), puisque, nous le verrons par la suite, l'ère cybernétique implique d'intégrer au «vivant» des entités artificielles inorganiques.

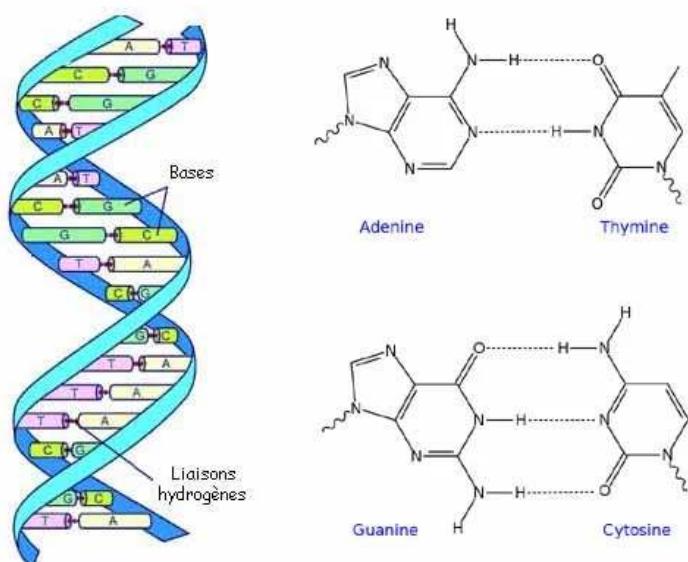
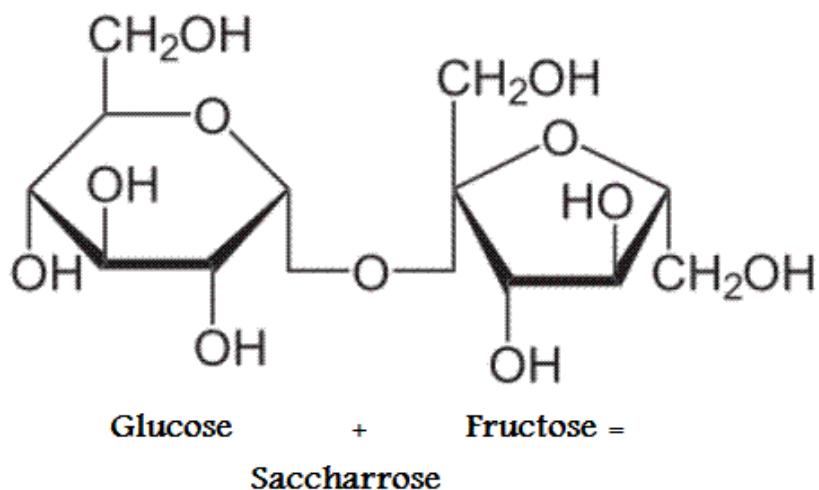


Figure 5 : structure moléculaire de deux molécules organiques, un extrait d'ADN, et un sucre, le saccharose.



Du côté créationniste, on trouve le christianisme : on prend pour date de référence de la religion chrétienne la crucifixion de Jésus. (et les autres religions monothéistes), dans laquelle seul l'être humain et Dieu ont une âme. L'âme n'est cependant pas le seul critère du vivant ici, son attribution est aussi lié à une certaine forme d'anthropomorphisme, les animaux sont «vivants» parce qu'ils ont une morphologie que l'on peut considérer comme un corps avec des organes, qu'ils se déplacent, en bref qu'ils ont comme nous un comportement et réagissent aux stimuli ; à l'inverse des plantes, par exemple, plutôt considérées comme de la matière : on considère vivant ce qui nous ressemble par des comportements, des morphologies, car nous nous considérons nous-même vivant. Le Christiannisme n'a pas une considération égalitaire des êtres et des choses de manière générale, et les classe selon une échelle hiérarchique linéaire dont les positions sont attribuées de façon subjective, selon leur utilité pour l'être humain. Cette Scala Naturae est reprise des propositions d'Aristote, qui cherchait déjà à définir des critères pour ranger le vivant. On trouve ainsi Dieu puis les humains au sommet, suivit des animaux, des plantes, et les minéraux pour finir. Chaque catégorie est ensuite divisée en sous-catégorie.

Bien évidemment, le christianisme, par son approche créationniste ainsi que le fait que Dieu est l'unique créateur et que toutes ses créations sont parfaites rend absolument impossible l'idée que l'humain puisse à son tour créer ou modifier un être créé par Dieu. Ceci rend impossible l'apparition du cyborg sous ces conditions.

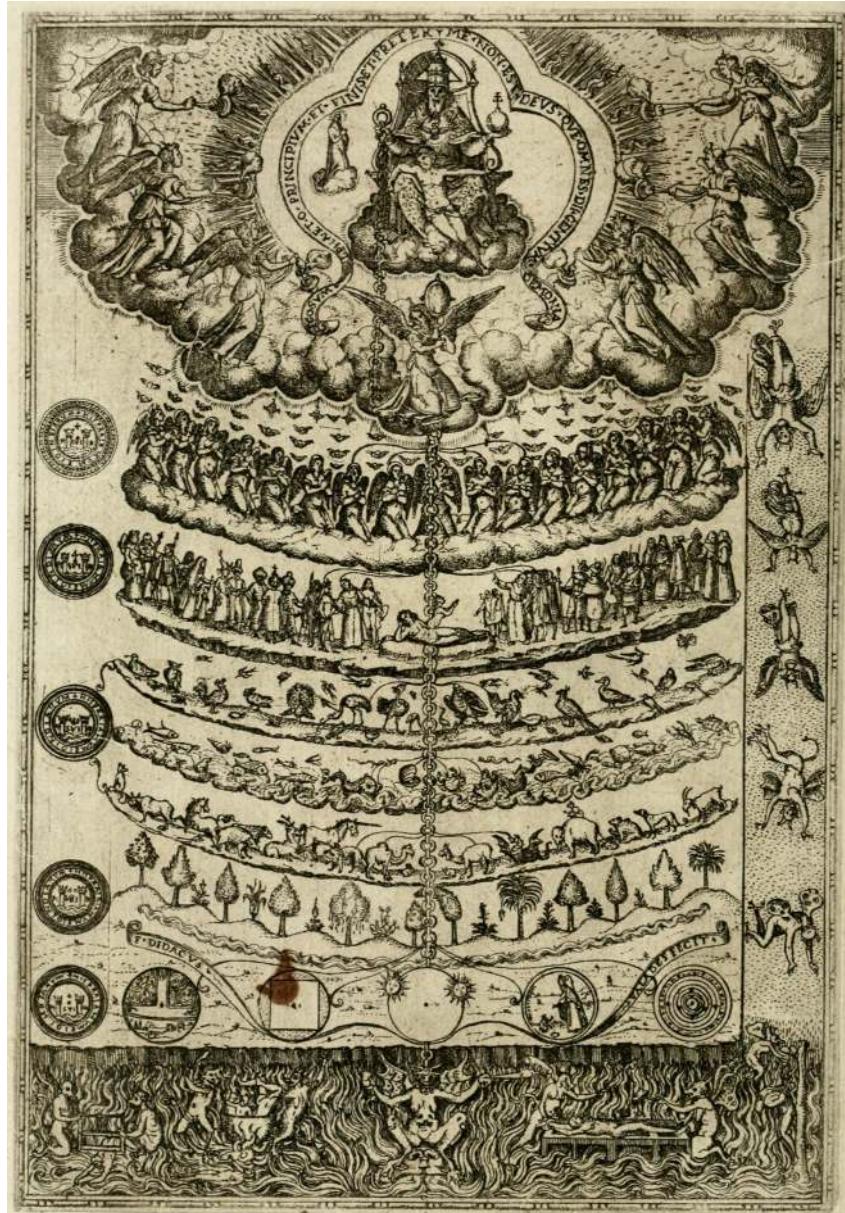


Figure 6.1 : Représentation de la Scala Naturæ par Didacus Valades, Rhetorica Christiana (1579).

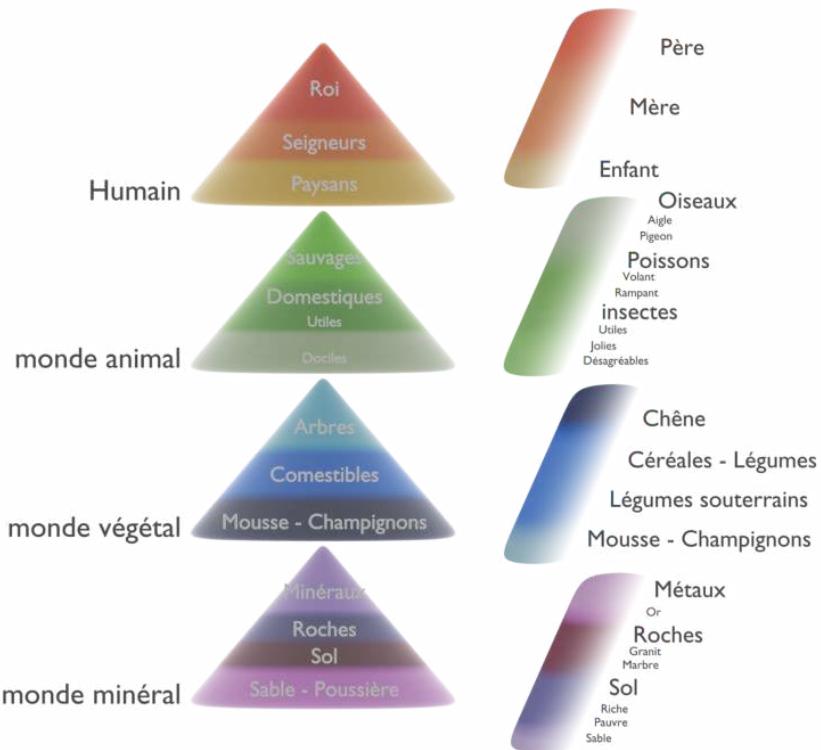


Figure 6.2: Scala Naturae. Figure 6.3: Sous-division de la Scala Naturae.

De l'autre côté de l'influence fixiste, dans les cosmologies, on retrouve diverses mythologies (grecque et romaine notamment), ainsi que hindouisme : Gerhard J. Bellinger «L'Encyclopédie des Religions», Le Livre de poche (ISBN 978-2- 253-13111-3), page 754. qui, dans la continuité d'un univers en cycle, perçoit la vie de la même façon au travers de cycles de réincarnations, associés au concept de karma. Selon la qualité de la vie menée, de notre bonté, nous nous voyons réincarnés en diverses espèces selon ce bon ou mauvais karma. Le cosmologisme est positionné à droite du créationnisme sur le graphique, car il entend que l'univers est mouvant, s'approchant ainsi des autres mouvements dans sa conception du monde. Comme dit plus tôt, la perception créationniste de l'univers ne permet pas l'apparition du cyborg, cependant, la volonté de ranger et classifier les êtres est d'une certaine façon un point nécessaire à son arrivée. Le créationnisme pousse à étudier et comprendre les organismes en profondeur, conditionnant l'arrivée de courant moins attachés à la métaphysique.

Malgré leur attachement prononcé à l'âme, on note tout de même cette différence importante en terme de «stabilité» du monde, le cosmologisme reconnaissant une certaine forme de changement de leur environnement au cours du temps.

On soulignera aussi l'habitude de certaines mythologies à intégrer dans leurs croyances des divinités provenant d'autres cultes; créant d'une certaine façon une croyance hybride<sup>3</sup>.

De l'autre côté du graphique, on observe une autre tendance, plus attachée aux phénomènes physiologiques pour caractériser la vie. Certains exclusivement attachés à ces phénomènes, et d'autres qui propose un entre-deux, considérant l'existence d'une âme, mais l'intégrant dans une logique matérielle. La plupart de ces mouvements partagent des logiques et des concepts communs, les penseurs de ces concepts proposant tour à tour des variations au sein des mêmes groupes de pensée. On trouve cinq grands groupes de vision dans lesquels on peut associer différentes propositions. À l'extrême gauche de ce bloc, on trouve les finalisme : le terme est proposé par Christian von Wolff dans son livre «Philosophia rationalissive Logica» (1728). , qui considèrent que les choses existent exclusivement par le biais de la raison «en vue de quoi quelque chose est réalisé». Cette zone d'influence, proche de la zone du matérialisme/mécanisme : on considère une date commune pour ces deux courants très proche, au travers de l'oeuvre «L'Homme Machine» (1748) de Julien Offray de La Mettrie, on soulignera cependant que cette approche du vivant se retrouve dans bon nombre de courants dès l'Antiquité, il est donc difficile de lui attribuer une paternité. par leur niveau de considération de la matière et de l'âme, s'opposent cependant dans leur approche de ces derniers : le mécanisme intègre plutôt une logique de cause à effet, alors que le finalisme n'intègre que «l'objectif» comme raison d'être.

Du fait du conditionnement de l'existence des choses uniquement par le télos<sup>4</sup>, imaginer la modification d'un être déjà existant pour le rendre cyborg est peu probable, car nul besoin de le modifier étant donné que la naissance de quelque chose est déjà scensée parfaitement répondre à un but, sa modification pour «mieux réussir» n'a donc pas de sens.

Au sein du groupe finaliste on trouve notamment la téléologie (IV), représentée par Aristote. Le philosophe propose sa représentation du vivant dans son traité «Partie des Animaux»<sup>5</sup>, dans lequel il classe les vivants par type d'âme. Il considère trois types d'âmes ; l'âme végétative qui gère la nutrition nécessaire à tout être, l'âme sensitive qui gère la perception, et l'âme humaine qui possède une fonction intellectuelle que l'on pourrait associer à la raison, la capacité de connaître et de comprendre. S'ajoute à ces trois types, une échelle de perfection allant des plantes à l'humain avec onze degrés de perfection ; échelle reprise dans le christianisme pour construire la Scala Naturae.

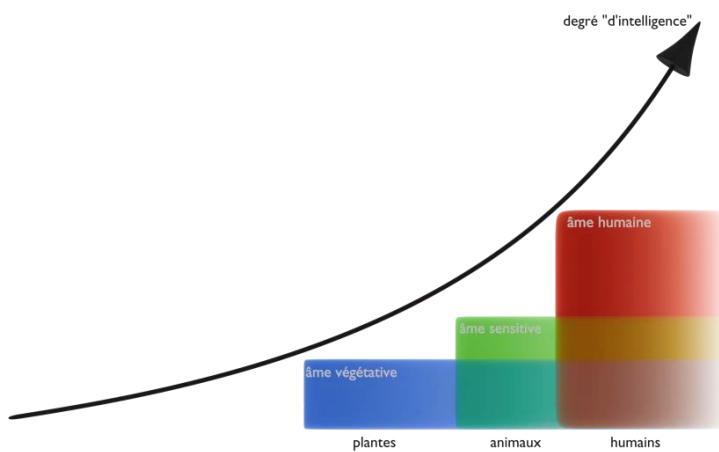


Figure 7: Typologie d'âme

Cette différentiation de la forme d'âme accepte le concept de différents types «d'intelligences», ce n'est pas parce qu'un être vivant n'a pas de capacités réflexives semblables à celles d'un être humain que son comportement et ses réactions ne sont pas issus d'une forme d'intelligence : l'âme végétative et l'âme sensitive se différencient de l'âme humaine présentées comme étant liées au système nerveux autonome<sup>6</sup>. En contact de la zone finaliste, on peut observer la zone matérialiste, qui communique avec toutes les zones de ce bloc. En effet tous les courants de ce bloc partagent des concepts avec cette doctrine. Il se base sur l'idée selon laquelle toute chose est composée de matière, de même pour la métaphysique, comme l'esprit et la conscience. Ce principe est fondamental dans bon nombre de courants de pensée, car il accepte aussi bien l'existence d'une âme, qu'un monde où tout est mis en mouvement à travers la matière. Il insuffle un nouvel élan dans les découvertes scientifiques car il implique d'expliquer comment la matière interagit pour expliquer la vie à l'instar d'autres mouvements plus attachés à l'âme, qui ont plus tendance à user de métaphysique pour justifier la vie. Au centre de ce bloc, on trouve le dualisme: le terme possède différentes définitions selon le contexte entre religion et philosophie; pour sa définition philosophique, on se réfère à la proposition de Christian von Wolff dans «Psychologia rationalis» (1734). , qui sous-tend que toute chose s'explique par l'existence de deux principes indépendants. Cette idée englobe de nombreux sujets, mais nous nous intéresserons ici uniquement à la conception du monde vue à travers cette doctrine. Par cette perception bicéphale des choses, le dualisme voit la vie par l'existence de deux réalités distinctes, qui peuvent cependant interagir selon certaines conditions. On se référera à la définition de Descartes, qui dissocie la «res extensa» (qu'il considère comme la matière en toute chose, dont le corps) et la «res cogitans» (la pensée, l'âme). Selon ce principe, bien

qu'attachée à l'idée d'âme, une partie de ce que l'on peut considérer vivant en est dépourvue (chez Descartes aussi, seuls les humains sont possesseurs d'une âme). Descartes considère les animaux et le reste du vivant uniquement comme des machines, en témoigne sa thèse de l'animal machine. Cette considération péjorative du reste du vivant, très anthropocentrique est d'une certaine manière restée présente dans nos sociétés jusqu'au XXe siècle à partir duquel des pensées plus biocentriques reprennent en popularité, notamment la philosophie de la biologie.

Cette considération du corps comme une machine est intéressante sous l'angle du cyborg, car elle participe à faire descendre le corps de son piédestal sacré, afin de le considérer comme une machine.

À la suite des zones d'influence du finalisme et du matérialisme, on observe deux zones d'influences qui chevauchent toutes les zones de ce deuxième bloc. Il s'agit du réductionnisme : pas de paternité précise ici aussi, plusieurs penseurs en posent les bases conjointement, notamment Galilée et Descartes. , principe global qui cherche à expliquer tout concept par un ensemble de concepts plus fondamentaux ainsi que du transformiste : la première version du concept est attribuée à Jean-Baptiste de Lamarck. , qui s'oppose directement au fixisme. Le transformisme se fonde sur l'idée d'évolution des espèces au cours du temps, conditionné par l'hérédité des caractères acquis, et affirme que les organismes subissent l'influence de leur milieu et s'y adaptent (notamment grâce aux théories de Jean-Baptiste Lamarck<sup>8</sup> (1744-1829)). Cette idée d'évolution des espèces sera complétée par Darwin<sup>9</sup>, ajoutant les règles de la sélection naturelle dans l'équation.

Les théories évolutionnistes apportent un argument majeur dans l'apparition future du cyborg, puisque elles rendent acceptable l'idée que le vivant soit modifié afin de répondre à de nouvelles contraintes.

En tête du groupe transformiste, on observe le vitalisme: proposé par Paul Joseph Barthez. , en opposition au mécanisme mais en contact avec les influences matérialistes. Porté notamment par Henri Bergson, il s'agit d'un courant philosophique dans lequel on considère une force vitale distincte des processus physico-chimiques qui serait la source de la vie et donnerait son caractère «vivant» aux êtres. Par ce biais, les philosophes de cette pensée critiquent le réductionnisme qui propose la vie comme étant uniquement régie par des mécanismes biologiques ; ils se justifient en soulignant le fait que la complexité de la vie ne peut être uniquement expliquée par la science c'est la raison pour laquelle cette mouvance a progressivement perdu de son influence ; le fil des découvertes scientifiques a permis d'expliquer des phénomènes de la vie de plus en plus complexes. Il pose dans son oeuvre (Bergson, 1907) le concept d'élan vital, qu'il considère comme une force créatrice qui anime et incarne les êtres vivants. Il perçoit la vie comme un phénomène dynamique, en évolution

constante ; l'élan vital est une impulsion interne qui pousse les êtres à évoluer et à s'adapter à leur environnement.

Ce dernier point est assez important dans l'évolution des idées cybernétiques, car à l'inverse des autres visions de l'âme, il envisage le vivant comme quelque chose de modifiable, ce qui est un point central pour l'apparition de la future cybernétique, par le fait qu'il sous-entend la possibilité de modifier un être pour le rendre plus «adapté».

Au centre du groupe réductionniste, à cheval sur le mécanisme, se trouve le monisme: défini par Christian von Wolff dans «*Psychologia rationalis*» (1734). , mouvement qui en accord avec ses aspirations réductionnistes et mécanistes, considère la réalité comme étant entièrement composée de matière. Tout phénomène, y compris la conscience et les émotions, peut donc être compris exclusivement à travers des processus matériels.

Le monisme se pose en opposition à la philosophie vitaliste et à tout autre mouvement considérant l'existence d'une âme. Là encore, la considération uniquement matérielle du corps permet une approche pragmatique de ce dernier et pourrait mener à sa possible modification puisqu'il n'est pas considéré comme intouchable.

On trouve trois autres pensées dans le bloc transformiste, le naturalisme: attribuée à Diderot dans le sens de «système philosophique dans lequel on attribue tout à la nature comme premier principe». , la philosophie de la biologie: attribuée à Marjorie Grene. , et enfin, le cybernétisme: paternité attribuée à Norbert Wiener notamment au travers des conférences Macy (1947) et de son livre «*Cybernetics or Control and Communication in the Animal and the Machine*» (1948). . Tout d'abord, le naturalisme, à la frontière du matérialisme, même si les deux concepts se développent conjointement, on y trouve cependant une différence importante, le naturalisme n'implique pas d'explication métaphysique à la vie. En effet, on considère ici que tout ce qui existe peut être expliqué par des causes naturelles et des lois scientifiques, sans recourir à des entités surnaturelles ou des principes métaphysiques. La volonté analytique du naturalisme demande de faire le lien entre réflexion philosophique et sciences naturelles ce qui en fait encore aujourd'hui un mouvement influant. Le concept existe depuis l'antiquité, à travers les stoïciens (école de Zénon de Kition<sup>10</sup> fin IVe siècle AEC) . Dans la pensée contemporaine, c'est Willard Van Orman Quine (1908-2000) qui participe en majeure partie à cristalliser et populariser le mouvement. Son naturalisme est basé sur l'idée que la science représente la vérité la plus pure, de ce fait les méthodologies analytiques scientifiques sont les plus adaptées pour juger et observer le monde, il n'y a nul besoin d'avoir recours à une philosophie faisant appel à la métaphysique.

Cette scission brutale avec la religion et la métaphysique au sens général marque un point important dans l'évolution de la perception du monde et de l'implication des sciences dans cette conception. Le cyborg, par son objectif de réponse scientifique à une contrainte de la vie humaine prend son sens. Le naturalisme pose une base pragmatique pour l'apparition des

cyborgs en justifiant, à travers la notion de besoin, le fait d'améliorer et de transformer le vivant afin de mieux s'adapter à son contexte d'existence.

Pour finir la lecture de ce graphique, on retrouve conjointement à l'extrême de l'abscisse la philosophie de la biologie, et le cybernétisme. La philosophie de la biologie au cours du XXe et XXIe siècles apporte une vision plus élargie de la vie qui n'est plus spectaculaire par son caractère métaphysique, mais par la chance inouïe de son apparition<sup>11</sup> et de sa complexité de fonctionnement. Du fait du caractère résolument physiologique des mécanismes et du comportement du vivant, le considérer comme reproductible est désormais envisageable et la question d'un vivant artificiel se pose alors sérieusement. Des philosophes comme Daniel Dennett (1942-2024) imposent la conscience comme un produit de processus cognitifs, la force vitale n'a plus sa place ici. Les principes qu'il définit sont un point de départ nécessaire à l'apparition du cyborg moderne et à l'extension du vivant : Il défend l'idée que des machines ont la possibilité d'émuler des processus cognitifs humains, sans conscience au sens traditionnel. Cette vision selon laquelle la complexité de nos réflexions et de nos comportements ne nécessite pas de conscience au sens traditionnel permet de revoir la rigidité des critères de la vie. Dans la continuité de ces idées, Francisco Varela (1946-2001) propose la théorie de l'autopoïèse comme critère du vivant. Il s'agit de considérer les systèmes vivants comme des entités auto-organisées et auto-maintenues ; les organismes sont des systèmes qui se reproduisent et se régénèrent eux-mêmes.

Ce modèle du vivant se retrouve actuellement dans notre façon de créer des machines, ou tout du moins dans notre vision optimale d'une machine. Au-delà de leur fonctionnement «vivant», c'est même aujourd'hui devenu l'un des arguments de vente de chaque nouvelle technologie, qui se vante d'être toujours plus autonome, intelligente, ou autoréparable.

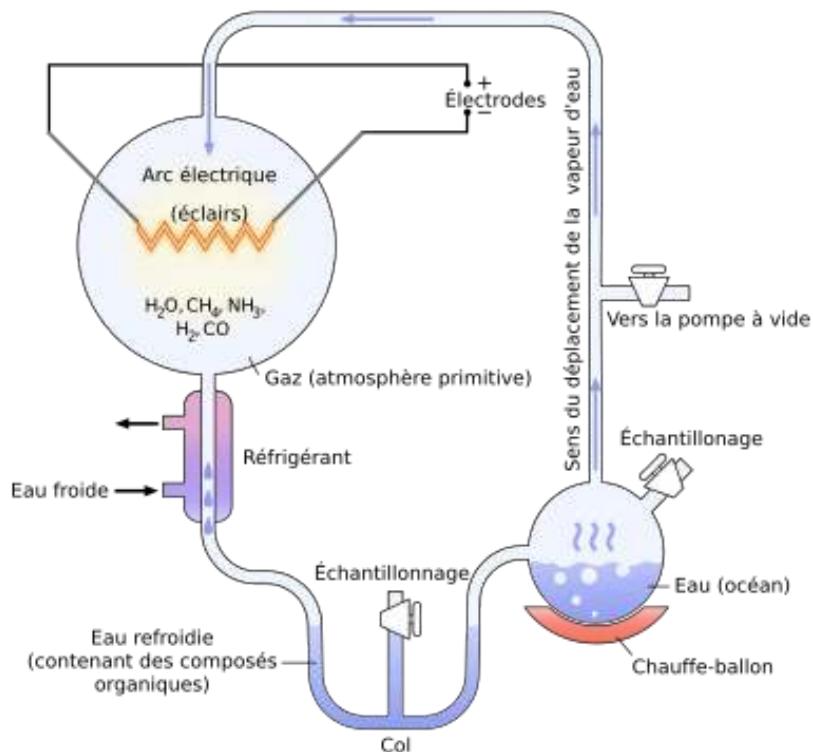


Figure 8 : Expérience Miller-Urey (1953), elle a pour but de simuler les conditions physico-chimiques de la Terre Primitive afin de mettre en évidence l'origine chimique de la vie, lors de cette expérience, il a été prouvé que la création de molécules organiques à partir de composées inorganiques était possible, prouvant la possibilité de la création de la vie artificiellement.

Pour finir, le cybernétisme, ancré dans le transformisme et né d'une somme de principes créés ici et là par les précédents mouvements. Si l'on en résume les critères tirés des précédentes observations, que l'on considère l'existence d'une âme ou non, il est nécessaire de considérer la vie dans un sens large, la «conscience», «l'intelligence» ne sont pas des critères stricts, leur définition est fluide et glisse sur un spectre, nul besoin de faire preuve d'une intelligence complexe pour être «vivant» ; de ce critère flexible, on ajoute des conditions physiques, des types de réactions physico-chimiques spécifiques au monde organique qui jusqu'ici traçait la frontière entre vivant et non-vivant, mais le cybernétisme vient rabattre les cartes en considérant aussi la matière non organique dans l'équation. Pour finir on prend aussi en compte un critère comportemental, qui est la dernière base fondamentale du vivant que le cybernétisme a décidé de conserver. Ce dernier, nous allons le voir, a redéfini nos critères d'intelligence, il mélange matière organique et inorganique dans un être vivant ; le seul critère qu'il conserve, ce «comportement», à comprendre aussi bien comme nos interactions entre entités, que le comportement physico-chimique de nos corps, c'est finalement le point fondamental de la cybernétique. Le «comportement vivant» se décline en quatre grands

principes : la capacité de produire une réaction comportementale du vivant, l'autopoiese<sup>12</sup>, la rétroaction et l'homéostasie<sup>13</sup> qui la définissent comme appartenant au règne du vivant. La définition de la cybernétique subit une évolution au cours de son histoire, sa définition originelle est quelque peu différente de notre cybernétisme moderne. On prendra comme point de départ de la cybernétique la première proposition de Norbert Wiener qui introduit le terme «cybernétique» dans son ouvrage (Wiener, N. (1948). Cybernetics: Or Control and Communication in the Animal and the Machine. MIT Press.), terme qu'il utilise pour désigner des mécanismes auto-régulés. Il pose une base théorique des critères comportementaux du cybernétisme dès 1943 dans un essai co-signé avec Arturo Rosenblueth et Julian Bigelow intitulé «Behavior, Purpose and Teleology» dans lequel ils définissent le principe d'approche behavioriste et classifient les typologies de comportements en abordant la question de feedback ; concluant sur le fait que cette approche peut être commune aux machines et aux organismes vivants.

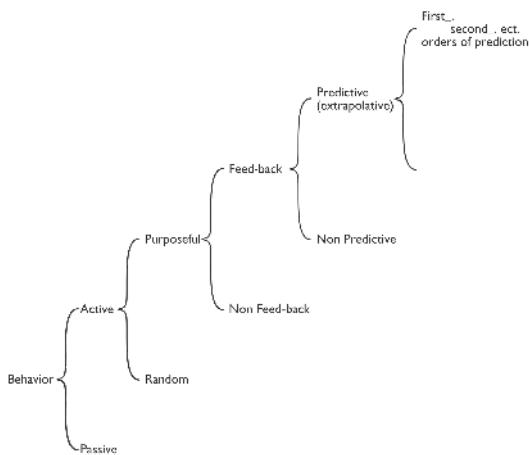


Figure 9: Caractérisation des différentes typologies behavioristes proposé par Norbert Wiener

Dans cette figure proposée par Wiener, il décline les différents types de comportements qu'il recense dans son approche behavioriste<sup>14</sup>. Il commence par distinguer les comportements passifs et actifs, qu'il définit comme tel : pour les actifs, l'objet est la source de l'énergie de sortie impliquée dans une réaction spécifique (l'objet peut stocker de l'énergie fournie par une entrée lointaine ou immédiate, mais l'entrée ne fournit pas directement l'énergie de la sortie) ; pour les passifs, l'objet ne sera pas la source d'énergie, comme dans l'action de jeter un objet. Il décline ensuite les comportements actifs en deux catégories, ceux aléatoires, et ceux avec

un but, un comportement orienté vers l'atteinte d'un objectif. De ces comportements intentionnels, il définit le concept de rétroaction (ou feedback), qu'il désigne comme la capacité de retour d'une partie de l'énergie de sortie en tant qu'entrée (rétroaction positive), ainsi que le comportement d'un objet contrôlé par une marge d'erreur par rapport à un objectif spécifique (rétroaction négative). Il stipule à ce sujet que tout comportement intentionnel nécessite un feedback si l'objectif doit être atteint. En effet, le feedback permet à l'objet de modifier son comportement en fonction de l'évolution de l'objectif, et de déterminer quand l'objectif est atteint. Wiener soulève autre un point important à propos des systèmes à feedback continu : un système doté d'une capacité de rétroaction peut réajuster le tir s'il manque l'objectif, mais il risque d'adopter un comportement oscillant autour de l'objectif à force de le dépasser et de réajuster en permanence ; il lui faut donc une capacité d'amortissement du feedback pour briser ce phénomène d'oscillation. Pour finir, il différencie la rétroaction prédictive et non-prédictive. Un système non-prédictif suivra tout simplement l'objectif sans se soucier du chemin parcouru (comme une amibe suivant la source à laquelle elle réagit sans extrapoler de trajectoire) ; tandis qu'un système prédictif adaptera son parcours en anticipant les fluctuations de l'objectif (comme un chat poursuivant une souris, qui anticipera sa position future). La dernière subdivision de la figure correspond à la déclinaison du nombre de prédictions cumulées qu'un tel système peut produire, il précise que les machines sont bien plus performantes à ce sujet que les organismes vivants (pour le moment). Le terme «cyborg» est quant à lui popularisé par Manfred E.Clynes et Nathan S.Kilne dans l'article «Cyborg and space» publié dans le journal «Astronotic» en 1960. Ils y étoffent l'idée selon laquelle la recherche de la création d'un environnement terrestre favorable aux humains dans l'espace est moins pertinente et efficace que d'envoyer des organismes cybernétiques qui peuvent survivre dans l'espace. à partir de ce postulat, ils se posent la question des systèmes nécessaires pour créer un bloc humain/machine qui s'autorégule (comme nous l'avons vu, c'est l'un des points clé du vivant, et le cyborg se doit de le conserver). Selon les deux scientifiques, les modifications apportées doivent fonctionner sans conscience propre afin de coopérer avec le contrôle homéostasique du corps hôte. Cette dimension autonome parasympathique<sup>15</sup> de l'extension est primordiale car elle impose que l'être ainsi créé ne soit «qu'un» et ne soit pas un ensemble d'êtres, d'esprits indépendants. «Si l'homme dans l'espace, en plus de piloter son véhicule, doit continuellement vérifier des éléments et faire des ajustements simplement pour rester en vie, il devient esclave de la machine. Le but du cyborg, tout comme celui de son propre système homéostatique, est de fournir un système organisationnel dans lequel ces problèmes de type robotique sont pris en charge automatiquement et inconsciemment, laissant l'homme libre d'explorer, de créer, de penser et de ressentir.». Ces deux propositions posent les deux principaux blocs du cybernétisme, le potentiel du vivant-machine dont Manfred E.Clynes et Nathan S.Kilne

proposent une vision très utopique, permettant à l'humain de se séparer des contraintes de la survie, pour s'adonner uniquement aux plaisirs créatifs. Quant aux théories de Norbert Wiener, elles introduisent la machine vivante, considérant et anticipant les futures capacités des machines à reproduire des comportements de feedback identiques voire supérieurs aux entités organiques. Le cyborg n'est cependant pas exempt de problématiques et de dérives potentielles, des questionnements éthiques que Manfred E.Clynes et Nathan S.Kilne ont choisi de ne pas mettre en avant dans leur texte, mais qui sont cependant bien présents aujourd'hui, N.Wiener a quant à lui toujours montré une forme de méfiance envers sa propre création et avertissait sur les potentielles déroutes du cybernétisme.

if man in space, in addition to flying his vehicle, must continuously be checking on things and making adjustments merely in order to keep himself alive, he becomes a slave to the machine. The purpose of the cyborg, as well as his own homeostatic system, is to provide an organizational system in which such robot-like problems are taken care of automatically and unconsciously, leaving man free to explore, to create, to think, and feel.

Manfred E.Clynes et Nathan S.Kilne

### 3. LE NOUVEAUX VIVANT À TRAVERS LA CYBERNÉTIQUE: DICHOTOMIE ENTRE CHIMÈRES ET HYBRIDES

Par ces nouveaux critères du vivant, fluides, nous sommes entrés dans une nouvelle ère du vivant, acceptant la possible modification d'abord d'êtres déjà existant, puis progressivement directement lors de leur création. Nous poserons ici un bref historique de ces modifications et de ces nouvelles créatures, ainsi qu'une étude des diverses caractéristiques des cyborgs. Certes les cyborgs suivent un ensemble de règles les définissant, mais ils diffèrent tous selon les besoins auxquels leurs modifications répondent ; on pourrait les ordonner par un gradient de modification, ainsi qu'à une classification par typologie. Nous verrons aussi que l'apparition d'une nouvelle forme d'être, implique l'adaptation du système, de la société ; que celle-ci s'est aussi cybernétisée. En effet, même si la cybernétique est née de l'idée d'un nouveau corps, ses principes peuvent aussi s'appliquer à des systèmes immatériels que nous nous efforcerons de caractériser de la même façon. Pour finir, nous nous pencherons sur «l'après cyborg», car il semblerait qu'au vu de l'évolution des technologies, celui-ci ne soit qu'une étape transitoire vers une nouvelle façon d'être. Nous pouvons observer une transformation semblable par ses idées et ses objectifs, mais différentes par le matériel ajouté, cet autre courant concomitant de la cybernétique, et qui promet d'aller plus loin, remplace les extensions au silicium des cyborgs par des composants organiques. Nous vivons actuellement l'évolution des deux courants, ce «post-cybernétique» faisant suite logique à la

cybernétique, mais impliquant cependant certaines différences avec son homologue. Nous nous appuierons ici sur les différences entre les deux concepts pour les caractériser et les définir. Si l'on devait prendre un unique point pour les différencier, nous retiendrons la différence entre chimère et hybride. Par définition, une chimère est un «patchwork» de différentes entités, dont chaque élément est différencié malgré l'unicité apparente de l'entité concernée. Si l'on prend la chimère mythologique, chaque élément de son corps conserve une forme d'indépendance par rapport aux autres éléments (une sorte de siamois, finalement); d'un point de vue biologique, chaque élément greffé possède son propre code génétique, et partage simplement une machinerie commune pour fonctionner. C'est là la différence fondamentale avec l'hybride, qui malgré l'ajout d'une extension, conserve son unicité; on vient l'étendre à un niveau plus profond, il est impossible de différencier l'entité de ses extensions. Daniel Lee et Roger Clarke en donne une bonne définition dans leur texte pour le festival ARS Electronica (Lee, D., & Clarke, R. (2005). Hybrid - Living in a Paradox (G. Stocker & C. Schöpf, Éds.)): Un hybride est le résultat d'un croisement entre deux races ou espèces pour créer un être unique, tandis qu'une chimère est le résultat de la jonction entre plusieurs éléments d'entités différentes, plusieurs populations de cellules génétiquement distinctes qui vont constituer un «soi». Si l'on prend des exemples en agronomie, le greffage d'un bourgeon sur un hôte en fait une chimère, l'arbre hôte n'est pas différent d'un arbre de la même espèce non greffé si ce n'est son extension, tandis qu'un hybride, comme le clémentinier, fruit de l'hybridation entre un mandarinier et un oranger est différent de ses géniteurs, les éléments pris à l'un et à l'autre forment une entité unique à part entière non différenciables (petite subtilité du clémentinier, l'hybridation résultante lui fait perdre sa capacité de reproduction, par conséquent, le seul moyen de le multiplier est par greffage/ clonage). Ces critères bien que biologiques se transposent aussi à des éléments inorganiques; l'ajout d'une extension mécanique à un être vivant en fait une chimère et non un hybride.

if man in space, in addition to flying his vehicle, must continuously be checking on things and making adjustments merely in order to keep himself alive, he becomes a slave to the machine. The purpose of the cyborg, as well as his own homeostatic system, is to provide an organizational system in which such robot-like problems are taken care of automatically and unconsciously, leaving man free to explore, to create, to think, and feel.

Manfred E.Clynes et Nathan S.Kilne

Et le cyborg dans tout ça? Si l'on se réfère aux critères du cyborg définis précédemment, on peut considérer le cyborg plutôt comme une chimère ; cependant, certains critères annexes, comme l'autopoïèse, tendent plutôt à envisager aussi un cyborg hybride. De cette difficulté à ranger le cyborg dans l'un ou dans l'autre ainsi que l'évolution des typologies d'extensions, on

se retrouve dans cette division entre chimère et hybride, chacun partageant les critères de la cybernétique, ouvrant alors sur deux mouvement qu'on qualifie de cybernétique et post-cybernétique. Intéressons-nous d'abord aux éléments caractérisant chimères et hybrides ainsi qu'à leur fonctionnement afin de pouvoir dresser une liste non exhaustive d'exemple pour chacun d'entre eux dans le but de constituer un portrait de leur champ d'action.

Pour commencer, la chimère:

- une chimère est constituée d'un hôte ainsi qu'un ou plusieurs donneurs dont on récupère un ou des éléments que l'on ajoute à l'hôte.
- les éléments nouveaux partagent ou non un système de fonctionnement commun avec l'hôte. Ils peuvent partager une source d'alimentation, ainsi que d'une capacité de communication et d'interaction avec l'hôte plus ou moins complexe, en effet, la source d'énergie du greffon peut être extérieure à l'hôte (par exemple un élément robotique ou informatique alimenté par sa propre source d'électricité, l'hôte ne pouvant l'alimenter lui-même), l'hôte peut aussi alimenter l'extension dans le cas où ils partagent une forme de stockage de l'énergie commune (par exemple deux éléments organiques utilisant le glucose et l'ATP comme vecteur d'énergie) ; l'extension peut aussi être un élément passif, ne nécessitant pas d'énergie (une prothèse de hanche).
- l'extension peut être dépendante ou autonome de l'hôte ; il peut utiliser son extension volontairement, ou elle réagit et s'actionne sans une commande effectuée par l'hôte.
- autopïèse : si l'hôte se reproduit, la nouvelle entité ne possède pas l'extension, elle peut cependant posséder la capacité de s'autorégénérer.

De ces critères, on peut souligner différents types d'extensions ; passives et actives (qui demandent de l'énergie ou non), de source d'énergie partagée ou externe à l'hôte, à action autonome ou gouvernée par l'hôte. Bien souvent, ces critères sont conditionnés par l'origine organique ou inorganique de l'extension (les technologies contemporaines nous contraignent grandement sur ce sujet, nous éprouvons le plus grand mal à trouver un rendement suffisant avec des transferts d'énergie biologique pour alimenter des systèmes électroniques).

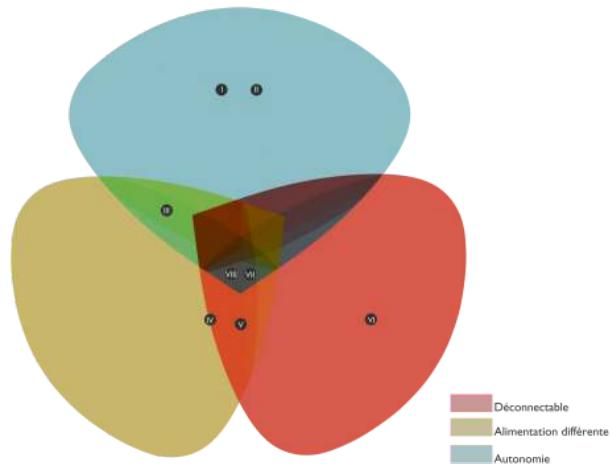


Figure 10 : Diagramme de répartition des exentions cybernétiques caractérisées par leur alimentation, leur autonomie et leur caractère détachable.

1. prothèse de hanche
2. greffe d'organe
3. Antenna
4. brainport
5. Third Thumb
6. The Vine
7. Roam Robotics
8. EksoBionics

Dans ce diagramme, on retrouve quelques exemples des différents types d'extensions et leurs caractéristiques respectives. En premier lieu, si on se concentre sur la source d'énergie de ces extensions, on note que tous les dispositifs inorganiques ne partagent pas le système d'apport d'énergie de l'hôte, en effet, les éléments électroniques demandent pour la grande majorité des quantités et des tensions bien trop élevées pour le système énergétique organique, de plus, le système de transport de l'énergie par phénomène d'oxydation utilisé par les organismes biologiques est difficilement exploitable dans un système électronique qui exploite traditionnellement un transfert ionique. C'est toutefois dans ces systèmes inorganiques que l'on retrouve les seuls éléments ne nécessitant pas d'énergie pour

fonctionner, à savoir les prothèses telles que celles de hanche (I), qui ne sont concernées ici que par leur caractère «autonome» vis-à-vis de l'hôte, à l'inverse des greffes d'organes (II) qui demandent d'être alimentées et sont contrôlées par le système nerveux parasympathique. Par ce critère d'autonomie, il s'agit de différencier les systèmes qui fonctionnent en continu, car ils sont bien souvent nécessaires à la survie de l'hôte, qui n'a alors pas de contrôle direct sur eux (dans certain cas il peut éventuellement l'éteindre, mais ne contrôle pas son fonctionnement outre-mesure), des systèmes qui s'activent sur commande de l'hôte ; en somme, on retrouve la séparation entre système neurovégétatif et système nerveux somatique. À l'inverse de ces systèmes autonomes, on trouve donc les éléments qui sont actionnés par la volonté directe de l'hôte, dans lesquels on trouvera toutes les prothèses externes. Celle-ci ont des degrés d'autonomie variables, certaines uniquement actionnées et contrôlées par l'hôte, comme les prothèses mécaniques, tandis que d'autres extrapolent une action du propriétaire pour compléter l'action amorcée par ce dernier ; c'est le cas des diverses prothèses robotiques, qui vont accompagner le mouvement dans le cas de prothèses d'assistance comme celles de Roam Robotics (VII) ou qui effectuent le mouvement complet à la place de l'hôte pour le cas des exosquelettes de Ekso Bionics (VIII) à la différence de la définition originale du cyborg, la plupart de ces extensions sont «déconnectables» du propriétaire, invalidant alors leur statut de cyborg. Mais le statut de cyborg a cependant évolué, et il est maintenant plus judicieux de considérer l'indivision ou non de l'hôte et de son extension comme un «degré» de cyborg, considérant donc cyborg à des niveaux différents l'entité qui peut retirer son extension, que celle indivisible.



Figure 11 : Les prothèses exosquelettiques de Roam robotics accompagnent le mouvement généré par le porteur.



Figure 12 : Les exosquelettes de Ekso Bionics détectent la volonté de mouvement de l'hôte et réalisent le mouvement à sa place.

Ces extensions partagent un point manquant quant à leur statut de cyborg dans sa définition originale : pour la plupart, elles n'ont pour objectif que de récupérer ou rétablir une fonction perdue ou disfonctionnelle, invalidant alors leur grade de cyborg, ici ce critère tend à être revu. Il existe pour le moment assez peu d'exemples concrets et pleinement fonctionnel d'extension validant les critères traditionnels du cyborg, si l'on écarte l'autopoïèse dont les machines sont pour le moment complètement dépourvues, on peut tout de même trouver quelques projets remplissant les conditions. Du côté prothétique, on trouve les créations de Dani Clode «Third Thumb» (V) et «The Vine» (VII) qui proposent une véritable extension de fonction. Le domaine dans lequel les projets foisonnent le plus tourne autour des sens, du fait qu'il nous est pour le moment impossible de nous créer un nouveau sens à partir de zéro, bon nombre de personnes réfléchissent à des dispositifs permettant d'augmenter ou de retrouver les informations d'un sens au travers d'un autre. Ainsi les Eyeborgs, comme «Antenna» (III) de Neil Harbisson ou les Brainport (V) permettent de créer un pseudo sixième sens en apportant des informations supplémentaires sur leur milieu à leur hôte.

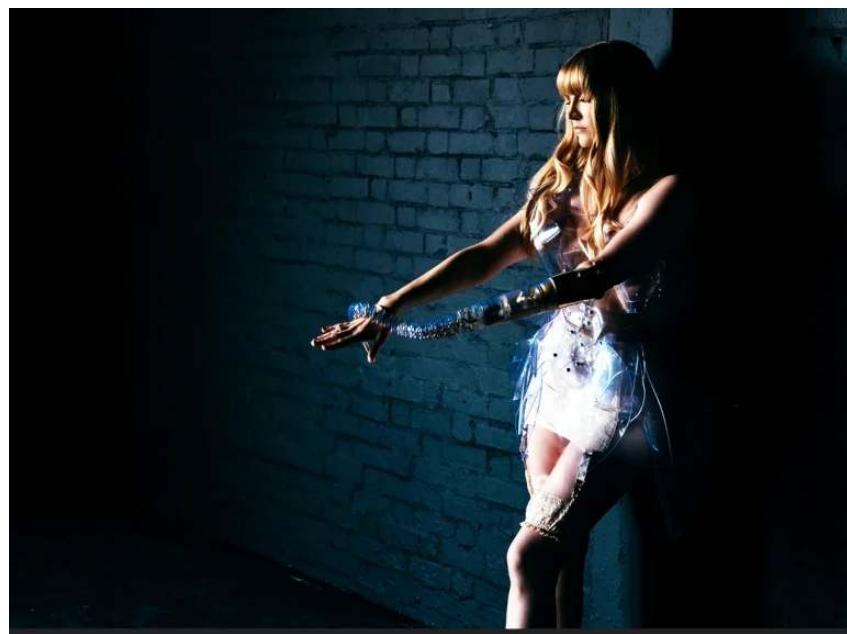


Figure 13 : The vine, Dani Clode, 2022. Amène une nouvelle fonction au corps de l'hôte.



Figure 14 : The Antenna, Neil Harbisson, 2004. Donne un pseudo sixième sens à son hôte en donnant accès à des informations supplémentaires par le biais d'un sens existant.



Figure 15 : Third Thumb, Dani Clode, 2017. Comme The vine, donne une fonction supplémentaire.



Figure 16 : De la même façon que pour The Antenna, les Brainport convertissent une information pour qu'elle passe par un autre sens.

Si l'on se réfère strictement aux critères précédemment énoncés pour identifier un cyborg, on voit bien que toutes ces chimères modernes ne sont pas complètement des cyborgs, pour la plupart un ou plusieurs des critères cyborg font défaut, notamment trois d'entre eux : l'indivision entre l'extension et l'hôte (bien que faisant partie des critères cyborg d'origine, celui-ci est souvent ignoré), le fait que l'extension doit étendre ou ajouter une fonction et non remplacer quelque chose d'existant, et le phénomène d'autopoïèse dont les composants

électroniques sont dépourvus. Mais qu'en est-il du côté de «l'autre vivant» ; en effet, nous avons précédemment statué sur le fait que l'évolution des technologies et des critères d'association du grade «vivant» permettait d'envisager une entité vivante inorganique, que nous appelons ici «la machine vivante». Celui-ci par défaut intégré au cybernétisme (cela ne fait pas de lui un cyborg pour autant), en attribuant un critère jusque-là réservé à l'organique à une machine, il s'inscrit naturellement dans le cybernétisme.

Date	Invention
-200	Pygmalion
1537	Homoncule de Paracelse
1788	James Watt - régulateur à boules
1947	Walter Grey - Machina Speculatrix
1950	Claude Shannon - Theseus
1950	Test de Turing
1956	Intelligence Artificielle
1958	Biological Computer Laboratory
1970	Robert Breer - Floats
2002	Jeppe Hein - 360° Presence
2007	Apple - SIRI
2013	Boston Dynamics - Atlas
2016	Deep Mind - Alpha go
2022	Open AI - GPT 3.5

- Mythe
- Mécanique
- Analogique
- Concept scientifique

Figure 17 : Tableau chronologique de différentes créations marquante de la notion de machine vivante.

L'évolution de la machine vivante s'est effectuée par paliers d'évolutions techniques, se développant autour de deux principaux axes qui nous permettent d'attribuer le caractère vivant à une machine : son comportement, sa capacité à effectuer, mimer un comportement, une mécanique déjà attribuée au monde du vivant; et une forme de conscience, d'intelligence, à comprendre comme sa capacité à s'adapter à une situation (notamment par feedback). Commençons donc par dresser une petite frise simplifiée pour observer l'évolution du machine-vivant. Pendant longtemps, la machine vivante reste un simple rêve qui traverse les époques, l'humain a toujours voulu «jouer à Dieu». Ainsi, on trouve bon nombre de mythes et légendes autour de la création d'un être artificiel. Ici et là, on retrouve des histoires de créations artificielles d'êtres vivants, comme Pygmalion, dont la statue prend vie, ou encore les recettes de fabrication d'homuncules, êtres artificiels proposées par Paracelse. Le développement des machines lors de la révolution industrielle occidentale apporte un premier sursaut de développement de la machine vivante en donnant à la machine un comportement autonome notamment dans sa capacité à s'auto-réguler, par exemple au travers des valves de pression des locomotives à vapeur, qui leur permettent de réguler la pression ; ce caractère d'auto-régulation se rapporte facilement à l'homéostasie organique. Le développement de l'électronique au milieu du XXe siècle apporte à son tour son lot d'évolutions pour la machine vivante. C'est durant ce siècle que naissent la plupart des concepts qui vont conduire la machine vivante à ce qu'elle est aujourd'hui. Le développement conjoint de l'électronique et de l'informatique permet la complexification des machines, leur offrant des capteurs de plus en plus performants et des processeurs pouvant effectuer de plus en plus de calculs. Ainsi, on débute ce demi-siècle avec des robots primaires, comme la *Machina Speculatrix* de Walter Grey et *Theseus* de Claude Shannon, machines analogiques qui peuvent résoudre un problème complexe par effet de «die and retry» conservant en mémoire les essais précédents, ils introduisent le concept de feedback dans une machine (cette capacité mémorielle et de réaction suite à l'échec est un grand pas vers une forme d'intelligence jusque là attribuée aux entités organiques). Les années 50 voient apparaître la naissance de l'intelligence artificielle, terme proposé par John McCarthy lors de la conférence de Dartmouth en 1956, cet acte de naissance officialise la course et l'explosion du développement de ces nouvelles entités artificielles. De cette logique commune, le test de Turing<sup>16</sup> permet d'établir si une machine est dotée d'intelligence en testant sa capacité à se faire passer pour un être humain.

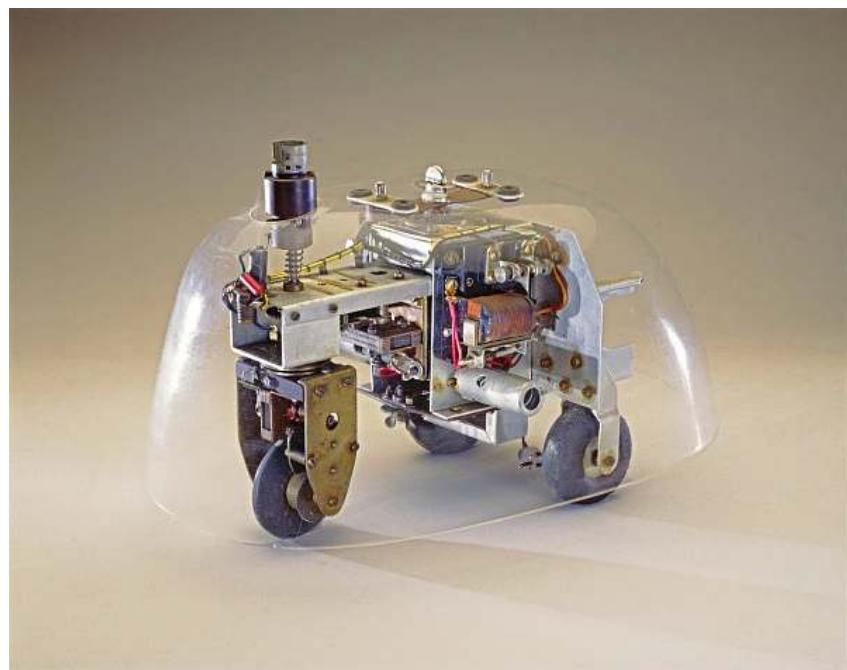


Fig 18 : Machina Speculatrix, William Grey Walter, 1947

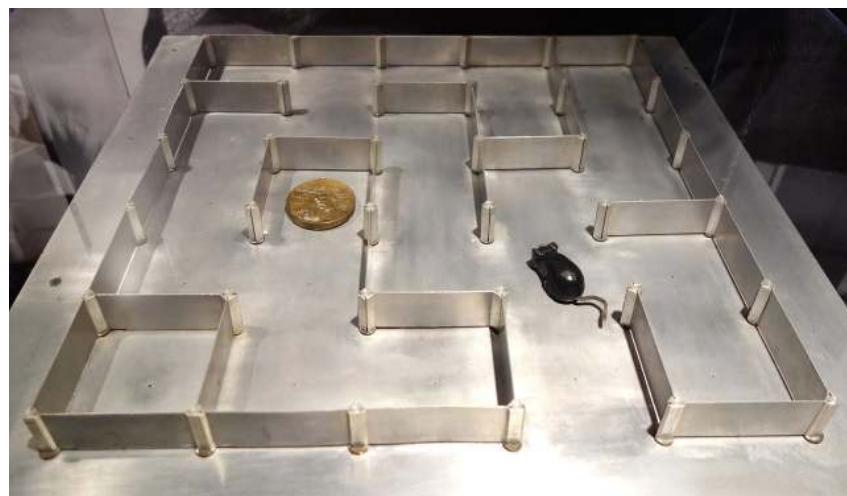


Fig19 : Theseus, Claude Shannon, 1950

Dans la foulée, la création du Biological Computer Laboratory (en 1958 par le professeur Heinz von Foerster), dont l'objectif est l'application de phénomènes biologiques appliqués à l'informatique, inscrit l'intelligence artificielle dans cet idéal cybernétique de mimétisme de

l'organisme biologique. Les avancées technologiques du XXI<sup>e</sup> siècle permettent un grand pas dans l'évolution des capacités des intelligences artificielles, dès le début du siècle on voit apparaître les premiers assistants personnels comme SIRI (2011), on voit enfin naître cet objectif du cybernétisme émis par Clyne et Kilne, cet idéal de libération des préoccupations de la survie par le biais de la cybernétique. Ces IA vont connaître une escalade de leurs capacités réflexives au cours des dernières décennies, au point où elles surpasseront les humains dans des domaines intellectuels comme le go ou les échecs, notamment avec les IA AlphaGo et Deep Blue (qui battent des champions de go (2015) et d'échec (1997)). Mais ces IA ne disposent pas encore de corps «libre», elles ne font que donner l'information et un être humain réalise l'action proposée, ce degré réduit de liberté va cependant être amené à évoluer ces prochaines décennies, le corps robotique étant un vieux rêve de l'humanité, on retrouve tout au long de l'histoire des automates en tout genre, que la robotique moderne liée à l'IA permettra d'actionner ces derniers de manière autonome ; ainsi les différents robots construits par Boston Dynamics nous donnent une bonne idée des potentielles entités robotiques de demain.

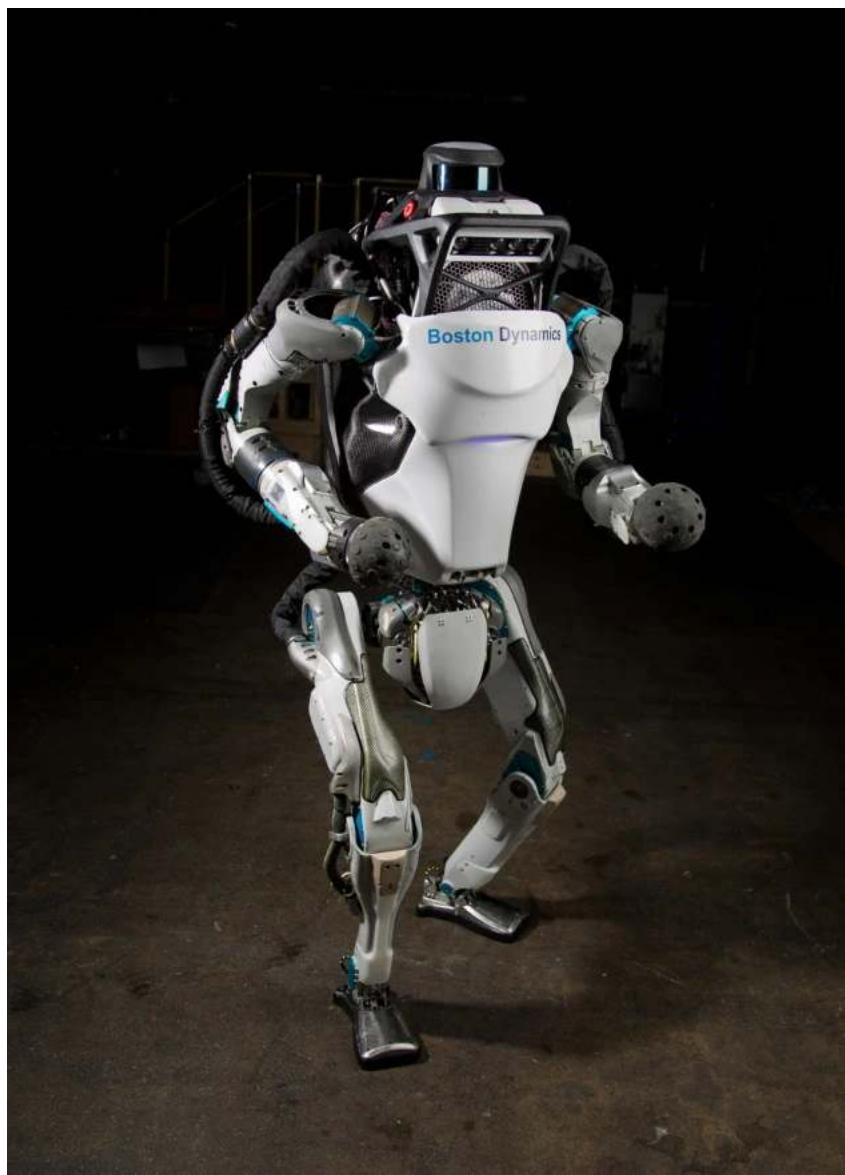


Figure 20 : Atlas, de par sa forme humanoïde, et la complexité de ses mouvements paraît très humain.

On relève deux voies différentes dans la conception des robots, l'une très anthropomorphique, comme le robot Atlas de Boston Dynamics, qui dispose d'une forme humanoïde. Cependant, cette forme humaine nous pose problème et on observe une forme de réticence, de peur vis à vis de ces corps trop «humain», comme le témoigne les créations de Hiroshi Ishiguro, les «Géminoïdes», robots répliquant en tout point une personne existante, la présentation du robot et de son humain, visuellement identique instaure un certain malaise, le comportement, le geste trop parfait d'un robot nous met mal à l'aise, car c'est le comportement irrégulier, excentrique des organismes vivants qui leur donne justement ce côté «vivant». C'est ce côté instable que certains artistes cherchent à reproduire, comme

Simon Penny, avec son oeuvre «Petit Mal», robot de conception primaire, qui cherche à produire un comportement «vivant» en exploitant les phénomènes irréguliers d'un système mécanique et électronique.



Figure 21 : Petit Mal est très représentatif de l'importance de l'imperfection du comportement pour rendre vivant une machine.



Figure 22 : L'apparence trop parfaite, trop humaine des Géminoïdes montre à quel point nous ne sommes pas à l'aise à l'idée que les robots prennent vie.

Le robot vivant de notre imaginaire est donc encore loin de voir le jour, cependant les avancées éclairs de ces dernières décennies nous poussent déjà à revoir le fonctionnement de notre société vis-à-vis de ces nouveaux êtres. Ainsi, on voit ici et là les premiers ajustements de nos sociétés à ces nouveaux êtres, pour exemple, Neil Harbisson est le premier être à avoir été reconnu comme «cyborg» par un gouvernement ; lors de son renouvellement de passeport, sa photo a d'abord été rejeté car son antenne y apparaissait, ce dernier convainc alors l'administration que son antenne doit être considérée comme un organe et une partie de son corps et non comme un dispositif électronique. Son passeport a finalement été accepté, faisant de lui le premier cyborg reconnu par un gouvernement. De l'autre côté du globe, la Corée du Sud élabore dès 2007 une charte éthique des robots visant à éviter que des abus soient faits sur des robots par les humains et inversement ; cette charte s'inspire grandement des lois d'Asimov, grand précurseur de la robotique. Mais il existe une autre forme d'entités partageant certains critères du cybernétisme, qui ne sont pourtant pas des cyborgs car ils ne sont pas des chimères mais des hybrides. Il s'agit là du point final de la recherche du changement de nos corps, au lieu d'agir sur un corps existant en lui ajoutant des éléments, on essaye ici d'agir en amont, de créer de toute pièce une entité nouvelle

distincte de son géniteur, ce processus pourtant présent depuis toujours dans nos sociétés humaines (l'agriculture et l'élevage en sont l'exemple parfait, nous sélectionnons et croisons les espèces pour en créer de nouvelles depuis toujours), commence à toucher non plus à nos ressources mais à nos propres corps.

Proposées pour la première fois dans sa nouvelle Runaround:

1. Un robot ne peut porter atteinte à un être humain ni, restant passif, laisser cet être humain exposé au danger;
2. Un robot doit obéir aux ordres donnés par les êtres humains, sauf si de tels ordres entrent en contradiction avec la première loi ;
3. Un robot doit protéger son existence dans la mesure où cette protection n'entre pas en contradiction avec la première ou la deuxième loi.

Il existe aussi une loi zéro, ajouté plus tard (Asimov, I. (1985). Les Robots et l'Empire (A. L. P. S. de P., Trad.). Presses de la Cité.): 0. Un robot ne peut pas faire de mal à l'humanité, ni, par son inaction, permettre que l'humanité soit blessée.

Isaac Asimov

Commençons d'abord par caractériser cet être, hybride. Roger Clarke définit dans son texte pour le festival ARS Electronica «Hybrid - Living in a paradox» (2005):

1. Une nouvelle instance L'entité doit être reconnue d'une existence distinct de ses progéniteurs. De simples interconnections entre personnes ou organisations ne représentent pas une hybridation, à moins que l'association donne naissance à une nouvelle entité.
2. Double ou multiple héritage La nouvelle entité doit posséder des éléments de tout ses progéniteurs.
3. Différence significative Il doit y avoir une différence significative entre la nouvelle entité et ses progéniteurs. L'addition de fonctionnalités mineures ou l'affinement de fonctionnalités existantes ne justifie pas le titre de «nouveau type d'entité». Par exemple, une attelle est un ajustement d'une fonction de mouvement ; une prothèse remplace une partie du corps pour retrouver une fonction. Aucun des deux ne rendent l'entité hybride, car la différence entre l'humain augmenté par ces dispositifs et un humain standard est trop limitée.

4. Intégration L'entité doit être plus que simplement éclectique, et non simplement un ensemble d'éléments sans inter-relations. Il doit y avoir une intégration ou une fusion de certaines fonctionnalités d'une entité avec certaines d'une autre entité pour produire une nouvelle entité.

Caractéristiques optionnelles :

1. Fonctionnalité: L'hybride doit avoir ou non des caractéristiques avantageuses, créant de nouveaux potentiels individuellement et socialement.
2. Dysfonctionnalité Des caractéristiques clés peuvent manquées, ou des traits nocifs peuvent exister.
3. Flexibilité La nouvelle entité peut ou non avoir une flexibilité suffisante pour faire face à différentes circonstances.
4. Adaptabilité La nouvelle entité peut ou non avoir la capacité de changer des éléments ou de comportement au cours du temps, si son environnement change. Ce type de caractéristique peu ou non être liée à un «apprentissage».
5. Viabilité de survie de la nouvelle entité Pour que l'hybridation prenne place, cela implique que la nouvelle entité doit venir au monde, et rester existante, malgré les pressions de son environnement et de la survie, suffisamment longtemps pour être reconnue.
6. Survie des entités progénitrices L'hybridation n'implique pas nécessairement la survie, que les entités d'origines soient englobées, ou cessent d'exister. L'ancienne forme peut être détruite, ou continuer de vivre indépendamment.
7. Réplicabilité L'hybridité ou non d'une entité est indépendante de la faisabilité pour d'autres entités similaires ou identiques d'être créées.
8. Procréation Par «procréation»; la capacité d'une entité, seule ou en conjonction avec d'autres entités à s'autorépliquer, créer d'autres entités avec les mêmes éléments. L'hybridation n'implique pas nécessairement que la nouvelle entité ait la capacité de procréer.
9. Catégories d'instances Peu importe que l'instance soit ou non singulière, ou qu'elle soit une classe, une catégorie ou une espèce.
10. Entité dominante N'est pas liée à l'hybridité ou non que l'instance gagne des éléments de ses progéniteurs de façon égale ou inégale, ni de quel progéniteur quel fonction sont acquises.

11. Finalité N'est pas lié à la question d'hybridité, que le mélange de fonctions résulte du hasard, d'accidents, d'expérimentation ou de comportement intentionnels.

L'être hybride est, bien qu'il existe depuis longtemps, encore à ses balbutiements, nous avons toujours pratiqué l'hybridation consciemment dans un but productiviste, mais son application sur nos propres corps est encore hésitante. Je dis «consciente» car l'humain par le fruit de son évolution est déjà un hybride, mélange de différentes espèces du genre homo, Derrick de Kerckhove disait: (De Kerckhove, D. (2005). Hybrid: Elements of a re-mix culture. In G. Stocker & C. Schöpf (Eds.), Hybrid: Living in a paradox ) «Le premier hybride, c'est l'humain. Et il vit dans un paradoxe. Mélange d'esprit et de matière, dispositif de traduction, passerelle entre l'esprit et la matière, et inversement, l'humanité se trouve dans un état permanent d'hybridation, à la fois consciemment et inconsciemment.» Malgré notre prise de conscience récente de notre condition hybride et de la création des ciseaux génétique CRISPR/Cas9 (qui nous permettent d'ouvrir en un endroit spécifique l'ADN pour y intégrer un brin supplémentaire) et notre capacité à éditer de l'ADN, nous avançons à reculons vers notre destin hybride car celui-ci nous effraie un peu. Les premiers essais concrets sur l'être humain commencent à voir le jour, on peut ainsi voir les premières greffes inter-espèces entre un porc génétiquement modifié et un être humain, ou des transfusions de plasma de limule à des êtres humains, mais ces cas restent cliniques et localisés. Il faut pour le moment se tourner du côté du bioart pour observer quelques expérimentations sur l'hybride et sa condition, aussi bien en tant qu'être, que de matériel. Ainsi, on peut voir apparaître des tentatives d'approcher l'hybride, cochant chacun leur tour quelques points cités précédemment.

The first hybrid is the human. And living in paradox. A mix of mind and matter, a translating device, a handshake from mind to matter and vice-versa, humankind is in a permanent state of hybridization, consciously and unconsciously.

Derrick de Kerckhove

Comme point d'entrée dans la création d'hybride, on peut commencer par citer «Cypher» (2009) d'Eduardo Kac, qui propose au public le matériel pour modifier génétiquement une cellule en y intégrant un poème traduit en séquences génétiques. Il s'agit là d'un projet charnière, car il montre à quel point les systèmes d'hybridation peuvent être accessibles et simples d'utilisation, en effet, l'hybridation des organismes biologiques passe forcément par l'ADN (ou l'ARN) car il s'agit là de l'unité primaire la plus profonde de l'expression de notre identité. à partir de cette première brique «outils», on peut trouver des hybridations d'organismes, comme «Genesis» (2002) aussi d'Eduardo Kac ou «Microvenus» (1986) de Joe Davis qui sont des exemples d'hybridation primaire, (dans ces deux œuvres, il s'agit d'intégrer une image ou du texte traduit sous forme d'ADN au génome

de bactéries); primaire car il s'agit d'entités dont l'hybridité est certes indéniable, mais dont le caractère hybride n'apporte pas de nouvelle fonction révolutionnaire à l'entité, on est donc encore loin de l'idéal cybernétique d'évolution fonctionnelle des corps. C'est d'ailleurs ce point qui pêche aujourd'hui dans ces créations d'hybrides, ils sont bien souvent hybrides, mais leur hybridité leur apporte bien peu en matière d'amélioration «fonctionnelle».



Figure 23 : Cypher (2003) offre au public la possibilité de créer eux-mêmes un être hybride.



Figure 24 : Genesis, Eudardo Kac, 2002

Genesis et Microvenus montrent la puissance de l'hybridation, mais aussi les dérives potentielles de l'hybridation, en utilisant des organismes vivant comme simple support d'information tel une clé USB.

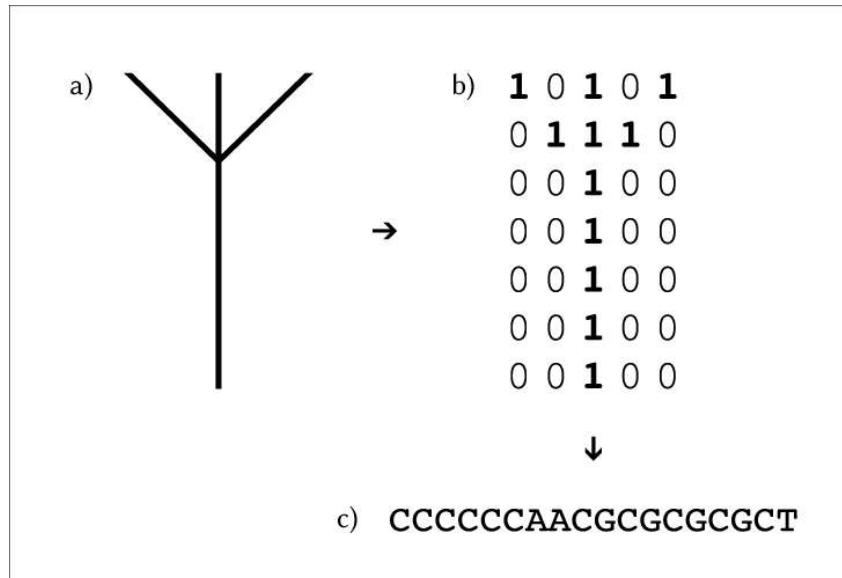


Figure 25 : Microvenus, Joe Davis, 1996

Ainsi, même sur des organismes plus gros, comme dans «GFP Bunny» (2000) (encore de Eduardo Kac) ou «Nature?» (1999) de Marta de Menezes, qui vont ici modifier l'ADN d'un lapin, pour Eduardo et de papillons pour Marta, pour modifier leur forme (GFP Bunny devient un lapin phosphorescent et les papillons de Marta auront de nouveaux motifs de couleurs sur leurs ailes). Ici, à la différence des précédents projets présentés, la modification génétique s'exprime et apporte une modification du corps de l'entité tandis que dans les premiers projets, les entités, bien qu'hybride seraient plutôt à percevoir comme de simples supports de stockage d'information.



Figure 26 : GFP Bunny, Eduardo Kac, 2000

GFP Bunny et Nature? montrent eux aussi à quel point il peut être facile d'hybrider des organismes ; GFP Bunny, à sa sortie avait d'ailleurs provoqué un tollé, questionnant brutalement sur l'éthique de tels projets.



Figure 27 : Nature?, Marta De Menezes, 2000

Les hybridations d'organismes organiques s'arrêtent cependant ici pour le moment, les limites technologiques et les lois éthiques exercent un contrôle sévère sur l'hybridation, notamment de l'être humain, jardin jusque là défendu (malgré qu'il soit déjà un hybride). Certains artistes produisent cependant des œuvres visant à questionner ce rapport à l'hybridité de l'humain et de sa possible modification, par exemple «Ear on arm» (2006~2015) de Stelarc ou «May the horse live in me» (2011) du duo Marion Laval-Jeantet et Benoît Mangin ; toutes deux proposent une forme d'intégration de matériel biologique dans le but d'influencer le fonctionnement du corps humain ; il ne s'agit pas ici d'hybrides, mais questionnent sur les limites éthiques et biologiques de l'identité humaine, du caractère encore trop sacré de notre corps. Les évolutions techniques semblent donc nous emmener inévitablement vers un futur d'hybrides et de chimères, nous humains, déjà fruit de l'hybridation naturelle, sommes sur le point d'atteindre une utopie (ou dystopie) dont l'humain rêve depuis les premiers âges. Dompter la nature, décider de nous même quelle sera notre évolution futures et quelles seront les formes que prendrons notre monde. Malgré cette promesse d'évolution romantique, nous semblons avancer vers ce futur qui semble inévitable à reculons, chaque avancée réalisée présentant un bénéfice pour notre espèce, nous émettons les plus grandes craintes quant à son aboutissement. Même les penseurs à l'origine des ces concepts éprouvaient déjà à l'époque des doutes quant à la forme que ce futur cybernétique pourrait prendre, Norbert Wiener lui-même se trouvait effrayé par sa propre création au point d'envisager d'arrêter ses recherches, de peur qu'elles n'échappent au contrôle.

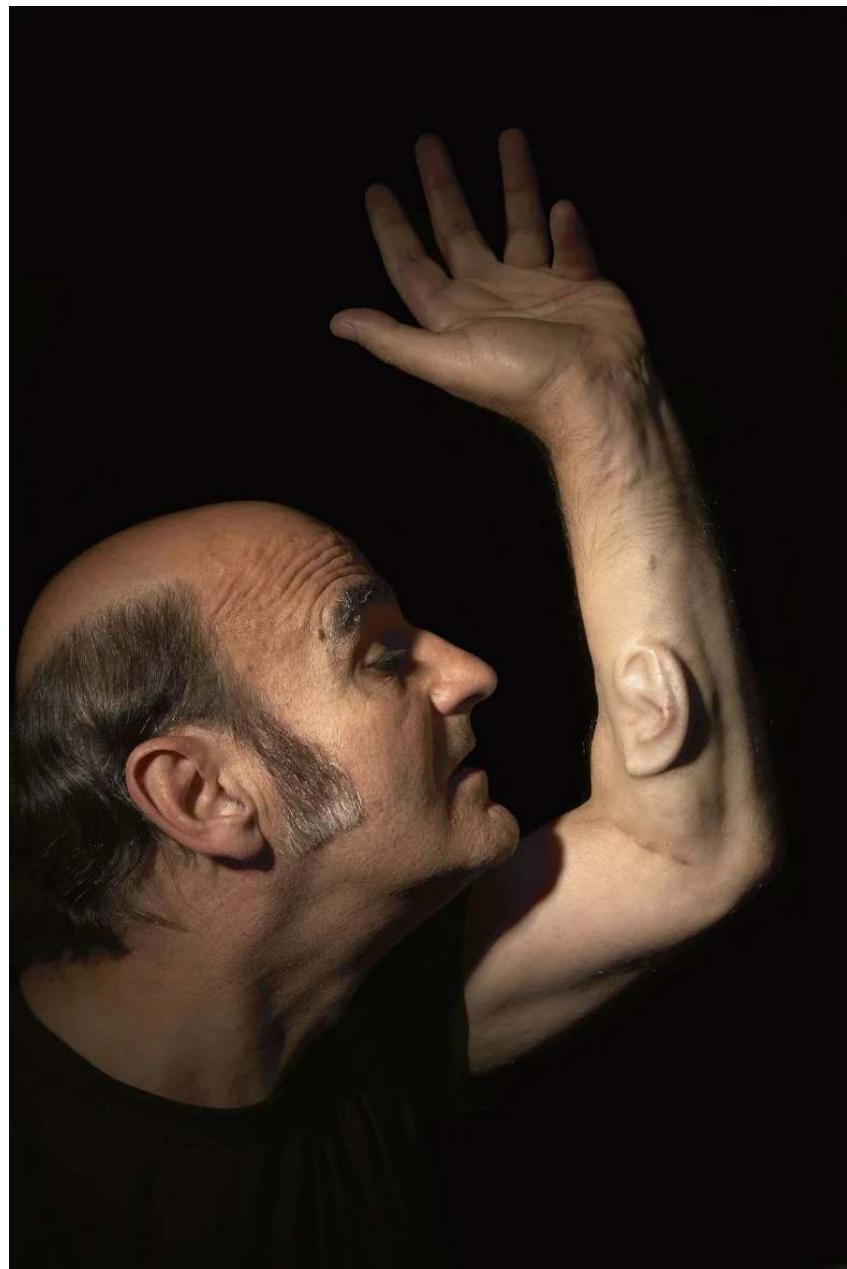


Figure 28 : Ear on Arm, Stelarc, 2008

Au même titre que GFP Bunny, Ear on Arm et May the horse live in me questionnent sur les potentialités et les limites de l'hybridation.



Figure 29 : May the horse live in me, Art Orienté objet, 2011

Il est vrai que les sciences ont toujours eu tendance à dériver dans des usages immoraux, en témoignent les différentes guerres (notamment les guerres mondiales), ce sont pourtant ces recherches scientifiques, qui d'abord dédiées à la guerre, façonnent aujourd'hui notre société, comme le montre des objets indissociables de nos sociétés modernes comme internet (dont l'ancêtre ARPAnet est un dispositif de communication qui avait pour objectif de garantir les communications en cas de bombardement), ou le GPS (développé à l'origine pour des besoins militaires). Philippe Breton en décrit les mécanismes de déviations dans son essai (Breton, P. (2003). L'Utopie de la communication – Le Mythe du «village planétaire». La Découverte.), il y décrit comment notre société de consommation a déjà détourné les codes de la communication pour pousser à l'aliénation des populations. La cybernétique y est intimement liée puisque elle se base avant tout sur la compréhension de la communication des êtres (Norbert Wiener base l'origine de sa proposition de la cybernétique sur le fait que le fonctionnement du cerveau est comparable à celui d'une machine, qu'étant une somme d'échange d'information, elle peut donc être étudiée sous le même angle de relations et d'échanges d'informations). Donna Haraway souligne elle aussi les origines militaires et capitalistiques de la cybernétique dans son manifeste (Haraway, D. (2006). Le Manifeste cyborg et autres essais (S. G. G. Tr., Trad.). Exils.).

«Et la guerre moderne est une orgie de cyborg qui a pour nom de code C3I Command-Control-Communication-Intelligence, une ligne de 84 milliard de dollars dans le budget de la défense américaine de 1984» (p.30-31); elle propose cependant une vision au potentiel révolutionnaire du cyborg, se révoltant contre son géniteur capitaliste pour réformer profondément aussi bien les êtres que les sociétés «(les cyborgs) Ils sont les rejetons illégitimes du militarisme et du capitalisme patriarcal, sans parler du socialisme d'Etat. Mais les enfants illégitimes se montrent souvent excessivement infidèles à leurs origines.» (p.33).

#### 4. CONCLUSION

On voit ainsi différents courants de pensée naître, prônant à divers degrés cette glorieuse évolution. Les mouvements transhumanistes de la fin du XXe siècle dont la World Transhumanist Association (nouvellement Humanity+) créée en 1988 par Nick Bostron et David Pearce prône l'augmentation des capacités de l'humain et l'élimination du vieillissement par l'usage des technologies ; ils ont pour volonté de s'extirper de l'évolution biologique afin de pouvoir provoquer volontairement une évolution contrôlée et dénuée de hasard. Des divisions existent au sein de ce mouvement, certains estiment que les forces sociales et éthiques sont un frein à leur projet transhumaniste et font tout pour outrepasser ces limitations, tandis que d'autres plus modérés, soulignent les problématiques autour de l'accès équitable à ces techniques d'augmentation par toutes les classes sociales et d'origines. C'est d'ailleurs l'un des points qui freine le plus cette évolution, la fracture sociale potentielle que pourrait générer ces technologies est une crainte fondée, comme peut déjà le témoigner notre monde, ou les GAFAM, principaux moteurs du transhumanisme sont sources d'écart sociaux au travers de l'ubérisation, de la limitation à l'accès aux technologies (par monopole) et de censure ciblée (sous couvert de liberté d'expression, des personnalités comme Elon Musk effectuent des censures de masse sur les réseaux sociaux). Comme le souligne Kevin Warwick dans son livre I, cyborg.

Ceux qui désireront rester humains et refuserons de s'améliorer auront un sérieux handicap. Ils constitueront une sous-espèce et formeront les chimpanzés du futur.

Kevin Warwick

Il est évident que devant les améliorations potentielles que propose le cybernétisme, l'humain, «pur» semble bien fade et peu fonctionnel, et la potentielle différence sociale d'accès à ces augmentations risque fort d'impacter brutalement notre société déjà divisée. Il existe un autre point fortement critiqué des pratiques transhumanistes : la modification génétique de l'humain implique une forme d'eugénisme qui risque fortement de s'avérer problématique par le potentiel appauvrissement de la diversité génétique de l'espèce, entraînant une réduction de

sa résilience évolutive naturelle. Ces questionnements sont donc légitimes et le frein imposé par nos institutions fait donc sens, il semble cependant inévitable que notre société amorce un changement et s'hybride, car malgré notre évasion de l'évolution biologique, cette volonté cybernétique respecte fatalement les règles Darwiniennes de l'évolution, la pression de sélection et de survie nous pousse inlassablement à trouver et aller vers des choix nous rendant plus «performant», plus «fort» dans l'unique but de survivre et de créer une nouvelle génération. Il est donc, je pense, de bon ton d'aborder le sujet non pas en réprimant son usage, mais en réfléchissant à une manière d'en maintenir un semblant de contrôle, comme dans le mythe de Pandore, bien que la boite fut ouverte, et que les malheurs s'abattent sur le monde, il reste tout de même l'espérance qui nous laisse entrevoir un avenir malgré tous les maux sortis de la boite. Le défi de notre génération et des suivantes devant l'inévitable démocratisation de la cybernétique doit donc s'accompagner d'une façon de garantir son accès à tous, tout en limitant son impact potentiel sur l'épuisement de notre potentiel résiliant évolutif.

## 5. BIBLIOGRAPHIE

- Asimov, I. (1942). Runaround. *Astounding Science Fiction*, 29(1)
- Asimov, I. (1985). Les Robots et l'Empire (A. L. P. S. de P., Trad.). Presses de la Cité.
- Bergson, H. (1907). L'évolution créatrice. Félix Alcan
- Breton, P. (2003). L'Utopie de la communication – Le Mythe du «village planétaire». La Découverte.
- Clarke, R. (2005). Hybrid - Living in a paradox. ARS Electronica. <https://archive.aec.at/print/108335/>
- Clynes, M. E., & Kline, N. S. (1960). Cyborg and space. *Astronautics*, 5(12), 26-27.
- Darwin, C. (1859). On the origin of species by means of natural selection, or the preservation of favoured races in the struggle for life. John Murray.
- Descola, P. (2019). Une écologie des relations. CNRS Éditions.
- Haraway, D. (2006). Le Manifeste cyborg et autres essais (S. G. G. Tr., Trad.). Exils.
- Kerckhove De, D. (2005). Hybrid: Elements of a re-mix culture. In G. Stocker & C. Schöpf (Eds.), Hybrid: Living in a paradox <https://archive.aec.at/print/108335/>
- Lee, D., & Clarke, R. (2005). Hybrid - Living in a Paradox (G. Stocker & C. Schöpf, Éds.) <https://archive.aec.at/print/108335/>
- Turing, A. M. (1950). Computing machinery and intelligence. *Mind*, 59(236), 433–460. <https://doi.org/10.1093/mind/LIX.236.433>
- Warwick, K. (2000). I, cyborg. University of Illinois Press.

Wiener, N. (1948). Cybernetics: Or Control and Communication in the Animal and the Machine.  
MIT Press

---

1. Descola, P. (2019). Une écologie des relations. CNRS Éditions. Il y décrit une perception égalitaire des êtres vivants; où l'on considère que les âmes sont globalement identiques, pour eux, l'âme des différentes entités possèdent la même structure, seuls leurs corps différents.
2. CHON: Carbon, Hydrogène, Oxygène, Azote; se sont les principaux atomes constitutifs du monde organique, que l'on complète parfois par le Soufre (S).
3. La Scala Naturae est formalisée par Aristote durant l'Antiquité, mais c'est à partir du moyen-âge qu'elle vit son plein essor en Europe, au travers de la religion chrétienne qui lui associe un sens théologique. Durant la Renaissance, toute l'Europe admet ce principe d'échelle, il faudra attendre l'apparition de l'arbre phylogénétique de Darwin en 1859 pour remettre en cause ce principe.
4. Défini par Aristote, le télos est la cause finale, ce pourquoi la chose est faite; il s'agit par ailleurs du principe constitutif de la télologie.
5. «Partie des Animaux», est un traité d'Aristote composé entre -384 et -322. Composé de quatre livres, il y définit une étude du vivant, une classification des êtres vivants, ainsi que sa propre définition du vivant.
6. Système nerveux autonome ou système neuro-végétatif: il gère les fonctions non soumises au contrôle volontaire, comme la digestion ou le rythme cardiaque.
7. il s'agit plus d'une stratégie réflexive qu'une position philosophique à proprement parler, cependant la plupart des principes observés dans ce bloc d'influence tirent en partie leur logique de ce système
8. Jean-Baptiste Lamarck (1744-1829) est le fondateur de la biologie comme science à part entière, il souligne et impose dans son système l'hérédité des caractères acquis et les bases de l'adaptation sous l'influence directe du milieu.
9. Charles Darwin (1809-1882), avec son ouvrage, complète les bases posées par Jean-Baptiste Lamarck pour expliquer le moteur de l'évolution adaptative et la sélection naturelle.
10. Il s'agit d'un système qui prône la logique et l'acceptation du destin, et s'oppose formellement aux forces surnaturelles
11. La biochimie, dont la paternité est attribuée à Carl Neuberg en 1903, est une discipline qui étudie le fonctionnement chimique du vivant, dans cette discipline, des expériences majeures comme celle de Miller-Urey ont démontré que la vie avait une origine inorganique.
12. Autopoïèse, nom commun. (biologie): Propriété qu'ont les organismes vivants de générer eux-mêmes leur organisation structurale et fonctionnelle, en interaction permanente avec leur environnement.
13. Homéostasie, nom commun. (biologie): Processus de régulation par lequel l'organisme maintient les différentes constantes du milieu intérieur (ensemble des liquides de l'organisme) entre les limites des valeurs normales. En somme, il s'agit de maintenir l'équilibre de concentration d'une molécule entre deux milieux séparés par une frontière poreuse; une hausse de concentration d'un des milieux engendrera un rééquilibrage des concentrations entre les deux milieux par le passage d'une partie des molécules vers le milieu de concentration plus faible.
14. Le behaviorisme est l'étude scientifique du comportement.
15. Le système nerveux parasympathique gère les fonctions autonomes du corps, qui ne sont pas contrôlées conscientement, comme le rythme cardiaque ou le système digestif.
16. Il s'agit d'un test d'intelligence artificielle basé sur la capacité d'une machine à tenir une conversation humaine.  
Turing, A. M. (1950). Computing machinery and intelligence. *Mind*, 59(236), 433–460. <https://doi.org/10.1093/mind/LIX.236.433>

