

De la science à l'art : un imaginaire extraterrestre

From Science to Art: extraterrestrial realms of the imagination

Georges Chapouthier¹

¹ Directeur de Recherche Emérite au CNRS

RÉSUMÉ. L'exemple des êtres vivants sur Terre montre une biodiversité considérable de leurs formes. Mais celle-ci résulte souvent des contraintes physiques du milieu environnant auxquelles ils ont dû s'adapter. Ces contraintes peuvent aboutir à une architecture générale de la complexité, dite « en mosaïque » résultant de l'application de deux principes généraux : *juxtaposition* d'unités de même nature, puis *intégration* de ces unités dans des systèmes de plus grande complexité, dont les unités initiales deviennent alors des parties. En supposant, selon un modèle aristotélicien, que les mêmes contraintes et la même architecture de la complexité se retrouvent partout ailleurs dans l'univers, peut-on imaginer les formes d'êtres extraterrestres ? Une telle réflexion combine à la fois la rationalité des contraintes physiques et l'imagination d'un jeu illimité des possibles. Sur le plan rationnel nous avons délimité un nombre de formes plausibles d'êtres extraterrestres : constitution à partir de chaînes carbonées, modules indépendants, recombinaison occasionnelle des chaînes carbonées en variantes « sexuelles », formes arborescentes, symétrie bilatérale, « cocon » comme stade de protection, température constante, dispositifs de perception et d'action, recours à des artefacts, unités centrales de contrôle... Nous ouvrons alors la voie à une imagination artistique où tous les possibles peuvent se manifester.

ABSTRACT. The different forms of living organisms on earth provide examples of considerable biodiversity, often arising from physical constraints that have forced them to adapt to their environment. Such constraints can lead to an overall architecture of complexity in “mosaic form” determined by two broad principles: the *juxtaposition* of entities of the same type, and their subsequent *integration* into systems of ever-increasing complexity where the initial entities have become parts of the system. Working on the hypothesis based on the Aristotelian model that the same constraints and the same architecture of complexity can be found throughout the universe, is it possible to imagine extraterrestrial forms of life? Such reasoning has the rational arguments of physics and constraints combined with exercises of the imagination offering potential for possibilities of unlimited scope. On a rational level we have determined a number of forms that could plausibly be extraterrestrial: beings made from carbon chains, independent modules, occasional recombination of carbon chains producing “sexual” variants, tree structures, bilateral symmetry, protective “cocoon” stages, steady temperature, perception/action systems, artefacts and central command units. This will then allow scope for artistic imagination with every possibility able to eventuate.

MOTS-CLÉS. exobiologie, exoplanète, extraterrestres, formes vivantes, complexité du vivant.

KEYWORDS. exobiology, exoplanet, extraterrestrials, living forms, complexity of living organisms.

À quoi pourraient ressembler des individus extraterrestres ? C'est là un thème de science-fiction, développé par de nombreux auteurs qui, trouvant notre petite planète trop étriquée, nous imaginent des frères ou des cousins lointains. Mais, de manière plus concrète, peut-on imaginer, en s'appuyant sur les caractéristiques mêmes de l'extrême biodiversité terrestre, une biodiversité extraterrestre, qui obéirait cependant à certaines lois immuables de la physique et de la matière ?

La biodiversité terrestre

Je suis venu à la biologie parce que, dès la petite enfance, j'étais sensible à la multiplicité des formes de vie – à l'époque on ne parlait pas encore de « biodiversité ». Le gamin que j'étais percevait les chiens et les chats de son environnement comme des « personnes », autres que lui ou ses parents, mais dotées pourtant d'une morphologie et d'un caractère qui en faisaient, dans leurs différences mêmes, des êtres mobiles, intelligents à part entière¹.

¹ G. Chapouthier, F. Tristani-Potteaux, *Le chercheur et la souris*, CNRS Editions, Paris, 2013.

Ces formes animées multiples qui, pour le savant, ont des aspects génétiques ou physiologiques, procèdent d'un constat visuel : la révélation que le vivant prend des formes anatomiques très diverses. L'une des spécificités des êtres vivants qui peuplent la Terre, c'est en effet la diversité vertigineuse de leurs morphologies. J'y ai ultérieurement consacré, avec Marie-Christine Maurel et une dizaine de collègues, une importante réflexion scientifique et épistémologique, formulée dans un livre collectif, paru à la fois en français et en anglais², et où sont justement analysées les formes de vie de notre planète : « l'une des caractéristiques des êtres vivants, peut-être la plus importante, c'est l'explosion de leurs formes, liée à l'extrême diversité des milieux auxquels ils ont pu s'adapter. »³

Un univers vide ou peuplé ?

Si l'enfant puis le scientifique peuvent spontanément s'intéresser à la diversité des êtres qui peuplent la terre, peut-on pour autant aller au-delà ? Peut-on imaginer l'existence possible d'êtres vivants ailleurs dans notre galaxie ou plus loin encore, et réfléchir sur leurs formes ?

Cela impliquerait en premier lieu d'être convaincu que les êtres vivants sont possibles ailleurs, une position qui n'a pas toujours été partagée par les scientifiques. Jacques Monod⁴, par exemple, prônait l'exception terrestre : « L'univers n'était pas gros de la vie, ni la biosphère de l'homme. Notre numéro est sorti au jeu de Monte-Carlo. Quoi d'étonnant à ce que, tel celui qui vient d'y gagner un milliard, nous éprouvions l'étrangeté de notre condition. »

Je plaide ici pour une position diamétralement opposée. Il me paraît aujourd'hui plausible que, parmi les milliards de milliards de milliards... d'exoplanètes, un grand nombre soient compatibles avec la vie, c'est-à-dire situées assez près d'une étoile pour bénéficier de son énergie et assez loin pour que les molécules ou les structures construites ne soient pas ensuite détruites par un excès d'énergie. Il paraît donc plausible d'imaginer, de rêver des êtres anatomiques complexes extraterrestres.

Deux modes d'accès à la complexité : hasard ou nécessité

Imaginer, ailleurs dans l'univers aussi bien que sur la Terre, l'émergence de structures vivantes complexes peut amener à privilégier le hasard ou la nécessité. Si l'on opte pour le hasard, on peut imaginer que, comme sur la Terre, le jeu purement aveugle de la sélection darwinienne, appliqué aux longues chaînes carbonées, puis à des équivalents des cellules vivantes, a pu conduire à l'apparition occasionnelle d'êtres à l'organisation de plus en plus complexe. Adopter cette position, c'est appliquer à des exoplanètes le même schéma d'évolution au hasard qui a pu se produire sur Terre.

Selon un schéma qui s'inspire plutôt de la nécessité, j'ai défendu ailleurs un modèle d'évolution vers la nécessité « par construction »⁵, que je voudrais brièvement rappeler ici⁶. Ce modèle ne

² G. Chapouthier, M.C. Maurel (sous la direction de), L'explosion des formes de vie – êtres vivants et morphologie, ISTE editions, Londres, 2020 ; G. Chapouthier, M.C. Maurel (dir.), The explosion of life forms – Living Beings and Morphology, ISTE- Wiley editions, London, 2020.

³ G. Chapouthier, M. C. Maurel, Introduction, dans : G. Chapouthier, M.C. Maurel (sous la direction de), L'explosion des formes de vie – êtres vivants et morphologie, op.cit., p. 1.

⁴ Jacques Monod, Le hasard et la nécessité, Seuil, Paris, 1970, citation p. 185.

⁵ G. Chapouthier, « L'évolution vers la complexité : finalité par construction », *Arch. Int. Physiol. Biochem.*, 1986, 94(4), pp. 95-100.

contredit pas la mécanique darwinienne mais en est complémentaire. Il postule que la complexité résulte de la construction même des molécules carbonées, qui ont tendance à se combiner en édifices de plus en plus complexes. Plus précisément, le modèle postule que l'évolution vers la complexité résulte de l'application répétée de deux grands principes : *principe de juxtaposition* d'éléments similaires, puis *principe d'intégration*, par lequel ces éléments similaires s'intègrent les uns aux autres pour constituer un ensemble de complexité supérieure, dont les éléments deviennent alors des parties. J'ai nommé ce processus de construction « complexité en mosaïque ». Comme dans une mosaïque artistique en effet, l'ensemble ainsi constitué laisse une certaine autonomie à ses parties (les éléments qui le composent), de la même manière que l'image d'une mosaïque laisse une autonomie de forme, de couleur ou de brillance aux tesselles qui la constituent. L'opération peut être répétée. Les ensembles constitués peuvent alors à nouveau devenir des « éléments », et être juxtaposés entre eux, puis finalement intégrés dans des ensembles d'un niveau de complexité encore supérieur, des « ensembles d'ensembles ». Ce modèle est résumé dans la figure 1.

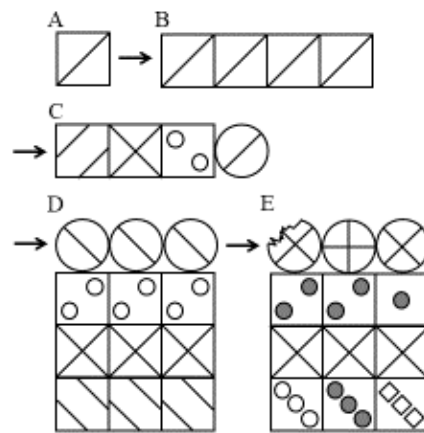


Figure 1. Principe de la construction de la complexité en mosaïque par l'application répétée des deux principes fondamentaux : juxtaposition d'unités semblables, puis intégration de ces unités dans un niveau structurel plus élevé. Par juxtaposition d'unités (A), on obtient (B), puis par intégration (C) où le tout laisse une autonomie à ses parties. Par juxtaposition d'unités (C), on obtient (D), puis par intégration (E), qui est donc une « mosaïque de mosaïques », comme peut l'être, par exemple, une population animale dont les individus sont eux-mêmes des mosaïques d'organes ou de cellules (D'après G. Chapouthier, *L'homme ce singe en mosaïque*, Éditions Odile Jacob, Paris, 2001).

Si l'on veut donner quelques exemples pour fixer les idées, on peut rappeler que des cellules sont susceptibles de se « juxtaposer » pour constituer des tissus dans lesquels toutes les cellules sont identiques. Dans le cadre du développement embryonnaire, un phénomène d'« intégration » peut ensuite être observé. Dans ce cas, des cellules, à l'origine identiques, se diversifient pour former des organes, qui cependant laissent une certaine autonomie de fonctionnement aux différents types de cellules qui les constituent. Autre exemple, on peut « juxtaposer » des individus pour constituer des « foules » où tous les animaux ont des fonctions identiques, et les « intégrer » pour donner alors des sociétés ou des colonies, au sein desquelles les individus occupent des fonctions différentes. On pourrait multiplier les exemples.

⁶ Pour plus de détails, voir : G. Chapouthier, *L'homme, ce singe en mosaïque*, Préface de Patrick Blandin, Éditions Odile Jacob, Paris, 2001 ; G. Chapouthier, *The Mosaic Theory of Natural Complexity: A scientific and philosophical approach*, [online], La Plaine-Saint-Denis : Éditions des maisons des sciences de l'homme associées, 2018. Available on the Internet: <<https://books.openedition.org/emsha/200>>.

Il faut remarquer que, en ce qui concerne les êtres vivants sur Terre, ce modèle de complexité en mosaïque repose largement sur des erreurs de la reproduction asexuée : lors d'une séparation qui devrait avoir lieu entre des cellules, des morceaux d'organisme ou des organismes, si celle-ci ne se fait pas comme prévu, bref, si l'on rencontre une anomalie dans la reproduction asexuée, on peut obtenir, par juxtaposition (qu'est la non-séparation), puis par intégration, des entités d'un ordre de complexité supérieur. En parallèle avec la mécanique darwinienne, la complexité s'accroît donc automatiquement « par construction ».

Un modèle de complexité aristotélien

Divers travaux ont visé à montrer la généralité de cette construction en mosaïque⁷. L'architecte et urbaniste Denis Laming a montré qu'une ville naissait, se développait et mourait selon ce modèle, à la manière d'un être vivant⁸. Il en est de même des traits culturels des animaux⁹. Les entités artificielles complexes créées par l'homme, les robots, sont aussi construites sur le modèle de la mosaïque¹⁰. *La Revue philosophique de la France et de l'étranger*¹¹ a consacré un numéro spécial à l'application possible du modèle au langage¹² ou à la morale¹³. Enfin Jean Audouze a imaginé l'application du même modèle de complexité à l'univers astrophysique tout entier¹⁴.

Il est ici opportun de faire une référence philosophique et scientifique au père de la biologie, Aristote. Ce dernier concevait l'ensemble de l'univers selon un modèle biologique. Dire cela en termes modernes ne revient évidemment pas à prétendre que l'univers est un grand singe à la King-Kong, mais plutôt à admettre que les lois de la physique (et donc de la chimie) sont les mêmes dans notre petite portion d'univers et dans l'univers entier, et que, par suite, l'architecture de la complexité reste aussi partout la même. En d'autres termes, l'architecture des structures complexes partout dans l'univers (le macrocosme) est la même que celle que l'on rencontre sur Terre au sein des systèmes les plus complexes qu'il nous est donné d'observer : les êtres vivants (le microcosme) et, par suite, l'univers obéissent à la logique du vivant. C'est l'hypothèse que défend notamment l'École Néo-Aristotélienne et Bio-Cosmologique fondée en Russie par Konstantin Khroutski, et dont je me réclame¹⁵.

On comprend mieux, dans cette optique, l'effort qui peut être fait d'imaginer des éléments constitutifs des structures d'êtres vivants apparus ailleurs : si les lois de la physique et de la chimie

⁷G. Chapouthier, *The Mosaic Theory of Natural Complexity: A scientific and philosophical approach*, op.cit. ; J. Audouze, G. Chapouthier, D. Laming, P. Y. Oudeyer, *Mondes Mosaïques (Astres, villes, vivant et robots)*, Paris, CNRS Éditions, Paris, 2015.

⁸D. Laming, *La ville*, dans : J. Audouze, G. Chapouthier, D. Laming, P. Y. Oudeyer, op.cit., pp. 59-127.

⁹G. Chapouthier, « La mosaïque des traits culturels », *Noëma* (Roumanie), 2018, XVII, pp. 61-68.

¹⁰F. Kaplan, « Complexité et organisation hiérarchiques des objets techniques », dans : G. Chapouthier, F. Kaplan (dir), *L'homme, l'animal et la machine - Perpétuelles redéfinitions*, CNRS Éditions, 2011, pp. 17-22 ; P. Y. Oudeyer, « Quand les machines créent leur propre complexité », dans : J. Audouze, G. Chapouthier, D. Laming, P. Y. Oudeyer, op.cit., pp. 171-207.

¹¹Dossier sur « La complexité en mosaïque », *Articles de J.H. Barthélémy, G. Chapouthier, J. C. Dupont, D. Forest, V. Nurock, S. Robert*, *Revue philosophique de la France et de l'étranger*, 2018, 1, pp. 3-67.

¹²V. Nurock, « La morale en mosaïque », dans : *Revue philosophique de la France et de l'étranger*, 2018, 1, pp. 23-30.

¹³S. Robert, « L'architecture fonctionnelle du langage et le modèle de la complexité en mosaïque », dans : *Revue philosophique de la France et de l'étranger*, 2018, 1, pp. 11-22.

¹⁴J. Audouze, « L'univers », dans : J. Audouze, G. Chapouthier, D. Laming, P. Y. Oudeyer, op.cit., pp. 15-58.

¹⁵ Disponible à l'adresse <https://biocosmology.org/?lang=en>

sont partout les mêmes, il y a de fortes chances que, pour obéir à ces lois, les éventuels êtres vivants extraterrestres possèdent des propriétés communes avec les êtres vivants que nous rencontrons sur Terre. On peut imaginer que des formes et des processus de fonctionnement similaires puissent exister ailleurs que sur Terre. Nous y reviendrons. Dans le cadre de cette démarche, nous aimerions donc signaler, sans vouloir être exhaustifs, quelques éléments qui, dans leur généralité et leur conformité avec les lois de la physique, nous paraissent pouvoir exister dans d'autres types d'évolutions.

Dans l'esprit de D'Arcy Thompson

Bien entendu, un tel projet se présente comme la suite du projet original du zoologiste écossais D'Arcy Wentworth Thompson. Dans un livre devenu légendaire, publié en 1917, puis dans une version très augmentée en 1942, *On Growth and Form*¹⁶, D'Arcy Wentworth Thompson défend le projet suivant : « Nous voulons voir comment, au moins dans certains cas, les formes des choses vivantes, et des parties de ces choses, peuvent être expliquées par des considérations physiques, et de se rendre compte qu'en général il n'existe pas de formes organiques qui ne soient pas en conformité avec les lois physiques et mathématiques. Et tandis que croissance est un mot quelque peu vague pour un sujet complexe, qui peut dépendre de diverses choses, de la simple imbibition par l'eau jusqu'aux résultats compliqués de la nutrition, il convient de l'étudier en relation avec la forme ; qu'elle procède d'un simple accroissement en taille sans changement évident de forme, ou bien qu'elle procède de telle sorte qu'elle produit un changement graduel de forme et le lent développement d'une structure plus ou moins compliquée. »¹⁷

À une époque où « les morphologistes se préoccupaient surtout de phylogénie, des rapports de filiation entre les grands groupes d'organismes pluricellulaires »¹⁸, D'Arcy Thompson entreprend donc cette tentative remarquablement originale d'analyser les conséquences des lois physiques sur les formes des êtres vivants (en l'occurrence sur Terre). « Il est clairement convaincu que les forces physiques sont plus importantes que la phylogenèse dans le déterminisme de la forme des organismes. »¹⁹ Ou encore : « L'adéquation entre forme et fonction résulte donc selon D'Arcy d'une accommodation de l'organisme à des conditions physiques immédiates et non d'une adaptation au sens évolutif. »²⁰ Les conditions physiques, mais aussi les contraintes qu'elles imposent et donc le calcul des forces et de leurs effets mécaniques, peuvent être estimés en termes mathématiques. On trouvera, dans le chapitre de Jean-Pierre Gasc déjà cité, de nombreux exemples de ces travaux de D'Arcy Thompson, sur lesquels nous ne reviendrons pas ici.

Une réflexion qui combine art et science

Venons-en, plus précisément, à notre réflexion sur les formes possibles des entités extraterrestres. Comme l'a formulé Einstein : « L'imagination est plus importante que la connaissance, car la connaissance est limitée alors que l'imagination peut embrasser l'univers entier »²¹. François Jacob

¹⁶ Texte français. D'Arcy Thompson, *Forme et croissance*, Seuil, Paris, 2009.

¹⁷ Cité et traduit par J.P. Gasc, « On Growth and Form : contexte et destinée », dans : G. Chapouthier, M.C. Maurel (sous la direction de), *L'explosion des formes de vie – êtres vivants et morphologie, op.cit.*, p 59.

¹⁸ J.P. Gasc, *ibid.*, p 57.

¹⁹ J.P. Gasc, *ibid.*, p 60.

²⁰ J.P. Gasc, *ibid.*, p 63.

²¹ Audouze J. et Maurel M-C « du cosmos à la vie » Edition Archipel, 2023

nous incite aussi au rêve²² : « L'être humain a probablement autant besoin de rêve que de réalité », rappelle-t-il. Les citations de ces deux éminents savants nous placent au sein même de notre présente réflexion. Imaginer des êtres vivants extraterrestres repose sur la conjugaison d'inférences scientifiques (« ce qui est plausible ») et d'un accès à l'imaginaire libre, voire débridé, donc une réflexion de type artistique. En d'autres termes, la présente étude constitue, dans le cadre du modèle de la complexité en mosaïque évoqué plus haut, une combinaison de rêveries imaginaires qui portent le sceau de l'art, contenues tout de même dans certaines limites par le garde-fou des connaissances scientifiques sur l'architecture de la biodiversité terrestre.

Bien entendu, ces rêveries imaginaires ne constituent jamais une certitude. L'art n'est pas une réalité scientifique. Mais elles veulent se rapprocher d'une certaine plausibilité. En outre aucun des domaines extraterrestres imaginés ne se conçoit sans exceptions possibles. Comme sur Terre, à partir des mêmes bases matérielles, « si la physique ne connaît que des lois, la biologie ne connaît que des exceptions »²³. D'où une extrême possibilité de diversité. C'est un point très important et qu'il faut garder à l'esprit.

Au-delà des petits hommes verts

La principale erreur que l'on trouve chez beaucoup d'auteurs de science-fiction est de vouloir que les extraterrestres nous ressemblent trop sur le plan physique, qu'ils aient, tels les « petits hommes verts », deux bras, deux jambes et une station verticale comme nous. Ainsi que le remarquent Lehoucq, Steyer et Boulay²⁴, il y a dans la science-fiction « trop d'extraterrestres à notre image ». Le spectacle même des innombrables adaptations des êtres vivants d'aujourd'hui et de jadis sur Terre devraient pourtant, tout de suite, nous porter vers la vertigineuse diversité du vivant, bien loin de la forme du bipède primate et nous inciter à plus de modestie.

Si l'on quitte volontiers cette analogie trop humaine, quelles propriétés d'entités vivantes extraterrestres peut-on imaginer ? En voici quelques-unes, qui vont des bases moléculaires et modulaires du vivant à des aspects plus intégrés de la complexité du comportement.

Chaines de carbone ou de silicium ?

Le carbone a la propriété originale de pouvoir se lier à un nombre considérable d'atomes différents et de permettre la constitution des « chaînes » macromoléculaires. De fait, toutes les macromolécules terrestres sont carbonées. Étant donné que l'on trouve, ailleurs que sur Terre, dans les comètes par exemple, des éléments carbonés comme l'urée, on peut faire l'hypothèse que la vie extraterrestre reposerait largement sur des chaînes carbonées. Le silicium, même s'il est plus lourd, est capable, lui aussi, de se lier à de nombreux atomes. Des structures complexes à base de silicium restent donc possibles, dans d'autres environnements. Mais il faut bien voir que de telles créatures rejetteraient, non pas du gaz carbonique, mais... du sable ! Ce qui, sans être exclu pour des êtres par exemple aquatiques, paraît toutefois plus complexe que l'élimination d'un gaz.

Dans le cas général, la combinaison de certains atomes avec cet atome « collant » et léger qu'est le carbone, paraît bien être la constitution la plus plausible. On peut donc raisonnablement inférer

²² F. Jacob, *Le jeu des possibles – Essai sur la diversité du vivant*, Paris, Le livre de poche, 1991, citation p. 119.

²³ J. Audouze et M. C. Maurel, *op.cit*, p. 86.

²⁴ Roland Lehoucq, Sébastien Steyer et Marc Boulay, *Combien de doigts a un extraterrestre ?*, Belin, Paris, 2020, citation p. 6. Cet ouvrage, qui vise à analyser les êtres extraterrestres imaginés par la science-fiction, recoupe, à certains égards, notre réflexion personnelle.

que, à l'image des êtres vivants terrestres, bien des êtres vivants extraterrestres sont constitués de molécules carbonées.

Une vie modulaire ?

La vie suppose la reproduction des entités vivantes. Sur Terre, les chaînes carbonées sont intégrées à un modèle cellulaire. Rien ne dit que l'évolution n'aurait pas pu être différente. En revanche, à défaut de cellules, une évolution du vivant suppose l'existence de « modules », relativement indépendants, capables de se diviser et de se reproduire, de se protéger aussi des agents externes par une « membrane » séparant un « intérieur » d'un « extérieur ». Les modules devraient aussi disposer de mécanismes capables de maintenir leur intégrité chimique face aux variations du milieu extérieur, donc, au sens cybernétique, d'une sorte d'autorégulation chimique. A priori toute forme de vie devrait être conçue comme « modulaire ».

Les macromolécules et un recours à la sexualité ?

Nous avons vu plus haut le rôle fondamental de la reproduction asexuée et de la non-séparation qui peut s'ensuivre pour la construction en mosaïque de la complexité. Mais, sur Terre, l'évolution a bénéficié d'un autre mécanisme de reproduction, la reproduction sexuée, qui permet une grande malléabilité et une combinatoire des chaînes macromoléculaires, et qui ouvre ensuite sur le jeu de la sélection darwinienne de nouvelles entités. Il est tentant de penser que les mêmes processus combinatoires et une reproduction « sexuée », à *deux ou plusieurs sexes*, puisse aussi se produire dans l'éventuelle évolution extraterrestre des chaînes carbonées, voire des modules vivants. Pourquoi la mécanique darwinienne à l'œuvre sur Terre, fondée sur la reproduction sexuée, ne pourrait-elle aussi jouer un rôle dans l'évolution d'êtres vivants ailleurs dans l'univers ?

L'arborescence

Si un être fixé doit entretenir des échanges avec un milieu – qu'il soit gazeux, liquide ou solide –, la forme de l'arborescence paraît idéale. On la trouve « vers le haut » chez les plantes et les coraux, « vers le bas » dans les systèmes racinaires des plantes (qui constituent, de fait, une double arborescence), à l'intérieur du corps dans certains organes, par exemple dans la ramification des arbres bronchiques pulmonaires. Dans la mesure où des entités extraterrestres devraient, pour vivre, échanger avec leur milieu (gazeux, liquide ou solide), l'arborescence semble être une des formes les plus adaptées à un mode de vie statique.

La symétrie bilatérale

Venons-en à des êtres mobiles. Si ceux-ci se déplacent dans une direction, la symétrie bilatérale semble l'une des meilleures acquisitions possibles. « Une symétrie bilatérale assure une certaine mobilité de l'animal car elle permet d'équilibrer la traînée du côté gauche et celle de côté droit lors du déplacement. »²⁵ De fait, on la rencontre, sur Terre, chez presque tous les êtres dotés de mobilité. Certes, des êtres qui se déplacent, mais très peu, comme les oursins ou les méduses, ne présentent pas exactement une telle symétrie, ou plutôt présentent, de surcroît, une symétrie radiaire, mais ils restent les exceptions à la règle générale. La symétrie bilatérale liée au mouvement peut conduire à des organes pairs, de motricité ou de perception. Elle suggère probablement aussi la spécialisation d'une portion antérieure du corps, plus spécialisée dans la perception des caractéristiques du milieu environnant.

²⁵ R. Lehoucq, S. Steyer, M. Boulay, op.cit., pp. 63-64.

Le « cocon »

Sur Terre, de nombreux êtres ont besoin de phases de repos évolutif, durant lesquelles la vie se met au ralenti ou donne lieu à une évolution à l'abri du fonctionnement usuel de l'organisme (métamorphoses). Lors de ces phases, l'organisme se couvre souvent d'un « cocon » protecteur. Ce peut être l'enveloppe d'une graine ou d'un œuf, la chrysalide d'un papillon, l'enveloppe de boue d'un dipneuste lors de la saison sèche, le kyste d'un parasite, voire la grotte du mammifère qui hiberne ou le nid de l'oiseau qui dort.

Il paraît plausible que des êtres extraterrestres puissent aussi utiliser, pour leur dissémination, leur protection occasionnelle ou des événements physiologiques qui nécessitent une coupure d'avec le milieu extérieur, une telle forme de « cocon » protecteur.

Une température constante ?

Passé un certain seuil de complexité, une température constante du corps peut s'avérer un atout pour le bon fonctionnement de l'organisme. Ce n'est pas une obligation et surtout, cette température constante n'est pas nécessairement produite par l'organisme lui-même. Parmi les êtres qui peuplent la Terre, la température constante interne du corps apparaît en trois points disjoints : chez les mammifères, chez les oiseaux et, dans une certaine mesure, chez les abeilles, où la ruche garde une température relativement constante. Mais des êtres performants comme les pieuvres, qui bénéficient d'une certaine régularité de la température externe du fait de leur milieu aquatique, n'ont pas de température constante interne.

Ailleurs dans l'univers, on peut donc imaginer l'acquisition par les individus d'une température constante interne, mais seulement chez ceux des individus complexes qui vivent dans des milieux où les variations de la température externe pourraient induire des dérèglements du comportement habituel de l'organisme.

Perception et action

Tout déplacement dans un environnement liquide, solide ou gazeux, suppose des organes permettant ce déplacement, c'est-à-dire des systèmes moteurs et des organes récepteurs qui permettent de percevoir l'environnement dans lequel on se déplace. Parmi les animaux de la Terre, les exemples des deux types de dispositifs sont innombrables et invitent à imaginer une palette considérable de possibilités : systèmes moteurs reposant sur la déformation du corps lui-même (vers de terre), sur des appendices moteurs souvent articulés, systèmes sensoriels variés... Pour la qualité de la perception et l'analyse précise du milieu environnant, il faut remarquer que les systèmes sensoriels reposant sur l'analyse lumineuse (vision) ou sonore (audition, sonar...) offrent des avantages certains et qu'on les voit se développer chez des animaux ayant une excellente perception de l'espace. Toutes ces remarques s'appliquent aussi à des êtres qui pourraient apparaître dans d'autres milieux extraterrestres.

Le recours aux artefacts

Utiliser des artefacts, ou outils, prélevés dans l'environnement, peut servir à prolonger et augmenter le fonctionnement normal des organes, notamment dans leur action sur le milieu externe. Sur Terre, la plupart des intelligences les plus complexes (insectes sociaux, céphalopodes, vertébrés...) utilisent des outils²⁶. Des fourmis cultivent des champignons. Les pieuvres utilisent des coques de noix de coco pour se protéger. Les crocodiles mettent un rameau dans leur gueule pour

²⁶ Pour davantage d'exemples, voir G. Chapouthier, Sauver l'homme par l'animal, op. cit.

attraper des oiseaux qui s'y posent. Les oiseaux et les mammifères cassent des noix sur des pierres qualifiées d' « enclumes ». Certains dauphins raclent les fonds vaseux avec des éponges pour en faire sortir les poissons qu'ils consomment... On peut admettre qu'il en serait probablement de même de toute intelligence développée et que le recours aux artefacts issus de l'environnement serait une facette nécessaire d'un certain degré d'intelligence. Bien entendu tout dépend ici de la diversité des environnements qui s'avéreront possibles sur des exoplanètes.

Une (des) unité(s) centrale(s)

Finalement, plus on « monte » dans la complexité de l'intelligence, plus il faut que le système dispose d'une ou de plusieurs unité(s) centrale(s), capables d'assurer la régulation et le contrôle de fonctions organiques multiples, et qui correspondent à ce qu'on appelle, chez les animaux de la Terre, le « cerveau », l'« encéphale » ou les « ganglions ». Il faut insister ici sur le fait que la construction de telles unités centrales qui se fait, sur Terre, à partir de cellules nerveuses ou neurones ne doit, *en aucun cas*, être présumée de la même manière pour des entités extraterrestres, qui peuvent adopter des modules de fonctionnement complètement différents.

Conclusion provisoire

Si, contrairement à ce que pensait Jacques Monod, nous, vivants terrestres, ne sommes pas seuls dans cet immense univers, si, *au contraire*, d'innombrables exoplanètes ont pu être le siège d'innombrables évolutions de macromolécules complexes, souvent carbonées, vers des systèmes de plus en plus intégrés, voire de plus en plus « intelligents », nous pouvons légitimement nous demander si, à la lumière de nos connaissances des organismes sur Terre et, plus généralement, des lois de la physique, ces entités disposeraient de certaines caractéristiques prévisibles.

Sans être exhaustifs, nous en avons proposé ici quelques-unes, qui, tout en respectant des contraintes physiques plausibles, permettent d'imaginer des formes et des fonctions extraterrestres. Nous avons donc évoqué la constitution de systèmes vivants à partir de chaînes carbonées, l'utilité fonctionnelle de la formation de modules relativement indépendants, de la spécialisation et de la recombinaison occasionnelle des chaînes carbonées en des variantes « sexuelles », de la forme arborescente pour les êtres fixés, de la symétrie bilatérale pour les êtres mobiles, du « cocon » comme stade de protection occasionnel. Lors d'un plus grand accès à la complexité, nous avons mentionné l'utilité probable d'une température constante, de dispositifs de perception et d'action, du recours à des artefacts prélevés dans l'environnement et enfin d'unités centrales de contrôle. Au sein d'une *diversité considérable de formes*, qui serait encore plus variée que la grande biodiversité terrestre et qu'il n'est pas concevable d'imaginer dans le détail, nous sommes, évidemment, bien loin de l'image des petits hommes verts.

Ces propositions sont les fruits de la combinaison des connaissances scientifiques sur les êtres vivants qui peuplent la Terre et des contraintes que leur environnement leur impose. Elles s'intègrent bien dans la thèse que nous avons défendue de la « complexité en mosaïque ». Cette thèse, qui s'inscrit elle-même dans une perspective néo-aristotélicienne d'identité du macrocosme et du microcosme, conduit à imaginer, pour les exoplanètes du macrocosme cosmique, des destins comparables à, mais différents de, ceux qui peuplent le microcosme de la Terre.

Une ouverture vers l'imagination artistique

Arrivés à ce point de notre raisonnement, nous débouchons finalement sur la création artistique et nous passons volontiers la main aux rêveurs et aux artistes, aux écrivains, aux poètes et aux peintres. Mais pour conclure avec eux dans cet esprit fantaisiste, rêvons un peu.

Les artistes pourront imaginer, dans le cadre des contraintes qui viennent d'être présentées, des chaînes carbonées très différentes des acides nucléiques et des protéines terrestres, avec des codes génétiques inconnus, voire des chaînes de silicium, conduisant à des êtres vivants lourds, mais portés par des milieux aquatiques, voire des océans de méthane. Ils pourront imaginer tous les modules possibles pour accueillir ces chaînes macromoléculaires exotiques, carbonées ou non. Ils découvriront des sexualités nouvelles et débridées entre des sexes parfois nombreux. En comparaison de la diversité imaginaire, la biodiversité terrestre, pourtant étincelante, fera bien pâle figure.

Nos explorateurs des possibles, nos navigateurs des formes, nos cosmonautes de l'imaginaire se promèneront dans des « forêts » d'arborescences, géantes ou minuscules, parmi lesquelles circuleront, solitaires ou en bancs, des êtres aérodynamiques bilatéraux aux formes des plus étranges. Pour se propager dans les océans de liquide ou de gaz, beaucoup de ces êtres adopteront des phases transitoires de repos dans des coques aux formes et aux couleurs variées.

Oh, certains de ces êtres ont évolué vers des stades de complexité plus grands. Ils ont juxtaposé et intégré des modules de plus en plus élaborés pour constituer des ensembles à étages très autonomes, gérés par une unité centrale. Ils bénéficient d'une température homogène ; ils utilisent des appendices souples en forme de ventouses pour fracturer des morceaux d'arborescences molles et les transformer en une bouillie qu'ils consomment. Quand on passe près d'eux, ils semblent émettre des ondes bizarres...

Notre collègue sémioticien, le professeur Unepierre, spécialiste incontesté des communications extraterrestres, a heureusement pu déchiffrer certaines de ces ondes. Traduites en langage humain, elles signifient simplement : « Je pense, donc je suis ! »