

FINALITÉ, TÉLÉOLOGIE ET PROGRÈS EN BIOLOGIE

PHILIPPE DALLEUR*

SOMMARIO: 1. Introduction. 2. Une biologie sans causalité finale est-elle possible? 3. Retours finalistes: téléologie, téléonomie et Aristote. 4. Finalité et Théorie des Systèmes. 4.1. Attracteurs et évolution dans les paysages épigénétiques. 4.2. Feedbacks, feedforwards, préadaptation et téléologie. 4.3. Téléologie et utilisation du hasard à la «Monte Carlo». 5. Finalités interne et externe. 5.1. Mutation, Sélection et les postulats à tendance naturaliste. 5.2. Finalité interne et téléologie naturelle. 5.3. Téléomatique et Principe anthropique. 5.4. Téléonomie et comportements orientés. 6. Préadaptations embryonnaires, puissances actives et dynamismes préorientés vers l'adulte. 7. Le progrès de l'Arbre de Vie et la téléologie. 8. «Autonomie dépendante» du niveau supérieur envers l'inférieur. 8.1. Les verticilles de l'arbre évolutif. 8.2. Le *Tabula rasa initial* et l'autonomie du supérieur. 9. Conclusions.

1. INTRODUCTION

LA vision matérialiste du monde vivant fut déjà critiquée par Aristote lors de son analyse des 4 causes. Les atomistes et autres matérialistes d'antan comme Empédocle, Démocrite, Épicure et Lucrèce, réduisaient le cours des événements aux causes matérielles et efficaces, négligeant les causes formelles et finales. De nos jours le néodarwinisme est aussi allé de pair avec un réductionnisme mécaniste de type atomiste: c'est le fameux "tout est dans les gènes" où l'atome évolutif devient le gène.¹ Il ressort de cette situation une opposition consciente ou non, à la téléologie ou la finalité, qui pèche souvent par excès. Depuis l'*Origine des espèces* de Darwin en 1859, la controverse s'est focalisée démesurément selon moi, sur les termes *fin*, *finalité* et surtout *téléologie*, parce qu'ils suggéraient trop l'explication surnaturelle qui n'a pas sa place dans les sciences – à juste titre il me semble – mais que beaucoup opposent presque inconsciemment à l'explication scientifique:

* Facoltà di Filosofia, Pontificia Università della Santa Croce, Roma.

¹ Pour les critiques à ce réductionnisme génétique cf. E. F. KELLER, *Le siècle du Gène*, Galilimard, Paris 2003; A. DANCHIN, *La Barque de Delphes. Ce que révèle le texte des génomes*, Odile Jacob, Paris 1998; E. JABLONKA, M. J. LAMB, *Evolution in Four Dimensions: Genetic, Epigenetic, Behavioral, and Symbolic Variation in the History of Life*, MIT Press, Cambridge, Mass. 2005; Ph. DALLEUR, *Fécondité de la notion de "bord" des formes vivantes chez Thom*, «Revue Philosophique de Louvain», 104 (2006), pp. 312-346.

«Le mot “finalité” et l’expression “cause finale” sont démodés; on les emploie souvent entre guillemets, comme anti-scientifiques. [...] Si l’on s’est donné tant de peine pour nier l’évidence de la finalité psychobiologique, c’est que, jusqu’aux dernières décennies, la physique paraissait reléguer la finalité dans l’archéologie de l’esprit».²

Comme le montrent Wattles, Ayala, Mayr, Grene, Cameron et d’autres, Aristote est souvent accusé à tort d’être à l’origine de cette «anti-science».³ Aristote introduit justement une cause finale naturelle distincte du finalisme idéaliste quasi mystique de Platon. En fait le terme téléologie sur lequel se galvanisent tant les esprits, n’appartient même pas à la philosophie aristotélicienne: comme la majorité des termes préfixés par *télé* ou *téléo*,⁴ c’est un néologisme de l’époque moderne, inventé en 1728 par Christian von Wolff.

2. UNE BIOLOGIE SANS CAUSALITÉ FINALE EST-ELLE POSSIBLE ?

Certains présentent ainsi la science en termes non – ou même anti – finalistes. Ils estiment que l’introduction de la finalité est purement linguistique et anthropomorphique, ne correspondant à aucune réalité objective utile dans le monde vivant ou inanimé,⁵ ou que toute formulation téléologique de processus naturels peut trouver une expression non téléologique équivalente.⁶

Ainsi la finalité exprimée dans la phrase «Mes poumons sont là *pour* que je respire» serait réductible à une version causale efficiente «Je respire *de fait* grâce à mes poumons et ainsi je survis *de fait*». Comme Ernst Mayr et Francisco Ayala, j’estime incorrecte une telle réduction univoque. Par exemple,

² R. RUYER, article *Finalité* dans *Dictionnaire de la Philosophie*, Albin Michel, Paris 2000, pp. 614, 624.

³ Pour une interprétation plus fidèle de la pensée d’Aristote sur les notions de finalité, de téléologie et de forme (*eidōs*), cf. les analyses de J. WATTLES, *Teleology, Past and Present*, «Zygon», 41 (2006), pp. 445-464; F. J. AYALA, *Teleological Explanations in Evolutionary Biology*, «Philosophy of Science», 37 (1970), pp. 1-15; le chapitre 6 sur «Aristotle and teleology» de E. MAYR, *Teleological and Teleonomic, a New Analysis*, D. Reidel, Dordrecht 1974, pp. 110-112; E. MAYR, *The Idea of Teleology*, «Journal of the History of Ideas», 53 (1992), p. 121; M. GRENE, *Aristotle and Modern Biology*, «Journal of the History of Ideas», 33 (1972), pp. 395-424; ainsi que la thèse doctorale de R. J. CAMERON, *Teleology in Aristotle and Contemporary Philosophy of Biology: An Account of the Nature of Life*, University of Colorado, Boulder 2000.

⁴ *Telos* = fin, but, résultat, distant: la racine se retrouve dans télescope, télévision, téléphone, etc.

⁵ Cf. M. T. GHISELIN, *Teleology: Grounds for Avoiding Both the Word and the Thing*, «History and Philosophy of the Life Sciences», 24 (2002), pp. 487-491; IDEM, *Darwin’s Language may Seem Teleological, but his Thinking is Another Matter*, «Biology and Philosophy», 9 (2004), pp. 489-492; A. MINELLI, *The Development of Animal Form: Ontogeny, Morphology, and Evolution*, Cambridge University Press, Cambridge 2003 et la recension de ce livre par P. M. MABEE, *Removing Finalism from developmental Biology*, «Bioscience», 54 (2004), pp. 868-870.

⁶ Comme le prétend Ernst Nagel par exemple.

la téléologie d'une phrase comme «Le fœtus développe des poumons *pour pouvoir* respirer après sa naissance» est fort différente. Ayala montre qu'il n'y a pas d'équivalence parfaite dans la traduction efficiente, car la directivité organisée du vivant est foncièrement différente à la chute d'une pierre vers le bas.⁷ L'analyse finaliste des phénomènes naturels semble inévitable en biologie.⁸ De même, pour Ernst Mayr, la phrase téléonomique «La grive des bois émigre en automne *afin d'échapper* à l'inclémence du temps et au manque de nourriture des climats nordiques» s'affaiblit fortement si on remplace *afin d'échapper* par *et échappe de fait*. Pour Mayr, la phrase rendue antifinaliste ne rend pas compte de la présence de programmes internes.⁹

3. RETOURS FINALISTES: TÉLÉOLOGIE, TÉLÉONOMIE ET ARISTOTE

L'analyse de la finalité revient à l'honneur dans des disciplines scientifiques pour lesquelles la vie sert souvent de paradigme. Ces sciences récentes étudient l'émergence de niveaux d'interactions et de relations complexes: la cybernétique, la sémiotique, l'informatique, les théories de l'information, du chaos et des systèmes complexes. Ainsi, divers emprunts finalistes aux systèmes vivants s'observent dans la sémiotique (théorie des signes) et le tychisme évolutif de Charles Sanders Peirce, dans l'informatique et la *Programmation Orientée Objet* des interfaces graphiques de Alan Kay,¹⁰ dans les paysages épigénétiques et les champs morphogénétiques de Conrad Waddington, dans les attracteurs et les catastrophes de René Thom, dans la cybernétique rétroactive et prédictive de Piotr Anokhin et Norbert Wiener.

Le cas de la cybernétique est significatif. A partir de 1935, le biologiste russe Piotr Kuzmich Anokhin¹¹ (1897-1974) en développe les principes fondamen-

⁷ F. J. AYALA, *Teleological Explanations in Evolutionary Biology*, cit., pp. 11-12; E. NAGEL, *Teleology Revisited and Other Essays in the Philosophy and History of Science*, Columbia University Press, New York 1979. Nous verrons qu'Ernst Mayr approfondit la critique de Ayala contre Nagel. Néanmoins, je nuancerais l'affirmation de F. Ayala par l'analyse des processus vitaux en termes d'*attracteurs* et de *paysages épigénétiques*.

⁸ Cf. par exemple F. J. AYALA, *Teleological Explanations in evolutionary Biology*, cit.; J. HAMBURGER, *La raison et la passion*, Seuil, Paris 1984, p. 99: «Le concept de finalité signifie simplement que l'œil est fait pour voir et l'oreille pour entendre. C'est une énigme authentiquement scientifique que de chercher pourquoi. Si finalité veut dire existence d'un programme, on ne peut nier la finalité biologique».

⁹ E. MAYR, *Teleological and Teleonomic, a New Analysis*, cit., p. 110; Mayr rapproche les programmes internes à l'*eidōs*, forme moteur immobile d'Aristote: pour les erreurs d'interprétation d'Aristote sur ces points, voir pp. 110-112.

¹⁰ Alan Kay, biologiste, mathématicien et informaticien, inventa sur la base des cellules vivantes, dans les années 1960 l'interface graphique intuitif des écrans d'ordinateurs actuels, avec fenêtres multiples superposables et possédant des propriétés interactives communes.

¹¹ P. K. АНОХИН, *Проблема центра и периферии в физиологии нервной деяте-*

taux. Un système de fonctions est finalisé vers des buts, désirs ou besoins grâce à une synthèse d'estimations, de rétroactions et d'anticipations (*synthèse afférente, prises de décision, réflexion anticipée*).¹² Anokhin donne l'exemple du réflexe conditionné du chien de Pavlov. Le chien salive en réponse au son de cloche parce qu'il *prévoit* l'apparition de nourriture *digestible* dans un futur proche, grâce à une organisation d'événements antérieurs mémorisés et filtrés. Des mécanismes de rétroaction (*feedback*) et de prédiction (*feedforward*) interviennent, et organisent le comportement sur la comparaison d'un résultat passé à une prévision de l'activité. Un processus finaliste encore plus avantageux apparaît généralement : l'apprentissage, où toute erreur ou réussite sert à augmenter et *affiner* l'expérience acquise en vue d'un meilleur usage futur.

En 1943, les cybernéticiens occidentaux Julian Bigelow, Arturo Rosenblueth et Norbert Wiener¹³ écrivent un article intitulé *Behavior, Purpose and Teleology*, où ils analysent mathématiquement l'étonnante efficacité des systèmes vivants pour tenter de l'appliquer aux machines. Ils découvrent dans la téléologie naturelle la rétroactivité de *feedbacks*, essentiellement négatifs et extrapolateurs. Wiener (1894-1964) crée une nouvelle science qui décrit mécaniquement des systèmes (auto)régulateurs, cherchant à imiter les systèmes organisateurs et néghentropiques des vivants. En 1948, il popularise le terme finaliste *Cybernetics* (du grec κυβερνώ = piloter un navire) qu'il choisit comme titre de son livre à succès.¹⁴

Colins Pittendrigh¹⁵ propose en 1958 de réintroduire une finalité biologique par le biais du néologisme *téléonomie*,¹⁶ en remplacement du mot *téléolo-*

льносту [Problèmes de centre et de périphérie dans la physiologie des activités neurales], Gorki, Gosizdat USSR 1935 (en russe).

¹² Cf. IDEM, *The theory of the functional system as a prerequisite for the construction of physiological cybernetics*, Academy of Sciences of USSR, Moscow 1962, pp. 74-91. Le système vivant est régulé par une *synthèse afférente* des effets conséquents mémorisés et de la perception actuelle de l'environnement. Anokhin explique ainsi la salivation du chien de Pavlov à l'audition d'un son de cloche, comme *réflexion anticipatrice*.

¹³ J. BIGELOW, A. ROSENBLUETH, N. WIENER, *Behavior, Purpose and Teleology*, «Philosophy of Science», 10 (1943), pp. 18-24. L'étude concerne la tendance active vers un but par des machines (vivantes ou non). Les *feedbacks* extrapolateurs sont prédictifs (cf. *ibidem*, pp. 19-21). Cf. aussi l'ouvrage de N. WIENER, *Dio & Golem SpA. Cibernetica e religione*, Bollati Boringhieri, Torino 1991.

¹⁴ La cybernétique sert aujourd'hui des sciences aussi diverses que la biologie, l'écologie, la psychologie, l'intelligence artificielle, le cognitivisme, la neurophysiologie, la robotique, l'économie, la sociologie ou l'informatique. Le mot avait été inventé par Ampère (1775-1836), mais sans succès, dans le sens de «étude des moyens de gouverner», le terme *gouverner* dérivant de même racine grecque.

¹⁵ C. S. PITTENDRIGH, *Adaptation, natural selection, and behavior*, in A. ROE, G. G. SIMPSON (eds.), *Behavior and Evolution*, Yale University Press, New Haven 1958, pp. 390-416; spécialement p. 394.

¹⁶ L'utilisation progressive de ce terme avant sa divulgation par Jacques Monod s'obser-

gie¹⁷ pour éliminer toute confusion avec les notions de finalité et de projet qualifiés hâtivement selon moi d'aristotéliens. La polémique finaliste censée se calmer, sera de fait rallumée. Pittendrigh donne une interprétation inexacte de la cause finale aristotélienne, en termes d'esprit caché, de force mystique, de champ vitaux, etc. qui rejait sur la téléologie. David Hull¹⁸ y voit un changement gratuit guidé par le rejet ou la crainte du théisme¹⁹

Ernst Mayr (1904-2005), surnommé le «Darwin du 20^e siècle», estime dès les années 1960, qu'il n'y a pas lieu d'opposer les deux termes, vu que pour lui, la téléonomie n'est qu'un des cinq cas de téléologie,²⁰ terme ambigu qu'il préfère éviter. Mayr a toujours été fasciné par la *téléologie* chez les vivants et il lui consacre une place importante dans son dernier livre, écrit à l'âge de 100 ans.²¹ Dans ce livre, il éclaire sa participation à l'évolution des théories évolutionnistes. Sa pensée peut sembler contradictoire: elle réhabilite l'explication et le langage finalistes d'Aristote pour les processus biologiques, mais pas pour

ve par exemple chez Mayr en 1965 et dans G. A. DE LAGUNA, *The Role of Teleonomy in Evolution*, «Philosophy of Science», 29 (1962), pp. 117-131; cf. J. G. LENNOX, *Teleology by another name: A reply to Ghiselin*, «Biology and Philosophy», 9 (1994), pp. 493-495, p. 493.

¹⁷ Ils dérivent des racines grecques *telos* = fin; *nomos* = loi, usage; *logos* = parole, raison, étude.

¹⁸ Cf. D. L. HULL, *Philosophy and Biology*, in G. FLØISTAD (ed.), *Contemporary Philosophy, A New Survey*, vol. 2 *Philosophy of Science*, Nijhoff, The Hague 1982, pp. 280-316: «Haldane can be found remarking, "Teleology is like a mistress to a biologist: he cannot live without her but he's unwilling to be seen with her in public." Today the mistress has become a lawfully wedded wife. Biologists no longer feel obligated to apologize for their use of teleological language; they flaunt it. The only concession which they make to its disreputable past is to rename it "teleonomy"».

¹⁹ Le *théisme* est la croyance en une ou plusieurs divinités: il se distingue du *déisme* qui n'est qu'une foi philosophiquement raisonnée où la divinité n'intervient pas ou imperceptiblement dans le monde. Darwin fut divisé sur cette question, entre monothéisme, déisme, agnosticisme et athéisme.

²⁰ E. MAYR, *Après Darwin. La biologie, une science pas comme les autres*, Dunod, Paris 2006, p. 48. L'original anglais a pour titre: *What makes Biology unique?* (Cambridge University Press, Cambridge 2004). Ernst Mayr est l'un des artisans de la théorie synthétique de l'évolution, appelée improprement selon lui «néodarwinisme» (cf. *ibidem*, p. 119 dans l'édition française), et l'auteur de diverses notions importantes en biologie évolutive, en génétique des populations et en spéciation (spéciation allopatrique, révolutions génétiques, cladisme, etc.). Son intérêt pour la téléologie n'est pas nouveau, et il complète ici l'analyse faite en 1982. Voir E. MAYR, *The Growth of Biological Thought: Diversity, Evolution and Inheritance*, Harvard University Press, Cambridge, Mass. 1982, pp. 47-51; IDEM, *Teleological and Teleonomic, a New Analysis*, cit., pp. 91-117; IDEM, *The Idea of Teleology*, cit., pp. 117-135; IDEM, *Darwin's Impact on Modern Thought*, «Proceedings of the American Philosophical Society», 139 (1995), pp. 317-325, spécialement pp. 322 et 324.

²¹ E. MAYR, *Après Darwin. La biologie, une science pas comme les autres*, cit., pp. 37-59 (chapitre 3 intitulé «La Téléologie») et 80-85.

les processus proprement évolutifs où la sélection naturelle agit aveuglément sans buts.²² Dès les années 1950, suite à ses observations sur les espèces de martins-pêcheurs, Mayr avait énoncé l'existence de «révolutions génétiques», une première entorse au néodarwinisme dont il était un cofondateur intouchable, et qui se développera en 1968 dans les théories neutraliste et de la dérive génétique (*Genetic Drift*)²³ de Kimura Motoo (1924-1994), fortement dénigré quant à lui, et finalement réhabilité en 1992 par le courant néodarwiniste.²⁴

Jacques Monod diffusera l'usage de *téléonomie* pour exprimer la finalité interne résultant de l'adaptation darwinienne. Selon son *Postulat d'objectivité*, la nature est «objective, et non pas projective»:²⁵

«La pierre angulaire de la méthode scientifique est le postulat de l'objectivité de la Nature. C'est-à-dire le refus systématique de considérer comme pouvant conduire à une connaissance "vraie" toute interprétation des phénomènes donnée en termes de causes finales, c'est-à-dire en terme de "projet" [...]. L'objectivité, cependant, nous oblige à reconnaître le caractère téléonomique des êtres vivants, admettre que, dans leurs structures et performances, ils réalisent et poursuivent un projet. Il y a donc là, au moins en apparence, une contradiction épistémologique profonde. Le problème central de la biologie, c'est cette contradiction elle-même qu'il s'agit de résoudre si elle n'est qu'apparente, ou de prouver radicalement insoluble si en vérité il en est bien ainsi».²⁶

Monod comprend la totalité de la nature également non biologique, afin que son *postulat d'objectivité* soit universel, fondamental à toute science et réfractaire à toute téléologie cosmique.

Face à ce panorama, la philosophe Marjorie Grene entend corriger les erreurs modernes d'interprétation de la finalité aristotélicienne. Elle soutient l'intérêt d'Aristote dans ses notions de *telos*, de forme (*eidōs*) et d'essence (au sens de «ce que l'on est»), et précise que le *telos* aristotélicien est limité et concret, différent des idées régulatrices de la téléologie kantienne, des notions de plan ou de but conscient, et de la téléologie cosmique:

«Deux idées fausses doivent d'abord être écartées [au sujet du *telos* aristotélicien]:

1) *Telos* n'est pas en premier lieu – et surtout pas dans l'étude de la nature – le "but" ou le "plan". Dans la nature, le "ce vers quoi" une série d'événements arrive, est le point final intrinsèque auquel cette série aboutit normalement si rien ne s'y oppose. Par exemple, qu'arrive-t-il habituellement à un œuf de merle fertilisé? Un bébé merle

²² *Ibidem*, pp. 58-59.

²³ Ces théories critiquent l'universalité du jeu de la sélection naturelle darwinienne, spécialement dans les phénomènes liés aux populations réduites sous stress environnemental (*Bottleneck effect*).

²⁴ Kimura Motoo recevra la Médaille Darwin de la Société Royale Britannique deux ans avant sa mort.

²⁵ J. MONOD, *Le Hasard et la Nécessité*, Seuil, Paris 1970, p. 17.

²⁶ *Ibidem*, pp. 37-38.

en éclot; c'est son *telos*. Il n'est absolument pas question ici d'un quelconque "but", ni pour l'homme ni pour Dieu. En supposer autrement signifie introduire une confusion judéo-chrétienne dont Aristote doit être entièrement déchargé.

2) Aristote n'est pas non plus principalement intéressé par un *telos* cosmique global. En dépit du passage de *De Generatione et de Corruptione* déjà visé, et en dépit de la causalité "téléologique" du moteur immobile, le type d'"extrémités" qui intéresse avant tout Aristote sont les fins concrètes des processus particuliers dans le monde ordinaire. Il est vrai que la stabilité de l'univers est pour lui une condition nécessaire des processus ordonnés de ses composants; mais ce n'est nullement l'objectif de son intérêt principal. Au contraire, c'est encore le Dieu judéo-chrétien qui (avec l'aide du néo-platonisme) a imposé la dominance d'une téléologie cosmique à la nature aristotélicienne. Un but aussi général est même contraire à l'aristotélisme». ²⁷

Grene considère que la téléologie aristotélicienne est particulièrement présente dans l'ontogenèse, mais pas dans la phylogenèse, donnant sur ce point raison à Darwin. Comme les biologistes, elle réfute la téléologie de Lamarck («*La fonction crée l'organe*»): la giraffe n'allonge pas son coup – et moins encore celui de sa progéniture – par ses efforts répétés. Elle considère ainsi qu'il n'y a pas une finalité générale et émergente dans la mécanique biologique ²⁸ contrairement à ce que pensent Russell, Vandel et Polanyi. ²⁹

Cette conclusion est cependant discutable. Les dernières découvertes en biologie moléculaire et cellulaire manifestent certains processus néolamarckiens. De fait, *l'utilité* semble vraiment ordonner et stimuler la génération de nouveaux organes, non seulement grâce à un système structurel prodigieusement ordonné, complexe, holistique et plastique que nous appelons *vie*, mais aussi au *contrôle interne de l'évolutivité* à tous les niveaux d'organisation des systèmes vivants. Dans cette perspective, le but concret n'est pas prévu (ou connu) à l'avance, mais bien d'une certaine façon, son utilité. L'évolution contient des mécanismes qui optimisent la recherche, la consécution et la conservation

²⁷ M. GRENE, *Aristotle and Modern Biology*, cit., pp. 397-398 (avec ma traduction). Malgré cela elle relève aussi quatre différences par rapport à la science moderne, trois méthodologiques : l'abstraction (généralisée par la mathématisation des sciences), l'induction (méthodologique humienne et poppérienne) et l'imagination (kantienne productrice); et une cosmologique: l'évolution progressive du monde (contre le fixisme des espèces et les cycles éternels des corps célestes d'Aristote).

²⁸ Cf. *ibidem*, p. 4: «There is a goal, mind or thought or inventiveness, we are told, for which evolution happened. It is the achievement of this goal that we are studying when we look at evolution's course. But whose goal? Whose achievement? The giraffe, we know *contra* Lamarck, didn't get a longer neck by *trying*...».

²⁹ Marjorie Grene a collaboré philosophiquement avec Michael Polanyi, mais la téléologie fut un point de divergence entre eux. John Haught prend la défense de certaines positions de Polanyi face à Grene dans J. F. HAUGHT, D. M. YEAGER, *Polanyi's Finalism*, «Zygon», 32 (1997), pp. 563-564.

d'adaptations utiles. Par exemple, les organismes sont capables de différencier les taux de mutations de leurs propres gènes et donc de contrôler dans une certaine mesure leurs évolutivités à long terme: une mutabilité bridée peut stabiliser certains gènes, organes ou individus, avantageux pour l'espèce, et au contraire, une mutabilité accélérée facilite l'exploration des potentialités futures des gènes actuels. Divers gènes sont extrêmement stables et anciens parce qu'ils sont essentiels. Certaines techniques d'interdépendance génétique peuvent favoriser la fixation fonctionnelle (ou non-évolutive) de gènes essentiels.³⁰ En outre, l'étude actuelle des contrôles exercés par la méthylation de l'ADN, l'empreinte parentale, les siRNA et microRNA, l'apport viral dans les génomes, les chaperons et chaperonines, etc. ainsi que de leur influence sur les mutations protéiques, compliquent énormément notre vision de la dynamique évolutive, qui résulte de la collaboration entre mécanismes darwiniens et lamarckiens. Dans cette ligne, Eva Jablonka et Marion Lamb défendent une évolution quadridimensionnelle, où plusieurs mécanismes lamarckiens sont susceptibles de contrôler, cibler et élaborer les variations à la base de l'évolution.³¹ De même, il est fort probable que le résultat avantageux d'un contrôle épigénétique contingent, soit fixé génétiquement lors de l'évolution postérieure: ainsi pour la reproduction sexuée, la sexuation caryotypique (chromosomes sexuels X/Y ou Y/Z) semble s'être fixée après une étape de sexuation thermique, observable encore aujourd'hui chez plusieurs reptiles.

Ce genre de fixation peut facilement s'opérer par un *gradualisme soustractif*. On pense souvent erronément que le gradualisme darwinien est monotone et additif (adjonction graduelle de caractéristiques), comme le suppose Michael Behe dans son argumentation de la *complexité irréductible* dans l'*Intelligent Design*. En fait, il semble que la perte avantageuse par gradualisme soustractif de caractères évolutifs précédemment acquis, favorise souvent la plasticité de l'espèce et l'exploration phylogénétique postérieure. La perte d'un paramètre morphogénétique précis peut ainsi augmenter le degré de liberté des structures existantes: libération de contraintes, fractalisations dues à la réduction de dimension d'attracteurs, déblocages, etc.³²

³⁰ Par exemple les complexes génétiques *homéobox* et *hox*, ou des cas de recouvrement partiel et asynchrone, comme les séquences des gènes ATP6 et ATP8 nécessaires pour la synthèse de l'ATP (adénosine tri-phosphate) dans l'ADN mitochondrial humain: une mutation ponctuelle dans la zone de chevauchement est potentiellement très nuisible puisqu'elle mute simultanément deux gènes interdépendants.

³¹ E. JABLONKA, M. J. LAMB, *Evolution in Four Dimensions*, cit., spécialement pp. 319-353, p. 319: «contrary to the current dogma, the variation ... is often targeted ... constructed».

³² Cf. Ph. DALLEUR, *Fécondité de la notion de "bord" des formes vivantes chez Thom*, cit., pp. 319-322 spécialement l'analyse de la *néotonie* chez l'homme; cf. aussi N. L. MORATALLA, *Origen y comienzo de cada vida humana. Causa eficiente y causa final*, à publier dans les actes du *Convegno BIOS. Fondazione filosofica ed epistemologica delle scienze della vita*, Pontificia Uni-

En 1993, dans un article «*Darwin was a Teleologist*»,³³ James Lennox réagit aux affirmations de Michael Ghiselin présentant Darwin comme un antifinaliste.³⁴ De fait, beaucoup de scientifiques matérialistes jugent la science fondamentalement antifinaliste, spécialement la biologie darwiniste. Cependant, Julio Muñoz-Rubio explique combien le matérialisme idéologique a inhibé beaucoup de darwinistes par leur rejet des principes heuristiques associés aux notions de projet, de fin et de progrès, réintroduites par les systémistes.³⁵ Le préjugé matérialiste pousse certains à exagérer ou altérer la pensée de Darwin sur ces notions.³⁶ Par exemple selon Ghiselin,³⁷ Ospovat³⁸ et Mayr,³⁹ il faut rejeter toute interprétation téléologique de Darwin, parce qu'il n'aurait jamais cru à l'existence de vraies *causes* finales. En fait, comme le montrent Beatty,⁴⁰ Muñoz-Rubio,⁴¹ Kohn,⁴² Lennox⁴³ et Young,⁴⁴ l'analyse des textes

versità della Santa Croce, Roma 2006. Comparant les grands singes et l'homme, Moratalla montre que la perte d'activités génétiques et comportementales explique paradoxalement le développement plastique et structurel du cerveau humain, de sa capacité de langage. La perte entraîne une perte d'adaptation et une indétermination génétique, compensée par des déterminations ultérieures individualisées.

³³ J. G. LENNOX, *Darwin was a Teleologist*, «*Biology and Philosophy*», 8 (1993), pp. 409-421.

³⁴ Cf. par exemple la préface de Ghiselin à Ch. DARWIN, *The Various Contrivances by Which Orchids are Fertilised by Insects*, 2nd rev. ed., The Chicago University Press, Chicago 1984, p. xiii: «... a myth has grown up, partly the work of [Asa] Gray, partly the work of Darwin's son and biographer, Frances Darwin, that Darwin somehow "brought teleology back into biology". In any nontrivial sense of that word, he did the exact opposite, getting rid of teleology and replacing it with a new way of thinking about adaptation» (cité par J. G. LENNOX, *Darwin was a Teleologist*, cit., p. 409).

³⁵ J. MUÑOZ-RUBIO, *Charles Darwin: Continuity, Teleology and Ideology*, «*Science as Culture*», 12 (2003), pp. 303-339, spécialement pp. 304-305, 328 et 332-333.

³⁶ Notre propos n'est pas ici d'analyser la théorie originale de Darwin, mais il me paraît utile de mettre en évidence les influences et biais idéologiques dans son interprétation historique.

³⁷ M. T. GHISELIN, *Darwin's language may seem teleological, but his thinking is another matter*, «*Biology and Philosophy*», 9 (1994), pp. 484-492.

³⁸ D. OSPOVAT, *Perfect adaptation and teleological explanation: approaches to the problem of the history of life in the mid-nineteenth century*, «*Studies in the History of Biology*», 2 (1978), pp. 33-56.

³⁹ E. MAYR, *The concept of Finality in Darwin and after Darwin*, «*Scientia*», 118 (1983), pp. 97-117.

⁴⁰ J. BEATTY, *Teleology and the Relationship between Biology and the Physical Sciences in the Nineteenth and Twentieth Centuries*, in DURHAM and PURRINGTON (eds.), *Some Truer Method: Reflections on the Heritage of Newton*, Columbia University Press, New York 1990, pp. 113-144.

⁴¹ J. MUÑOZ-RUBIO, *Charles Darwin: Continuity, Teleology and Ideology*, cit., pp. 303, 308-310.

⁴² D. KOHN, *Darwin's ambiguity: the secularization of biological meaning*, «*British Journal of the History of Science*», 22 (1989), pp. 215-239.

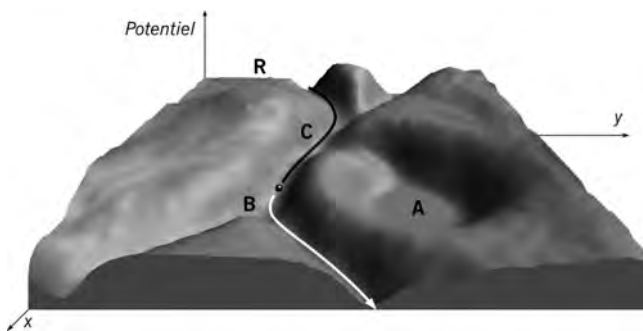
⁴³ J. G. LENNOX, *Darwin was a teleologist*, cit., pp. 409-421.

⁴⁴ R. M. YOUNG, *Darwin's metaphor and the philosophy of science*, «*Science as Culture*», 3 (1993), pp. 375-403.

et des correspondances de Darwin révèle un homme hésitant et ambigu sur les trois notions de *dessein*,⁴⁵ de *cause finale*⁴⁶ et de *progress*.⁴⁷ Suite à son principe de continuité graduelle lente et à une confirmation empirique insuffisante, Darwin est partagé entre les interprétations possibles de sa théorie. Selon Muñoz-Rubio, Darwin sort de ce conflit interne par l'admission de ces notions à un niveau global. Mais en vertu du gradualisme, elles sont imperceptibles ou inexistantes aux échelles observables par expérience: ainsi, Darwin ne voit aucun *dessein intelligent* dans chacun des pas évolutifs, mais bien dans les lois de la nature ou éventuellement dans la macroévolution; il rejette l'idée d'une sélection naturelle toujours progressive, mais trouve évident un progrès à long terme; il considère aussi la cause finale selon une approche malthusienne.

4. FINALITÉ ET THÉORIE DES SYSTÈMES

4. 1. *Attracteurs et évolution dans les paysages épigénétiques*



Conrad Hal Waddington (1905-1975) représente intuitivement les tendances morphogénétiques d'un système dans un *paysage épigénétique* fictif, semblable à un relief hydrologique soumis au gradient de potentiel

gravitationnel. Comme le montre la figure ci-jointe, l'état dynamique du système correspond à une bille *b* évoluant sur ce relief en esquivant des collines (*répulsion* R), attirée par des vallées (*chréodes*) qui se divisent aux points de *bifurcation* (B et C) ou capturée par des fosses (*attracteur* et *bassin d'attraction* en A). Cette topologie permet d'expliquer la stabilisation active des formes. Pour un bassin peu profond, une faible excitation peut inverser le relief ou déstabiliser le système (vieillesse, maladie, mutation stérique de prions sensibles – “vache folle” – ...).

⁴⁵ Voir la correspondance de Darwin avec Gray et Lyell: *The Correspondence of Charles Darwin, Volume 8: 1860*, ed. F. H. BURKHARDT, Cambridge University Press, Cambridge 1993, pp. 224, 258, 275, 496.

⁴⁶ Cf. par exemple *Notebook B*, pp. 4-5 et *Notebook E*, p. 48 dans Ch. DARWIN, *Charles Darwin's Notebooks 1836-1844*, eds. P. H. BARRET, P. J. GAUTREY, S. HERBERT, D. KOHN and S. SMITH, Cornell University Press, Ithaca NY 1987.

⁴⁷ Cf. par exemple *Notebook B*, pp. 18, 74.

Cette intuition topologique introduit le concept finaliste d'*attracteur* et a inspiré l'imagination de plusieurs penseurs comme Polanyi⁴⁸ et Thom. Ce dernier a tenté de la mathématiser.⁴⁹ Mais les attracteurs réels sont souvent trop complexes pour une analyse intégrale. Par exemple, dans les systèmes mécaniques articulés, le simple bipendule (pendule suspendu à un autre coplanaire) présente déjà un *attracteur chaotique*, de topologie fractale à trajectoire imprévisible. La complexité du vivant est encore bien plus élevée : notre squelette possède des centaines d'articulations. La complexité croît encore avec des attracteurs en compétition, qui amplifient au niveau macroscopique des variations infinitésimales, rendant indéterminable l'évolution du système : le cas emblématique est l'attracteur de Lorenz, connu sous le nom d'*effet papillon*. Néanmoins, le paradigme des gradients de potentiel sert au moins comme principe heuristique dans la compréhension du monde vivant.

De plus, des réseaux interactifs se forment pratiquement à tous les niveaux (gènes et épigénétique, protéines régulatrices et enzymes, organelles et membranes, neurones et synapses, organes et hormones, individus et relations, épidémies, espèces et prédateurs, écosystèmes). Ces réseaux co-évoluent et s'organisent quasi spontanément en une imbrication optimale de *réseaux sans échelle* (SFN = *Scale-Free Networks*) alliant :

- l'interactivité à grande échelle grâce à peu d'axes et nœuds de relations intenses (*Hubs*);
- une densité interactive locale du type «*petit monde*» (*Small World Networks*), avec attachements préférentiels (*Clustering*) et parfois fractalisé (arborescence);
- l'aide cybernétique de boucles de réaction (*feedback loops*) et de systèmes anticipatifs (*feedforwards*).

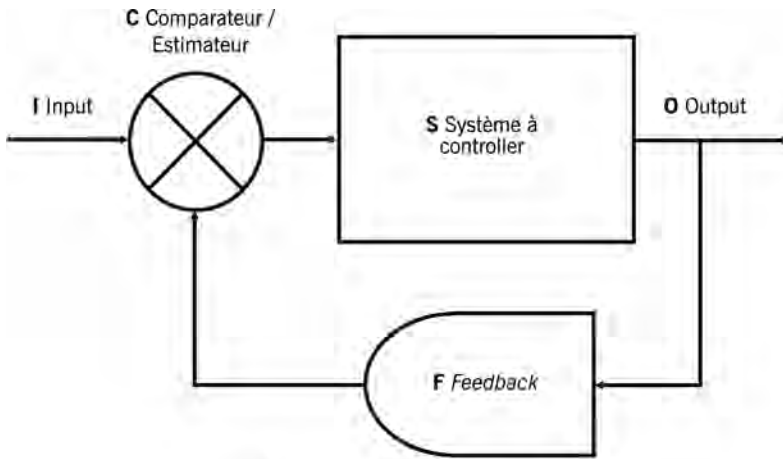
4. 2. Feedbacks, feedforwards, *préadaptation* et *téléologie*

Analysons un exemple cybernétique simple pour décrire les types génériques de réaction qui se présentent dans les systèmes biologiques. Le schéma illustratif ci-dessous montre comment fonctionne la rétroaction d'un système asservi simple. Il présente une «boucle fermée» (*closed loop*), la boucle de rétroaction, caractérisée par deux paramètres essentiels :

1. le facteur x d'*amplification* ou d'intensité de la rétroaction et
2. le *décalage* de bouclage τ du signal réinjecté au comparateur d'entrée.

⁴⁸ Cf. M. POLANYI, *Life's irreducible Structure*, «Science», New Series, 160 (3834), (21 Jun. 1968), pp. 1308-1312, le passage relatif à l'intuition de Waddington p. 1310.

⁴⁹ Cf. R. THOM, *Stabilité structurelle et morphogénèse*, 2^e éd., InterÉditions, Paris 1977; IDEM, *Modèles mathématiques de la morphogénèse*, Christian Bourgeois, Paris 1980.

Exemple de *Feedback* simple

Ce délai n'est jamais nul en pratique, et détermine le temps de réaction du système régulé. Le choix du terme anglais *feed-back* correspond en français à *rétro-alimentation*: la comparaison s'opère toujours entre la valeur actuelle du paramètre d'entrée et une réaction *passée* du système *S* à contrôler, *mémorisée* de fait dans le délai de boucle. En général, le système *S* est sélectionné pour obtenir une réaction *O* avantageuse moyennant le contrôle par *feedback* *F*. Ainsi, un système *S*, instable ou divergent par lui-même peut être stabilisé par l'adjonction d'un *feedback* *F* réinjecté au signal d'entrée pour comparaison. En pratique, le feedback filtrera le spectre fréquentiel du signal réinjecté, de sorte que le facteur x d'amplification correspond à une courbe de réponse fréquentielle qui peut même inverser son signe à certaines fréquences.

Trois types génériques de réaction se présentent en fonction du délai et de l'intensité (ou réponse fréquentielle) de la rétroaction:

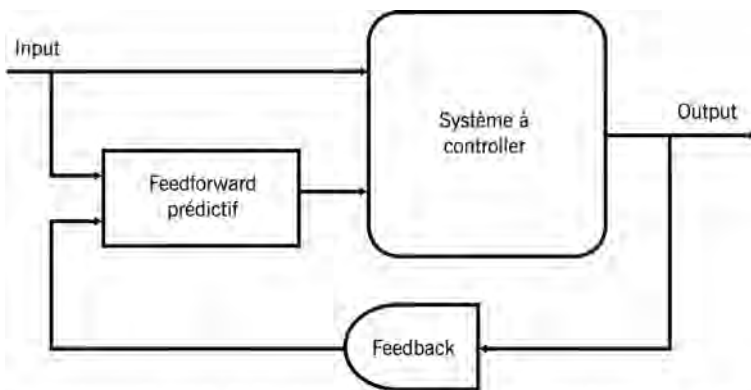
1. *la stabilisation*, conservation ou convergence sont le propre d'une rétroaction rapide d'intensité opposée et faible: le *feedback* est négatif amorti ($-1 < x < 0$) et le délai de boucle τ est relativement court; ce cas correspond à un attracteur simple dissipatif; toute déviation de la position d'équilibre est contre-carrée et a tendance à se corriger, s'annuler et converger vers l'équilibre. Si le délai τ est long, il peut y avoir des oscillations de période liée au délai, qui s'amortissent petit à petit (exemples: écho, vibration d'une corde de piano, pendule amorti, équilibre chimique).

2. *L'oscillation*, vibration, battement, ... correspondent à une rétroaction lente d'intensité opposée: le *feedback* est négatif non amorti ($x < -1$) et le délai τ détermine la durée du cycle d'oscillation; toute déviation est périodiquement inversée après un certain temps. Si x a une valeur absolue importante, l'amplitude des oscillations croît (exemples: effet Larsen, battement du cœur, cycle respiratoire, maladie de Parkinson).

3. *L'amplification*, divergence, croissance ou décroissance, hypertrophie ou atrophie, ... est liée à une rétroaction cumulative, un renforcement d'intensité: le *feedback* est positif ($x > 0$). Le système diverge d'autant plus rapidement que le facteur x est grand et le délai τ court. On a un point de répulsion ou de divergence: toute déviation de la position d'équilibre s'accroît ensuite et diverge (exemples: explosion, propagation d'incendie, évaporation, chute, refroidissement).

L'évolution, l'ontogenèse, les épidémies, les durillons, le renforcement synaptique, la multiplication cellulaire, la vie elle-même, ... sont grossièrement assimilables à des systèmes à *feedbacks* positifs. En pratique, les phénomènes physiques de croissance sont toujours limités par un ou l'autre *feedback* négatif (saturation, épuisement) ou par destruction du système (mort, rupture, ...).

Il existe en outre des *systèmes à anticipation*, baptisés en anglais *feedforwards*, capable de prévoir la réaction future du système et à partir de là en principe, d'éliminer tout délai de réaction et annuler toute déviation non optimale: cela dépend bien sûr de la capacité prédictive du système anticipateur et de sa rapidité, ce qui suppose souvent une modélisation interne des fonctions et des réactivités du système. Le *feedforward* simple est à «boucle ouverte» (*open loop*). Pour illustrer la différence, disons qu'un *feedback* ressemble à la poursuite d'un fugitif, alors que le *feedforward* correspond à l'attente du fugitif à l'endroit où il doit passer, ou au contrôle de sa fuite (par variations d'itinéraires, d'obstacles, ...) pour le faire aller vers un point de capture.



Combinaison simple de *Feedforward* et *Feedback* avec un prédicteur simple

En biologie on trouve ces contrôles dans les préprogrammations, certaines préadaptations, provisions, protections, fuites, prudences, équipements, etc. Leur contrôle est calculé d'avance, préprogrammé, précâblé (*hardwired*). Ils présentent une finalité double et contrastée, fixe et souple:

1° ils dirigent le système vers des solutions efficaces à des problèmes concrets et prévus,

2° ils sont généralement plus efficaces que des processus de *feedback* pur.

Pendant la solution peut être générique ou partielle et s'appliquer à une classe de problèmes, correspondant par exemple à une capacité de réponse ou d'adaptation *in situ* à l'imprévu. Les meilleurs régulateurs combinent les avantages des *feedbacks* et des *feedforwards*. L'estimateur peut être un *prédicteur* généralement lui-même fondé sur des *feedbacks*, qui prévoient l'évolution future en fonction de l'expérience passée. En général le système extrapole une perturbation extérieure qui n'est parfois pas encore active mais estimée imminente: un choc, un virage, un précipice, un trou, un saut de température, un combat, un prédateur, une proie, une nourriture, la surface de l'eau, etc. Le système peut ainsi préparer sa réaction future, évaluant aussi ses propres potentialités, avant de subir la perturbation pour optimiser sa réponse. Associés ensemble, les *feedbacks* prédictifs et les *feedforwards* correspondent souvent à des attracteurs localisés (non universels), anticipatifs qui dirigent, organisent et tirent profit de nombreux processus téléomatiques et de *feedbacks* non prédictifs. La prédiction se fait bien entendu à partir d'événements passés mémorisés et valorisés d'une façon évolutive, active et avantageuse, dans les gènes, l'épigénétique, ou la mémoire dynamique. Elle utilise donc des *feedbacks* à buts prédictifs.

La notion de *feedforward* peut s'étendre aux instincts, aux préadaptations préventives (mimétisme, camouflage), de façon particulièrement intéressante pour l'évolution: ils montrent l'adaptation d'une structure vivante à un problème ou événement potentiel futur, sans utilité immédiate. Ainsi l'embryon déploie les organes et structures avant leur utilisation future suivant le programme de sa morphogenèse: système respiratoire, vue. En fait pratiquement toute adaptation évolutive est assimilable à une préadaptation, puisqu'il s'agit d'une adaptation innée et héritée, et non d'une adaptation réactive *in situ* aux problèmes présents, de type *feedback*. On peut objecter que les préadaptations ne sont pas de vrais *feedforwards*, au moins au niveau des individus ou de leur génération, parce que le prédicteur évolutif, n'étant pas lamarckien, est absent du système individuel: l'adaptation s'est réalisée dans le passé, l'individu actuel *est* adapté. De fait, la mémorisation de l'avantage ne se fait d'habitude pas chez l'individu expérimentateur ou entre géniteur et engendré, mais apparaît suite à la combinaison de la sélection et de variations héritées.

Pendant au niveau écosystémique ou de la biosphère dans son ensemble, les préadaptations darwiniennes ressemblent à des *feedforwards* affinés au cours de l'histoire de la vie par un *feedback* évolutif de type *trial and error* (*trial* (essai) = variation aléatoire, et *error* (erreur) = sélection par élimination, infertilité, mort) associé à des mémoires héréditaires. Le problème est que ce type de *feedback* à réponse binaire – survie ou non – est connu pour être le plus simple qui existe, mais aussi le plus agressif, de convergence difficile, lente et graduelle, facilement instable et divergent, surtout en milieu variable. Il ne semble pas pouvoir rendre compte à lui seul de l'évolution des vivants: la

marche de l'évolution ressemblerait au jeu de « chaud ou froid »,⁵⁰ mais avec un temps de réponse extrêmement long et beaucoup d'instabilités. De fait, la théorie des équilibres ponctués semblent contredire le gradualisme lent, et invite à la recherche de mécanismes régulateurs plus sophistiqués que la simple sélection par *essai et erreur*.

La préadaptation arrive historiquement et est sélectionnée *a posteriori*. Ainsi, Ghiselin remarque justement que l'adaptation doit être intégrée dans un cadre historique. Cependant, son antifinalisme est exagéré, comparable à la critique empiriste de la causalité chez Hume. Même s'il remarque que des prévisions et anticipations existent, l'adaptation chez Ghiselin ne conduit pas à des lois générales qui donnent une prédiction concrète et détaillée du futur, ni nécessairement une adaptation future. On retrouve la critique de l'induction, non pas au niveau cognitif ou épistémologique de la mémoire d'événements passés pour induire des lois applicables dans le futur, mais au niveau adaptatif de la mémoire phylogénétique et de son action évolutive dans le futur. Dans sa critique de la finalité, Ghiselin voit ainsi un cas erroné de téléologie dans les adaptationismes de Daniel Dennett et de Francisco Ayala.⁵¹

Comme chez Hume, ces exagérations motivées par le rejet de l'induction et de la causalité conduisent au scepticisme phénoménologique et posent des problèmes de cohérence. Cependant la finalité me semble inscrite dans le processus préadaptatif. Un système adapté par réaction à des événements passés, sera probablement utile dans le futur. Cela ne signifie pas qu'il le sera effectivement, mais comme l'environnement possède beaucoup de caractéristiques pratiquement stables (soleil, gravité, pression, composition atmosphérique et océanique, etc.) et que les catastrophes radicales sont rares, les expériences passées sont potentiellement reproductibles et améliorables dans le futur et s'accumulent avantageusement dans la mémoire phylogénétique, sans quoi ni la sélection, ni l'adaptation, ni les anticipations n'auraient été retenues comme mécanismes évolutifs et l'évolution n'aurait jamais eue lieu. L'évolutivité suppose une certaine stabilité écosystémique pour se diriger naturellement vers plus d'adaptation. L'adaptation est comparable à l'apprentissage d'un art ou d'une technique. Plus un pianiste s'entraîne, plus il affine son art pour une prestation future. Mais pour cela il a besoin d'un piano, de doigts, de muscles et de centres nerveux avec des caractéristiques stables. De même, plus la vie

⁵⁰ Le joueur avance les yeux bandés comme un aveugle, sans autre information que son approche (chaud) ou son éloignement (froid) de son ou de ses buts.

⁵¹ M. T. GHISELIN, *The new evolutionary Ontology and its Implications for Epistemology*, in V. HÖSLE, Ch. ILLIES (eds.), *Darwinism & Philosophy*, University of Notre Dame Press, Notre Dame In. 2005, pp. 252-253. Pour une analyse des controverses adaptationistes, voir par exemple P. GODFREY-SMITH, *Three Kinds of Adaptationism*, in S. H. ORZACK, E. SOBER (eds.), *Adaptationism and Optimality*, Columbia University Press, New York 2001, pp. 335-357.

résoud des problèmes d'adaptation héréditaire dans un milieu relativement stable, plus elle est parée pour résoudre des problèmes futurs similaires, non seulement parce qu'elle s'adapte de fait, mais aussi parce qu'elle affine son adaptabilité à des conditions probables et reproductibles. Le langage fonctionnel causal antitéléologique tend à éliminer l'utilité future (au moins fort probable) et sa prédictibilité, en la remplaçant, comme Hume le faisait pour l'analyse de la causalité, par une description *de fait*: il aura ainsi tendance à confondre l'adaptation directe avec la coadaptation.⁵²

De plus, la morphogenèse organique tend vers certaines formes élémentaires prévisibles et classifiables indépendamment de la génétique: il existe des lois morphogénétiques liées aux contraintes, qui font tendre dynamiquement les structures organiques naturelles ou artificielles vers des états relativement prévisibles. Quantité de formes s'expliquent dans les phénomènes de convergence évolutive (les *analogies*, sans ancêtre commun proche, contrairement aux *homologies*) ou d'adaptation prédatrice. Si une forme d'évolution efficace apparaissait sur une planète semblable à la terre pour explorer les niches possibles, sa génétique serait probablement assez différente; par contre, beaucoup d'analogies organiques de dimensions similaires surgiraient: formes tubulaires, ailes, nageoires, pattes, flagelles, fractales ramifiées, etc. L'indépendance des niveaux fonctionnels ne permettra cependant pas de prédire quelle génétique et organismes concrets émergeraient. Cette autonomie de l'exploration évolutive relativise l'importance morphogénétique du génome, et explique les évolutions parallèles ou convergentes, l'occupation rapide des niches et la compétition entre espèces phénotypiquement voisines.⁵³ Il est normal de trouver des animaux à fourrures au cercle arctique, et des plantes épineuses dans les déserts, indépendamment des contraintes génétiques.

Bref, beaucoup de formes élémentaires sont similaires pour beaucoup d'organes, même si leur assemblage est différent selon les espèces. L'ornithorynque est probablement l'exemple le plus énigmatique d'assemblage d'*analogies*: mammifère ressemblant à un gros castor avec sa queue plate, il creuse un terrier, possède un cloaque et un squelette comparable aux oiseaux et reptiles, un bec en forme de canard plutôt mou, quatre pattes palmées avec des griffes et un ergot venimeux chez le mâle, ovipare comme les oiseaux, allaitant sa pro-

⁵² Selon Gould, il convient de distinguer les préadaptations des *coadaptations* ou des *exaptations*, qui n'offrent une nouvelle utilité que bien après la mutation. Ainsi, les plumes des oiseaux semblent n'avoir été sélectionnées qu'en réponse à des problèmes thermiques, bien que leur invention ait permis *de fait* un usage collatéral ultérieur: légères et capables de retenir l'air, elles se sont avérées par la suite très utiles pour le vol. Cependant, les premières plumes n'ont pas été sélectionnées pour le vol.

⁵³ Cf. Ph. DALLEUR, *Fécondité de la notion de "bord" des formes vivantes chez Thom*, cit., p. 339.

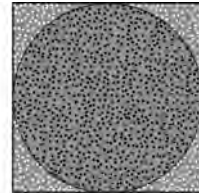
géniture comme les placentaires, localisant ses proies aquatiques par électroperception comme les poissons électriques, il a aussi 52 chromosomes dont 10 sont sexuels, une gamétogenèse unique et complexe, possédant étrangement des gènes homologues aux mammifères, aux reptiles et aux oiseaux.⁵⁴

Ajoutons dans notre critique de Ghiselin que le hasard lui-même est utilisé avec profit par quantité de processus naturels d'adaptation finalisée. Ce point mérite un paragraphe spécial.

4. 3. Téléologie et utilisation du hasard à la «Monte Carlo»

Beaucoup de systèmes biologiques cybernétiques utilisent le couple hasard/sélection pour optimiser certains états ou se débloquer. Un réseau de neurones peut se bloquer: la présence de «bruit de fond» dans les variables du réseau, l'aide à se débloquer. La polymérisation, la synthèse de macromolécules complexes (ADN, ARN, protéines), la régulation des gènes par les siRNA et miRNA (petits morceaux de RNA) et leur stratégie antivirale, ou même toute réaction chimique en solution, ne sont possibles que grâce à une certaine chaoticté du milieu, qui présente au hasard les bases ou éléments en solution à un système sélecteur et constructeur. Les enzymes, chaperons, gradients, etc. utilisent des phénomènes de diffusions statistiques et d'agitations chaotiques. La thermodynamique chimique étudie ce genre de phénomènes.

En fait, lorsqu'une solution optimale concrète est difficile à déterminer a priori, il est préférable de doter le système d'une plasticité ou capacité étendue, de (re)programmation, d'améliorations, d'exploration aléatoire ou sélective des possibles, d'adaptabilité à l'imprévu. Ainsi, certains *feedforwards* ne prévoient pas directement des solutions concrètes, mais contrôlent le système *pour qu'il jouisse d'une certaine indétermination* combinée à un filtre sélectif des situations avantageuses qui pourraient se présenter. Ces *feedforwards* sont presque toujours associés à des filtres par *feedbacks*: ils déterminent ou garantissent une certaine indétermination, un "espace de liberté ou de possibilités" pour diverses solutions possibles, un état équipotentiel⁵⁵



Estimation de $\pi/4$ par la méthode Monte Carlo : les confettis noirs sont « sélectionnés »

⁵⁴ Cf. F. GRUETZNER, T. ASHLEY, D. M. ROWELL, J. A. MARSHALL GRAVES, *How did the platypus get its sex chromosome chain? A comparison of meiotic multiples and sex chromosomes in plants and animals*, «Chromosoma», 115 (2006), pp. 75-88.

⁵⁵ L'*équipotentialité* au sens donné par Polanyi, signifie que ces processus jouissent intrinsèquement de plusieurs progressions ou évolutions futures possibles, rejoignant ainsi la *téléologie illimitée* de Francisco Ayala, les *programmes ouverts* de Ernst Mayr et le *champ des possibles évolutifs* de Campbell. Ils correspondent par exemple à des attracteurs instables, voire étranges (par exemple développement ou trajectoire fractals), ou à des attracteurs stables mais non ponctuels (par exemple bassin d'attraction "plat").

ou versatile. En simulation informatique on conçoit parfois ce genre de solution (programmes génétiques, *biomorphs* de Dawkins, *bootstraps* et tests de «Monte Carlo» paramétriques ou non, etc.).⁵⁶

Un cas didactique est celui de la détermination statistique de $\pi = 3.14159265\dots$ par la méthode *Monte Carlo*. Comme l'illustre la figure ci-jointe, des points (x, y) sont tirés uniformément au hasard dans le carré $(-1 < x, y < 1)$. Les points qui tombent à l'intérieur du cercle $(x^2 + y^2 < 1)$ sont sélectionnés, les autres sont éliminés: le rapport entre le nombre de points « survivants » et le total des points tirés, donne une estimation du rapport des surfaces du cercle et du carré, soit $\pi/4$. La nature évolutive du darwinisme correspond précisément à ces types de décisions statistiques, ou on élimine l'inapte en sélectionnant l'apte. Remarquons que ces simulations informatiques sont généralement *conçues pour donner* des résultats concrets et prévisibles (comme $\pi/4$) suite à la sélection d'échantillons aléatoires. La sélection octroie une certaine organisation ou *intelligibilité* dans les processus aléatoires. Le monde vivant possède une capacité d'adaptation étonnante à des situations très variées et contingentes: certaines espèces disparaissent, mais d'autres survivent et mémorisent l'expérience acquise pour les nouvelles générations, augmentent leurs capacités de réponses à des perturbations futures de la biosphère. Je pense que ce processus automatique contient en lui un germe explorateur de perfectionnement. En tout cas, on peut prédire qu'un système de plasticité évolutive suffisante, capable d'exploiter le hasard, verra presque toujours apparaître en son sein des adaptations, des coadaptations, des exaptations, des *feedbacks* et des *feedforwards*. Rien que ces prédictions, montrent que le hasard n'est pas seul maître du jeu, mais qu'il y a des lois du monde vivant qui suivent les critères de sélection.

La complexité d'un contrôle *feedforward* doit généralement être élevée pour être efficace. Cette complexité est liée à la nécessité d'associer des événements passés, présents et futurs, et cette association n'est intelligible qu'en termes de finalité interne. Les notions cybernétiques de *feedback* et surtout de *feedforward* infirment partiellement l'argument antitéléologique de l'impossibilité d'une "cause à rebours" – le futur ne pouvant "agir sur", ou être une cause du présent ou du passé –. En fait cette impossibilité ne touche que la cause efficiente, mais pas la cause finale. Les mécanismes directement étudiés dans les sciences s'occupent des causes efficientes. La causalité finale résulte d'une association entre événements prévus, présents et prévisibles. Cette association n'est pas de l'ordre de la causalité efficiente comme la cause produisant l'effet, mais comme d'une relation entre l'effet et la présence obligatoire d'une tendance vers cet effet dans la cause efficiente. En bref, la cause efficiente est sélectionnée et conservée *par l'efficacité* des effets antérieurs, *pour* des effets ultérieurs.

⁵⁶ Cf. par exemple: B. F. J. MANLY, *Randomization, Bootstrap and Monte Carlo Methods in Biology*, 3rd ed., Chapman & Hall, London 2006.

On pourrait objecter avec Ghiselin ou Dawkins que ce *pour* est de trop, vu que la «nature» est comme un horloger aveugle qui ne connaît pas le futur à l'avance: même si les problèmes futurs n'arrivent jamais, la sélection se serait quand même opérée *de fait*; l'utilité future lui importe peu, seule l'utilité présente est sélectionnée. Il n'en est rien, car la nature optimise les procédés de sélection eux-mêmes. La cause finale naturelle ne se limite pas à enregistrer les relations de cause à effet passées, mais à conserver celles qui ont été avantageuses et utiles, *pour* (= capables de mieux résoudre) des problèmes futurs similaires. Les notions d'*expérience acquise* et de *mémorisation* en découlent naturellement, associée à l'*élaboration de feedforwards qui estiment l'action prévisible du futur et qui contrôlent par anticipation* le système. Beaucoup de systèmes vivants en sont dotés, spécialement les animaux avec leurs systèmes nerveux et sensitifs: par exemple, une proie qui aperçoit son prédateur réagira rapidement et prudemment (fuite, précautions, refuge).

Dans l'aire prémotrice F5 des singes supérieurs, ont trouvé deux types de neurones intéressants à ce titre:

1. les *neurones canoniques* qui anticipent certaines actions en émettant des potentiels d'action à la simple vue ou présentation d'un objet *cible* à saisir, produisant ainsi une *représentation*,

2. et les *neurones miroirs* qui émettent des potentiels d'action suite à une représentation dirigée vers des cibles, non seulement lors d'un mouvement individuel, mais aussi lors de l'observation d'un autre animal faisant un geste *imitable*, spécialement pour la bouche: ils sont orientés à la reproduction de gestes et facilitent l'imitation, l'empathie, l'apprentissage, etc. Ainsi l'expression "*singer quelqu'un*" possède un fondement neurologique.

Ces dernières années, un débat a surgit pour savoir si cette aire F5 chez les singes a préparé l'apparition évolutive de la zone prémotrice de Broca spécifique à l'homme qui sert au langage et à l'apprentissage du langage. L'homme avec son intentionalité réflexive et son inventivité, a un usage intensif et complexe des contrôles cybernétiques. Les *biomorphs* informatiques conçus par Dawkins en constituent peut-être l'exemple le plus paradoxal: sensés démontrer l'auto-évolutivité d'un système sans finalité interne de type *Horloger aveugle*, ils démontrent de fait la capacité de l'équipe de Dawkins à créer un système auto-évolutif utilisant des techniques sophistiquées (générateurs pseudo ou quasi-aléatoires, algorithmes et règles de contrôle génétiques ou chromosomiques) spécialement *conçus pour qu'aucune téléologie* ne soit détectable en son sein.⁵⁷

⁵⁷ Cf. R. DAWKINS, *The Blind Watchmaker: Why the Evidence of Evolution Reveals a Universe Without Design*, Norton, New York 1986, pp. 50-55, 234, 311 pour les *biomorphs*; le titre est tiré de l'argument de Paley (voir pp. 5-6); p. 147: «The basic idea of *The Blind Watchmaker* is that we don't need to postulate a designer in order to understand life, or anything else in the universe».

Les *biomorphs* ont cependant leur *créateur* : non pas le programme informatique de l'*Horloger aveugle* qui n'en est que le démiurge instrumentalisé, mais Dawkins lui-même. Ainsi leur autogénération sans *dessein intelligent* est démentie, même si Dawkins est "surpris" par les capacités de cet *Horloger* qu'il a justement *conçu pour* cette démonstration.⁵⁸

5. FINALITÉS INTERNE ET EXTERNE

5. 1. *Mutation, Sélection et les postulats à tendance naturaliste*

Dans sa critique aux matérialistes, Aristote mit en évidence chez l'agent vivant un type de *finalité interne ou intrinsèque*, qui diffère des finalités externe (comme les finalités psychologique ou intentionnelle) et philosophique.⁵⁹ Selon l'interprétation dite naturaliste du darwinisme, la stochasticité des variations hérissables manifeste le manque de but, de projet ou de plan; la naturalité de la sélection exprime l'absence de dessein et d'intervention intelligente: en dehors de cela il n'y aurait rien de téléologiquement significatif. La présence de nombreuses erreurs et monstruosité confirmerait cette absence de direction dans les processus vitaux.

En réalité, de façon rigoureuse, ni la stochasticité des mutations, ni la naturalité de la sélection ne sont falsifiables: ce sont des postulats qui favorisent l'idéologie naturaliste, et dont l'omission ne changerait pas grand-chose dans la dynamique évolutionniste. Le rasoir d'Ockham pourrait donc parfaitement s'appliquer à ces adjectifs peu utiles et aisément interprétables dans un sens exclusivement naturaliste, en les éliminant ou en les remplaçant par des ter-

⁵⁸ Dawkins se défend de jouer à Dieu avec son programme informatique en affirmant p. 64 qu'il a été surpris par les résultats qu'il n'a pas conçus («*but I did not plan "my" insects*»). Cependant, il me semble évident qu'il a conçu le programme *Biomorph* pour arriver à des résultats et affirmations semblables.

⁵⁹ Cf. J. WATTLES, *Teleology, Past and Present*, cit., p. 451, qui différencie la téléologie implicite (interne) de celle qui est consciente (externe), et soutient que les philosophes médiévaux juifs, musulmans et chrétiens ont recontaminé la téléologie implicite par le platonisme d'un dessein divin, qu'Aristote avait éliminé; M. R. JOHNSON, *Aristotle on Teleology*, Clarendon Press, Oxford 2005; W. J. WILDMAN, *Evaluating the teleological Argument for divine Action*, in R. J. RUSSELL, W. R. STOEGER, F. J. AYALA (eds.), *Evolutionary and Molecular Biology (Scientific Perspectives on Divine Action, 3)*, Vatican Observatory, Vatican City - CTNS (Center for Theology and the Natural Sciences) Berkeley 1998, p. 139. Je nomme téléologie *philosophique* le finalisme qui ne répond que génériquement à la question du *pourquoi*, en faisant intervenir par exemple les notions métaphysiques d'acte et de puissance: la puissance active liée à une tendance ou à une intention, fait passer la puissance passive de la puissance à l'acte; mais l'existence de la tendance et de sa puissance active (efficace ou motrice) ne suffisant pas, il lui faut encore un "but" réalisable, de quelque façon au moins (d'où la notion de "réalisme des fins", étudiée par Garrigou Lagrange), et sa réalisation par l'entrée en action du mouvement (opéré par le moteur sur le mouvant, vers le but).

mes plus neutres idéologiquement (par exemple des mutations *incohérentes* et une sélection *automatique* pourraient scientifiquement suffire pour la dynamique darwinienne). Leur emploi a miné le débat entre science et foi, freiné l'acceptation de la mécanique évolutionniste, et sont encore à la base des conflits téléologiques sur l'*Intelligent Design*. René Thom ne cache pas sa perplexité suite aux tentatives de rationalisation du darwinisme :

«Pourquoi un animal a-t-il la forme qu'il a? Darwin répond: parce qu'il a, approximativement, la même forme que ses parents. Et nous voilà au rouet, engagés dans une spirale qu'il faut nécessairement briser si l'on ne veut pas se perdre dans la nuit des temps de la phylogenèse. [...] La sélection darwinienne permettait de se passer du Créateur, et ce fut indiscutablement son immense mérite historique. [...] C'est cet aspect tout négatif de la pensée darwinienne – éliminer Dieu – qui finalement a assuré son triomphe. [...] Déterminisme ou stochasticité des mutations, caractère adaptatif ou non de leurs effets phénotypiques, relation génotype-phénotype, définition explicite de la sélection – tous ces concepts apparemment simples se dissolvent à l'analyse en une réalité d'une complexité défiant toute description. Il ne fait aucun doute qu'une exigence de précision et de rigueur est indispensable pour clarifier les postulats de base du schéma darwinien». ⁶⁰

L'impossibilité de falsifier la stochasticité des mutations ou la naturalité de la sélection tient à plusieurs observations :

1. un processus non stochastique (déterministe) peut produire des variations pseudo- ou quasi-aléatoires qui passent tous les tests de stochasticité, faisant conclure erronément à une stochasticité vraie ; par exemple, la suite déterministe des décimales de nombres transcendants comme $\pi = 3.14159265\dots$ passe ces tests, induisant à croire qu'elle est purement aléatoire ;

2. de même un processus orienté peut passer tous les tests de naturalité faisant faussement croire à un processus purement naturel ;

3. la stochasticité de mutations passées ne s'observe pas de fait dans les séquences d'ADN⁶¹ et encore moins dans les séquences peptidiques des protéines, en partie à cause de la sélection elle-même qui a effacé les traces du hasard dans les mutations, donnant ainsi au moins l'impression d'un *design*; de plus il existe des mécanismes de contrôle mutationnel qui compliquent encore plus l'origine des séquences ;

4. il est possible qu'un mécanisme fonctionne aujourd'hui en laboratoire ou même dans la nature, mais cela ne démontre pas que ce même mécanisme ait été identique dans le passé, ayant toujours joué de la même façon.

⁶⁰ R. THOM, *Apologie du Logos*, «Collection Histoire et Philosophie des Sciences», Hachette, Paris 1990, pp. 600-605.

⁶¹ Cf. L. H. CAPORALE, *Darwin in the Genome. Molecular Strategies in Biological Evolution*, Mc Graw-Hill, New York 2003, pp. 42 ss.

Les deux premières observations sont attestées par le cryptage et le brouillage intentionnels de signaux de données: la technique idéale de codage consiste à dissimuler le signal émis derrière une apparente stochasticité et naturalité. On comprend ainsi pourquoi John Maynard Smith (1920-2004), l'un des plus grands évolutionnistes, affirme que le darwinisme s'adapte mal au moule du critère poppérien de scientificité.⁶²

5. 2. Finalité interne et téléologie naturelle

Mais la dynamique évolutive ne semble pas se réduire à la simple sélection naturelle de mutations aléatoires. Les notions de champ morphogénétique, de centre organisateur, d'entéléchie, d'épigénétique et de finalité interne sont souvent citées même si elles ont été ou sont encore suspectées par certains comme proches du vitalisme. Ainsi, Jacques Monod accuse Michael Polanyi de vitalisme, à cause de ses références à des champs morphogénétiques et des centres organisateurs. John Haught et John Yeager estiment que cette accusation est due à une compréhension superficielle de la pensée de Polanyi.⁶³ En outre, certains systémistes comme Conrad Waddington et René Thom ont formalisé mathématiquement ces notions, en particulier la finalité interne et l'entéléchie sont formalisables par des ensembles plus ou moins complexes d'attracteurs agissant dans un paysage épigénétique.⁶⁴ Thom, éminent mathématicien, ami de l'intuition géométrique mais réticent à l'arithmétique analytique, propose un modèle géométrisé de la morphogenèse dans sa théorie des catastrophes. Il centre son analyse sur les ruptures (bords) dynamiques dans l'espace géométrisé des états des paramètres morphogénétiques du vivant. Pour les attracteurs élémentaires agissant suivant une dynamique simple de gradient de potentiel, il n'existe que 7 classes de formes complémentaires possibles. Ainsi, Thom estime que la variation de paramètres morphogénétiques (parfois un seul) chez une même espèce peut produire des formes directement adaptables entre elles, comme par exemple la divergence sexuée de l'hermaphrodisme foetal en organes sexuels complémentaires. Selon Thom, le moteur profond de la sélectivité naturelle se trouve dans ces lois morphogénétiques des bords des formes.⁶⁵ Il applique sa théorie à l'ontoge-

⁶² Cf. J. MAYNARD SMITH, *The Problems of Biology*, Oxford University Press, Oxford 1989, pp. 5-6.

⁶³ J. F. HAUGHT, D. M. YEAGER, *Polanyi's Finalism*, cit., pp. 550 et 565.

⁶⁴ Cf. Ph. DALLEUR, *Fécondité de la notion de "bord" des formes vivantes chez Thom*, cit.

⁶⁵ Il ne faut pas croire que ces formes se limitent aux formes géométriques tridimensionnelles sensibles. Il s'agit de formes dans un espace abstrait multidimensionnel, voire de dimensions infinies, celui des paramètres morphogénétiques. Ceux-ci peuvent être outre les dimensions spatiales, la conductivité, la polarité ou l'affinité électriques, l'élasticité, la couleur, la température, le temps, la concentration hormonale ou ionique, le taux de contamination virale, mais aussi dans les applications humaines (socio-psychologiques), le

nèse (embryon, larve, fœtus, bébé, adulte) dans son modèle de la “*Blastula physiologique*”.

Divers scientifiques, spécialement des systémistes, veulent ainsi réhabiliter une finalité naturelle.⁶⁶ L'enjeu dépasse en réalité celui de la science et recouvre des aspects sociaux, moraux, religieux et politiques, comme on le voit dans les débats qui ont lieu, encore actuellement, sur les théories dites, à tort ou à raison, finalistes et pseudoscientifiques (principe Anthropique, attracteurs harmoniques, néolamarckisme, *Intelligent Design*, créationisme, ...).⁶⁷ Face à ces discussions, diverses voix s'élèvent au sein de la communauté scientifique pour plus de bon sens, moins d'a priori et de préjugés. Le refoulement antifinaliste a conduit à formuler ce que l'on a appelé les “dogmes” néodarwinistes, c'est-à-dire des limites à ne pas franchir, et par là selon Muñoz-Rubio, aurait restreint le champ et la productivité de la recherche évolutionniste.⁶⁸

Mariano Artigas développe une conception de la finalité interne à la fois opposée au hasard et compatible avec lui, dans la notion de *téléologie naturelle*.⁶⁹ Il fait la distinction entre quatre types de finalités associées aux quatre sens du mot *fin*, à savoir comme :

1. *terme* d'un processus,
2. *but* d'une tendance,
3. *valeur* pour un sujet,
4. *objectif* d'un plan.

Dans un article plus récent,⁷⁰ Artigas ne reprend pas le 3^e sens (valeur) et il élargit le 4^e en *objectif d'un projet* (un plan est un projet conscient). Il distingue encore entre *finalité subjective* et *objective*, respectivement lorsqu'elle dépend ou non de sa connaissance par un sujet. Artigas analyse également la finalité

taux de chômage, la connaissance technique, l'analphabétisation, le sexe, etc. Dans ce cas la forme représente l'état d'un système connexe ou d'un ensemble de parties liées morphologiquement.

⁶⁶ Cf. par exemple les «*goal seeking machines*» (machines cherchant un but avec comportement intentionnel) chez le sociophilosophe athée E. MORIN, *La Méthode. I – La nature de la Nature*, Seuil, Paris 1977, pp. 259-268.

⁶⁷ Nous ne présumons en rien de la valeur philosophique ou scientifique de chacune de ces théories ici.

⁶⁸ Cf. J. MUÑOZ-RUBIO, *Charles Darwin: Continuity, Teleology and Ideology*, cit., pp. 304-305.

⁶⁹ M. ARTIGAS, *The Mind of the Universe. Understanding Science and Religion*, Templeton Foundation Press, Philadelphia-London 2000, pp. 126-127. Artigas traite du sujet qui nous occupe spécialement dans le chapitre 4 sur l'intelligibilité inconsciente dans la nature pp. 125-144. Il parle de *téléologie naturelle* parce qu'elle s'observe aux niveaux physique, biologique, anthropologique et psychologique. Une *téléologie théologique* serait surnaturelle et comparable à ce que Mayr appelle la *téléologie cosmique*.

⁷⁰ M. ARTIGAS, *Finalità*, in G. TANZELLA-NITTI, A. STRUMIA (eds), *Dizionario Interdisciplinare di Scienza e Fede*, Urbaniana Univ. Press, Città del Vaticano - Città Nuova, Roma 2002, I, p. 652.

chez divers philosophes de la biologie en particulier Francisco Ayala et Ernst Mayr.

Francisco Ayala distingue aussi entre la *téléologie externe ou artificielle*, et la *téléologie interne ou naturelle*.⁷¹ Cette dernière se divise selon lui en *téléologie naturelle limitée*, qui décrit un même état final, atteint malgré les variations environnementales, alors que la *téléologie illimitée* se réfère à un état final non prédéterminé, mais résultant d'une série d'options disponibles. Pour Ayala, l'adaptation des organismes vivants correspond à ce dernier type de téléologie indéterminée.⁷² Cette idée rejoint ce que j'ai exposé plus haut sur l'utilisation du hasard à la *Monte Carlo* dans l'évolution. Comme je l'expliquerai plus loin avec les verticilles évolutifs, elle me semble vraiment essentielle pour comprendre le monde vivant et elle constitue la base de sa plasticité.

Selon Mayr, la notion de téléologie n'est pas proprement scientifique, non univoque comme beaucoup l'ont pensé erronément, mais fortement analogique, présentant au moins cinq sens différents. Mayr analyse critiquement les positions de presque tous les apports significatifs antérieurs sur les divers types de finalités en biologie. Je propose de le commenter et le compléter par quelques exemples concrets. Pour lui, la téléologie peut s'entendre comme :

1. *processus téléomatique*: comportement comparable à ceux qui suivent des lois conduisant à des états finaux, sans recherche d'un but précis;

2. *processus téléonomique*: recherche d'un but programmé et préparé, correspondant selon Mayr au *telos* et à la cause finale chez Aristote selon un finalisme interne;

3. *comportement orienté*: tendance planifiée vers un but intentionnel; il faut généralement un certain degré de conscience pour associer le comportement actuel à une situation future, non immédiate; présente des finalités interne et externe;

4. *système adapté*: le système existe simplement parce qu'il survit, sans recherche d'un but (on utilise souvent improprement «adapté pour survivre», «fait pour survivre»);

5. *téléologie cosmique*: système (global) dirigé vers une fin, finalité externe ou metamatérielle, e.g. *Intelligent Design*, «élan vital» bergsonien, «*directed striving*» ou «*morphogenetic field*» de Polanyi.⁷³

⁷¹ F. J. AYALA, *Darwin's Devolution: Design without Designer*, in R.J. RUSSELL, W.R. STOEGER, F. J. AYALA (eds.), *Evolutionary and Molecular Biology*, cit., pp. 101-116.

⁷² Ayala est assez critique par rapport à l'assimilation de la téléologie interne à une téléologie externe comme celle proposée par le mouvement américain *Intelligent Design*. Son argumentation a récemment été remise à jour: voir F. J. AYALA, *Darwin's greatest discovery: Design without Designer*, «*Proceedings of the National Academy of Science*», 104 (Suppl. 1), pp. 8567-8573 (lu online avant la version imprimée sur <http://www.pnas.org/cgi/reprint/0701072104v1>).

⁷³ Les positions de Bergson et de Polanyi pourraient aussi se comprendre différemment

Néanmoins, après son analyse, Mayr, comme tout scientifique matérialiste, conclut à l'existence apparente de téléologie dans les quatre premiers sens et rejette bien évidemment la téléologie dite "cosmique", qui fait référence directe à un projet global prédéterminé :

«Après avoir enlevé de la catégorie si hétérogène de la téléologie ces quatre processus concrets, il ne nous reste aucun résidu, preuve que la téléologie cosmique n'existe pas. L'identification de quatre processus apparemment téléologiques [...] comme des phénomènes strictement matériels a privé la téléologie de son mystère et de sa connotation surnaturelle». ⁷⁴

Tout ce discours sur la téléologie peut sembler se réduire à de simples précautions de langage, et dans ce sens, Michael Ruse aurait raison de n'y voir qu'une métaphore. ⁷⁵ D'ailleurs, dans les dernières années de sa vie, Mayr avoua éviter ce mot *téléologie*: ⁷⁶ la téléologie est bien relative à des fins, mais épurée et réduite à l'ordre logique naturaliste et mécanique, sans préconception. Sa réduction de la téléonomie à la prédétermination logicielle est significative. Cette position résulte de l'adoption *a priori* du *postulat d'objectivité* de Monod empreinte d'antifinalisme. A ce titre, des évolutionnistes comme Stephen Jay Gould et Michael Ruse me semblent plus prudents dans leurs conclusions. ⁷⁷ Artigas estime que Mayr a tendance à concevoir les causes finales en termes de causes efficientes. ⁷⁸ Pour Artigas, l'existence de causes finales

1° est analysée philosophiquement et non scientifiquement: celles-ci n'interfèrent pas avec l'explication scientifique en termes de causes efficientes, mais au contraire celles-ci présupposent l'existence de potentialités;

2° ne conduit pas nécessairement à un progrès évolutif général, monotone et continu;

3° ne permet pas une prédiction de l'évolution future, la causalité finale

d'un finalisme externe, vu que ces philosophes conçoivent la force *vitale* en un sens comme intrinsèque au vivant. Polanyi reprend les notions de champ morphogénétique à divers biologistes. Pour une analyse approfondie de la pensée téléologique de Polanyi, voir J. F. HAUGHT, D. M. YEAGER, *Polanyi's Finalism*, cit.

⁷⁴ E. MAYR, *Après Darwin. La biologie, une science pas comme les autres*, cit., pp. 57-58.

⁷⁵ Cf. M. RUSE, *Teleology and Biology: some thoughts on Ayala's analysis of teleology*, «History and Philosophy of the Life Sciences», 21 (1999), pp. 187-194.

⁷⁶ Cf. Interview de Mayr par Jess Henson en février 1996 au *Rollins College* (Winter Park, Floride, USA): <http://home.cfl.rr.com/jessehenson/ernstivw.html> (visité 2 juillet 2007).

⁷⁷ Cf. M. RUSE, *Can a Darwinian be a Christian? The Relationship between Science and Religion*, 2nd ed., Cambridge University Press, Cambridge 2004. Ruse argumente que la science moderne ne peut démontrer ou prouver le postulat matérialiste. Ainsi, des affirmations comme «la preuve que la téléologie cosmique n'existe pas» ou «phénomènes strictement matériels» sont relativement gratuites.

⁷⁸ M. ARTIGAS, *The Mind of the Universe. Understanding Science and Religion*, cit., p. 135.

n'étant pas à confondre avec la causalité efficiente (propre à l'analyse scientifique) comme une espèce de "cause à rebours";

4° ne donnerait pas nécessairement un monde plus "parfait" que le nôtre.⁷⁹

Néanmoins, c'est dans le cadre matérialiste de la téléonomie, que Mayr réhabilite la finalité aristotélicienne⁸⁰ et s'oppose au réductionnisme stochastique de Monod. Pour Mayr, les néologismes *téléomatique* et *téléonomie* présentent simplement l'avantage d'éviter soigneusement toute référence implicite à un projet conscient et d'être plus spécifiques. Leurs définitions distinctes permettent à Mayr de critiquer pertinemment les positions de Nagel⁸¹ et Engels⁸² dans leur rejet de la téléologie. Ceci dit, l'analyse des analogies et différences entre *Téléomatique* et *Téléonomie* nous semble particulièrement féconde dans l'étude de la finalité.

5. 3. *Téléomatique et Principe anthropique*

Un processus téléomatique exprime le simple mouvement aristotélicien d'une puissance finalisée vers l'acte correspondant. Relativement fixe et universel (non évolutif), il correspond à un ou plusieurs attracteurs relativement simples en théorie des systèmes: par exemple la chute gravitationnelle d'un corps vers le bas, l'action de gradients de potentiel, la désintégration radioactive, l'évolution d'une réaction d'oxydo-réduction vers l'équilibre, l'autoformation de membranes polymères de phospholipides, la stabilisation des "ponts hydrogène", etc. Ruyer explique dans son article sur la finalité que les propriétés physico-chimiques de la matière et des vivants fondent une finalité intrinsèque:

«Quant au cosmos dans son ensemble, ... on peut soutenir, à la manière de Henderson et de Harold Blum, qu'il est une sorte de condition préalable aux individus et aux lignes d'individualités finalistes qu'il renferme. Il est tel qu'il permet les adaptations par une sorte d'adaptabilité primordiale.»⁸³

⁷⁹ Un monde évolutif possède un avantage par rapport à un monde non évolutif, car la possession de potentialités d'autodéveloppement est absente de ce dernier. Ainsi, j'estime que *pour une même perfection finale*, un monde temporairement imparfait mais «autoperfectible» est relativement et globalement «meilleur» qu'un monde parfait statique imperfectible: le premier possède davantage sa perfection finale par son travail interne de déploiement évolutif de ses potentialités, alors qu'un monde «préfabriqué parfait» ne possèdera jamais sa perfection ainsi, il l'aura toujours reçue sans collaboration de sa part. Se construire par son effort est plus méritoire que d'être construit, malgré les erreurs et les chutes. C'est la loi de croissance: le Big Bang, la vie, l'embryon, l'être humain, le saint, ... commencent petits, «comme une graine de sénevé», mais finissent par atteindre une merveille inimitable.

⁸⁰ Cf. E. MAYR, *Teleological and Teleonomic, a New Analysis*, cit., pp. 110-112.

⁸¹ E. NAGEL, *Teleology revisited: Goal directed Processes in Biology*, «Journal of Philosophy», 74 (1977), pp. 261-301.

⁸² Cf. E. M. ENGELS, *Die Teleologie des Lebendigen*, Duncker & Humblot, Berlin 1982.

⁸³ R. RUYER, *Finalité*, cit, p. 614.

La téléomatique coïncide donc avec la finalité constitutive de la matière – animée ou non – exprimé dans ses lois fondamentales. Comme nous l'avons vu,⁸⁴ cette finalité est celle que Darwin semble accepter, et il est même prêt à l'attribuer à Dieu. On y retrouve aussi le fameux *principe anthropique* dans sa version dite faible. Dans ce cadre, les étonnantes coïncidences anthropiques, qu'il faudrait plutôt appeler *biotiques*, ont été au centre de controverses sur la réintroduction de la finalité en sciences modernes⁸⁵ et la recherche d'explications naturalistes par exemple à l'origine de la *théorie des cordes* (*String Theory*) et des débats cosmologiques sur les *multiverses* entre Smolin et Susskind. Peut-être la coïncidence la plus significative au niveau biochimique, est la valeur plusieurs fois critique de la constante de structure fine électromagnétique $\alpha_e = \sim 1/137.036$, nombre pur sans dimension, qui sous-tend toute l'activité structurale de la biologie, de la physique et de la chimie ordinaires.⁸⁶ macromolécules, polymères, polarité chimique, hydrophobie, ponts H, cristaux, états solides, liquides et gazeux, ... et même la stabilité des isotopes.

5. 4. Téléonomie et comportements orientés

La téléonomie s'appuie sur les processus téléomatiques pour fournir des facultés nettement plus complexes et variées. Dans la nature elle semble être le propre des vivants qui sont non seulement dotés des anciens caractères aristotéliens (croissance, automouvement, nutrition, reproduction), mais encore de ressources plus complexes: mémorisation, information, apprentissage, labilité, plasticité, programme génétique, *feedforward*, ontogenèse, prédation, tendances embryonnaire et fœtale vers l'état adulte, etc.

Comme beaucoup le pensent, il est difficile – voire impossible – de se passer d'une téléologie intrinsèque (ou téléonomie) en biologie, au moins dans la terminologie. Considérons les quelques exemples suivants:

- les gènes, l'ADN, les ribosomes, etc., *servent* à la production de protéines;
- les chaperons *aident* les protéines à *prendre* une forme fonctionnelle par exemple après une mutation stérique due à une excitation thermique, ou à se

⁸⁴ Voir notes 38 à 50, ci-dessus.

⁸⁵ Cf. M. ARTIGAS, *La inteligibilidad de la naturaleza*, Eunsa, Pamplona 1992, pp. 363-364; IDEM, *El hombre a la luz de la Ciencia*, Palabra, Madrid 1992, pp. 193-200.

⁸⁶ Cf. par exemple J. D. BARROW, *Cosmology, Life, and the Anthropic Principle*, «Annals of the New York Academy of Sciences», 950 (2001), pp. 139-153; IDEM, *Varying Constants* «Philosophical Transactions of the Royal Society», 363 (2005), pp. 2139-2153; J. D. BARROW, J. K. WEBB, *Inconstant Constants. Do the inner workings of nature change with time?*, «Scientific American», juin 2005. Une variation de α dans l'espace-temps est un facteur très restrictif pour la possibilité de la vie. Par exemple, l'analyse des termes électrostatiques dans la formule de Bethe-Weizsäcker, montre qu'une faible variation de α changerait la table des énergies de liaison nucléaire, et donc la formation et la stabilité des éléments chimiques.

déplier pour traverser un canal membranaire et à se replier correctement ensuite pour être fonctionnelles;

- le cœur pompe le sang afin de nourrir et nettoyer l'organisme;
- les globules rouges servent à transporter les gaz;
- la fractalisation des surfaces permet d'optimiser les échanges gazeux, liquides et informatifs;
- presque tout organe a une utilité fonctionnelle dans et pour le réseau de l'organisme, et ceux qui n'en ont plus s'atrophient pour disparaître;
- l'adaptation permet de renforcer l'utilité, la conservation de l'état vital (homéostasie), la coopération entre parties, la symbiose, la co-option;
- l'abeille butineuse revient avec un échantillon de butin vers sa ruche pour la montrer et pour communiquer aux autres butineuses par le langage codé de sa danse frétilante en forme de 8 faite dans l'obscurité, la direction à suivre par rapport au soleil, actualisée continuellement en fonction de la rotation terrestre, ainsi que la distance à parcourir (jusqu'à plusieurs km);⁸⁷
- le caméléon étend lentement sa longue langue pour ne pas éveiller le soupçon chez sa proie d'une prédation imminente, et lorsqu'il arrive à distance suffisamment faible pour que sa proie n'ait plus le temps d'échapper, il colle sa langue à toute vitesse;
- l'aigle voit, avec sa vision perçante et polarisée, le poisson qui s'approche de la surface et il coordonne et ajuste son vol au ras de l'eau, la sortie de ses serres et sa vitesse pour attraper le poisson;
- la loutre marine se sert d'une pierre pour casser des noix trop dures pour ses dents;
- le moustique injecte sa salive anesthésique pour pouvoir sucer tranquillement le sang sans éveiller de réaction chez sa proie;
- la croissance des poumons chez le fœtus prépare sa capacité de respiration future après sa naissance; etc.

Ces exemples ne représentent qu'un infime échantillon de la finalité chez les vivants. L'usage de suffixes dans le vocabulaire biologique (comme "ité", "tion")⁸⁸ manifeste l'existence de finalités dans les capacités fonctionnelles et structurales du vivant. Ainsi, même les réductionnistes convaincus comme Richard

⁸⁷ Ce comportement quasi abstrait de quelques espèces d'abeilles, dont les capacités cérébrales sont minuscules (quelques mm³ des ganglions nerveux) a fort étonné les scientifiques, et valut à Karl von Frisch le prix Nobel (cf. http://nobelprize.org/nobel_prizes/medicine/laureates/1973/frisch-lecture.pdf). Le fait a déclenché une polémique encore alimentée aujourd'hui malgré la démonstration de petites abeilles-robots qui reproduisent la danse. L'explication naturaliste donnée par Dawkins dans son livre *River out of Eden: a Darwinian View of Life*, Basic Books, New York 1995, pp. 84-92, me semble peu convainquante.

⁸⁸ Par exemple: motricité, utilité, plasticité, habilité, scissiparité, stabilité, fécondité, compatibilité, adaptabilité, vision, locomotion, conservation, information, etc.

Dawkins et Daniel Dennett admettent au moins *l'apparence* bouleversante d'un finalisme, même externe.⁸⁹ Le terme *téléonomie*, introduit par Pittendrigh en 1958 pour en rendre compte, a été utilisé dans deux sens. Davis, Simpson, Monod et Curio l'emploient dans le sens d'adaptation. Mayr privilégie le sens d'activité programmée. Mais, les exemples montrent aussi l'existence de comportements proprement *orientés*: outre la danse en 8 des abeilles, et l'utilisation d'outils comme la moule marine, citons les stratégies de groupe pour la chasse (lionne, loups), les caches de nourriture pour l'hiver, la coopération et coordination, etc. Dans cet article, je limiterai mon analyse à quatre types de finalité intrinsèque intéressant la biologie théorique et la biophilosophie:

1. les préadaptations embryonnaires liées aux notions de puissance et d'acte,
2. la morphogenèse prédatrice,
3. la progression de l'arbre phylogénétique,
4. l'explorativité équipotentielle, comparable à la téléologie illimitée d'Ayala.

6. PRÉADAPTATIONS EMBRYONNAIRES, PUISSANCES ACTIVES ET DYNAMISMES PRÉORIENTÉS VERS L'ADULTE

L'embryon animal ou humain est l'un des objets favoris pour le débat sur la téléologie. Parmi les questions intéressant la finalité embryonnaire, se trouve l'analyse des *actes premiers*,⁹⁰ que l'on nomme aussi *puissances actives*.⁹¹ Dans le deuxième livre de son traité *Sur l'âme*, Aristote donne une définition générale de l'âme en trois étapes pour conclure que l'âme est *l'acte premier d'un corps organisé*.⁹² Une puissance active est une capacité «prête à l'emploi» chez un agent, «*statim ad actum potest reduci*», prête à agir sur un patient. Dans le cadre aristotélico-thomiste, ce type de *puissance active* ou *acte premier* (c'est-à-dire un acte réel qui doit encore se développer en acte second) finalise l'embryon et

⁸⁹ Cf. R. DAWKINS, *The Blind Watchmaker*, cit., pp. 1 et 5: «Biology is the study of complicated things that give the appearance of having been designed for a purpose... Natural Selection, the blind, unconscious, automatic process which Darwin discovered, and which we now know is the explanation for the existence and apparently purposeful form of all life, has no purpose in mind»; F. CRICK, *What Mad Pursuits*, Basic Books, New York 1988, p. 138: «Biologists must constantly keep in mind that what they see was not designed, but rather evolved». Michael Ruse, connu pour sa défense du darwinisme, n'hésite pas à reprocher à Richard Dawkins et Daniel Dennet leurs prises de positions radicales qui nuisent à une saine doctrine évolutionniste Cf. M. RUSE, *Can a Darwinian be a Christian?*, cit.

⁹⁰ Cf. P. IDE, *Le zygote est-il une personne humaine?*, Têqui, Paris 2004, pp. 188-195.

⁹¹ Cf. A. FARGÈS, *Théorie fondamentale de l'acte et de la puissance*, 7e éd., Paris 1909, pp. 105-107.

⁹² ARISTOTE, *Sur l'âme*, II, 1, 412 a 9 - b 6.

son développement vers l'état adulte. Les données embryologiques actuelles sont très différentes de la vision aristotélico-thomiste. La biologie moderne montre que *l'embryon est doté de puissances actives dès la fécondation quasi instantanée*.⁹³ Le zygote formé possède en interne *son autoconstruction*, qu'il ne faut pas confondre avec une autogénération. Comme je l'ai expliqué autre part, son *energeia* va exprimer son *entelecheia*,⁹⁴ c'est-à-dire, son dynamisme interne va réaliser progressivement le plan interne engendré à la fécondation, selon l'attracteur finalisé de l'état adulte ou *entelechia*. La fécondation fait apparaître les *puissances actives d'autoconstruction* qui ne feront que se développer par la suite sans autre apport que la nutrition et l'élimination de déchets. De fait, la plupart des animaux à reproduction bisexuée ont un développement embryonnaire ou foetal relativement autonome (ovipares, parasites, marsupiaux) et exigent parfois une protection parentale purement externe.

Chez les espèces bisexuées, la machinerie et le dynamisme cellulaires viennent essentiellement de l'ovule maternel: mitochondries, organelles, membranes, miniARN, ribosomes, liposomes, etc. Le spermatozoïde, qui n'est pas toujours nécessaire (e.g. la parthénogenèse haploïde chez les abeilles donnant les mâles), n'apporte pratiquement que la moitié du génome nucléaire qui, comme l'affirme Richard Lewontin, est aussi passif que le texte d'un livre: l'ADN des paires de chromosomes ne fait rien en propre ; il contient des informations relativement statiques, lisibles et reproductibles par la machinerie active d'origine maternelle. Néanmoins, c'est l'embryon qui concentre en lui-même les éléments actifs et passifs, et non l'utérus passif d'un côté et le semen actif de l'autre. Il possède dès la fécondation, en acte premier, des potentialités qu'il va utiliser pour se développer. Remarquons qu'il est erroné de dire que l'embryon «possède la puissance active de s'engendrer lui-même» ou qu'il «s'autogénère»: ce serait un non-sens comparable à une «*causa sui*», une autocréation. *L'embryon ne s'autogénère pas, mais il s'autodéveloppe* après avoir reçu ses capacités internes de développement finalisé, ce en quoi consiste précisément sa génération (par fécondation, scissiparité, gemmiparité, clonage, parténogenèse, ...). Ceci manifeste qu'il n'y a qu'une forme dans l'embryon, sans successions.

Après la fécondation, tous ces mécanismes internes autoconstructeurs vont progressivement développer dans l'individu des capacités d'autonomie, pour

⁹³ Pour plusieurs anciens, dont S. Thomas, la fécondation se déroulait selon un processus graduel d'animations successives et n'était pas intrinsèque à l'embryon, mais extrinsèque, suscitée par l'action du semen masculin sur l'utérus féminin passif. Cf. C. G., II, 88 et 89, spécialement les réponses aux objections 10 et 11; J. HALDANE, P. LEE, *Rational Souls and the Beginning of Life (A Reply to Robert Pasnau)*, «Philosophy», 307 (2004), pp. 532-540, spécialement pp. 534-535.

⁹⁴ Cf. Ph. DALLEUR, *Fécondité de la notion de "bord" des formes vivantes chez Thom*, cit., pp. 330-332.

se défendre, se nourrir, respirer, se déplacer, etc., *par lui-même*. Pour René Thom, le *phylum* (espèce) est fixé par le *Programme Général de l'Organisme* selon un développement spatiotemporel structuré (gamètes – œuf, zygote – embryon – larve, fœtus – bébé – adulte). Contrairement à la loi de récapitulation, il existe dans l'embryon des disques imaginaires qui suspendent leur croissance au stade larvaire pour la reprendre plus tard. Mais Thom pense que l'absence de disque intestinal révèle l'importance morphogénétique du tube digestif,⁹⁵ comme je l'expliquerai dans l'étude de la morphogenèse prédatrice.

La morphogenèse embryonnaire et fœtale correspond à une capacitation progressive finalisée vers l'état adulte, fondamentalement interne, même dans le cas des mammifères placentaires (les plus dépendants avec implantation dans l'utérus): de fait, le placenta est une interface *d'excroissance embryonnaire*, qui protège le fœtus des interférences maternelles et constitue la barrière hémato-placentaire très fractalisée – vascularisée – servant de filtre dans les échanges avec la mère, sans mélanges de sang et évitant les attaques immunitaires maternelles (par exemple par l'absence d'antigènes individualisés HLA sur les parois cellulaires). C'est donc l'embryon qui «se construit» en développant son *programme ou projet général interne*, son *entéléchie*, même si cette auto-construction suppose l'aide logistique de la mère ou d'un organisme hôte (cas de parasitisme⁹⁶ larvaire, d'helminthes, etc.).

6. 1. Finalité phénoménologique: morphogenèse et prédation

On pourrait se demander pourquoi les plantes qui vivent dans le même environnement manquent de système sensitif comme les animaux? Pourquoi l'adaptation au même milieu est si différente d'un vivant à l'autre? L'expression darwinienne «*l'adaptation à l'environnement*» semble assez malheureuse et très approximative, incapable de rendre compte de la diversité morphologique.

En fait, l'adaptation est guidée par le *lacet de prédation*, qui constitue le mécanisme évolutif fondamental sous-jacent à la sélection. Pour résumer, *le prédateur s'adapte à ses proies*, pourvu que l'on entende par «proie» tout corps étranger essentiel pour la survie du «prédateur». Ainsi, cette «proie» n'est pas nécessairement consommée ou détruite. Comme tout vivant est un système ouvert néghentropique, il a besoin d'apports extérieurs pour vivre: il est donc «prédateur» au sens large vis-à-vis de quelques corps ou sources énergétiques appelés «proies» au sens large également, qui appliquent une pression mor-

⁹⁵ Cf. R. THOM, *Esquisse d'une Sémiophysique. Physique aristotélicienne et Théorie des Catastrophes*, InterEdition, Paris 1988, pp. 123-125.

⁹⁶ Un parasitisme non nuisible pour son hôte s'appelle *commensalisme*. En cas de coopération bénéfique pour les deux, on parle de *mutualisme*; et si le mutualisme est essentiel aux espèces, il y a *symbiose* entre elles.

phogénétique. Par contre, tout corps non utile pour le prédateur dans l'environnement ou le biotope, n'intervient pas dans sa morphogénèse.

Ce principe explique la différence de morphologie et de potentialité cellulaire entre les plantes et les animaux. La cause efficiente de la morphologie, le moteur morphogénétique, est l'acte du prédateur, mais *la cause finale, qui règle sa morphologie, est sa proie*. Au début tous les vivants sont de type boule. Les végétaux autotrophes fabriquent les substances nécessaires à partir de proies tirées lentement du milieu, inanimées, microscopiques ou fluidisées (molécules, minéraux, eau, gaz et photons). Pour une nutrition plus efficace, leur surface d'échange augmente, se ramifie, étend le contact avec ses proies, les 4 éléments grecs: air et lumière vers le haut, humidité et terre vers le bas. La plante se fixe à l'interface terre-air et explore fractalement les deux milieux. Par contre, chez l'animal, la proie est d'habitude vivante et macroscopique et réclame pour sa capture, digestion et déjection, une forme enveloppante, idéalement tubulaire. L'archentéron embryonnaire prépare cette forme. La prédation est encore optimisée par l'autonomie de déplacement, la spécialisation différenciée des organes et la concentration des sens et du cerveau près de la bouche, organe de capture. La spécialisation des organes de l'animal accroît la différenciation cellulaire et s'accompagne d'une perte de potentialité, alors que la plante par sa tendance à se fractaliser, conserve une autosimilarité et une génération itérative élevée: ainsi s'explique pourquoi les animaux sont moins faciles à cloner que les plantes. Chez l'animal supérieur, le bord sémiotique déploie des ouvertures très efficaces vers le monde. Les 5 sens ont de fait évolué sur ce bord comme des *extensions de l'ectoderme embryonnaire* selon une *morphogénèse organique finalisée*, fonctionnellement différenciée ou spécialisée.⁹⁷

La dynamique morphogénétique prend naissance au niveau de l'interface interactif entre les "proies" et le vivant, essentiellement son bord. Dans un sens gestaltiste, le bord des vivants est un lieu phénoménologique de perception différentielle (individu sur le fond sensible) et d'identification (prédateur, proie, partenaire, progéniture), selon une finalité mutuelle entre *formes qualitatives perceptrice et perceptible*, généralement individualisées par leur bord interactif, qui portent des *propriétés significatives*, estimatrices et estimables. Cette *finalité relationnelle* ne se limite pas à la connaissance sensible des animaux, mais s'étend à *l'ordre sémiotique universel*: la feuille suit le soleil; la racine cherche l'humidité; le macrophage identifie la cellule bactérienne; le site de fixation reconnaît une hormone ou enzyme; le virus du SIDA se fixe au récepteur CD4.

⁹⁷ Cf. Ph. DALLEUR, *Fécondité de la notion de "bord" des formes vivantes chez Thom*, cit., pp. 337-338.

7. LE PROGRÈS DE L'ARBRE DE VIE ET LA TÉLÉOLOGIE

La méfiance antifinaliste conduit à la négation de la hiérarchie vivante d'une *scala naturae* plaçant l'homme au sommet, et pousse aussi certains à nier toute notion de progrès dans l'évolution des espèces: tout comme le finalisme apparent, le "progrès" évolutif ne serait que pure projection anthropomorphique ou simplement un développement de capacités contenues virtuellement dans les vivants antérieurs (non nécessairement inférieurs). Dans certains passages de l'*Origine des espèces* Darwin semble nier un progrès dans l'évolution. Cependant, la notion de progrès évolutif se trouve dans le darwinisme initial, quoique sous forme peu explicite.⁹⁸ En fait, les notions de base comme celles d'évolution, de sélection, de *plus apte*, d'*avantage*, d'*arbre phylogénétique*, de *gradualité*, ... font référence au moins indirecte et implicite à celle de *progrès* ou *progression*, d'*amélioration*, de *valorisation*. Il suffit d'ouvrir l'*Origine des espèces* pour remarquer de suite l'embarras tant conceptuel que terminologique dans certains extraits antiprogressistes:

«Si tous les êtres organisés tendent ainsi à s'élever dans l'échelle, comment se fait-il que quantité de formes inférieures existent encore dans le monde? Comment se fait-il qu'il y ait dans chaque grande classe des formes bien plus développées que certaines autres? Pourquoi les formes les plus perfectionnées n'ont pas supplanté partout et exterminé les formes inférieures? Lamarck, qui croyait à une tendance innée de tous les êtres organisés vers la perfection, semble avoir si bien prévu cette difficulté qu'il a supposé que des formes simples et nouvelles apparaissent constamment par la génération spontanée [...]. D'après notre théorie, l'existence continue d'organismes inférieurs n'offre aucune difficulté; en effet, la sélection naturelle, ou la survie du plus apte, ne comporte pas nécessairement un développement progressif, elle s'empare seulement des variations qui se présentent et sont utiles à chaque individu dans les rapports complexes de son existence. Et, pourrait-on dire, quel avantage y aurait-il, dans la mesure que nous pouvons en juger, pour un petit infusoire ou un ver intestinal, ou même un ver de terre, à acquérir une organisation supérieure?»⁹⁹

Darwin avait déjà remarqué que le manque de directivité finaliste et le continuum gradualiste, qui brouillent les frontières entre espèces et entre maillons

⁹⁸ Elle sera formulée par un élève de Darwin, Thomas Henry Huxley.

⁹⁹ Ch. DARWIN, *The Origin of Species by Means of Natural Selection or the Preservation of favoured races in the Struggle for Life*, 6th ed., John Murray, London 1899, p. 92 (la traduction française est miennne). J'ai accentué certains termes valoratifs exprimant l'idée de progrès dans cet extrait qui veut en minimiser l'importance. Voir aussi sa critique à un progrès généralisé des espèces p. 163: «On ne saurait dire que l'acquisition d'une partie inutile fait monter un organisme dans l'échelle naturelle; car, dans le cas des fleurs closes et imparfaites que nous avons décrites plus haut, si l'on invoque un principe nouveau, ce serait un principe de nature rétrograde plutôt que progressive; or, il doit en être de même chez beaucoup d'animaux parasites et dégénérés».

évolutifs proches dans sa théorie, posent un problème de progressivité (ou non) de l'évolution, problème encore débattu de nos jours.¹⁰⁰ Néanmoins, il utilise sans cesse quantité d'exemples de domestication évolutive et insiste sur le parallélisme entre sélection naturelle et artificielle, appuyant ainsi l'idée de progrès: élevage, arboriculture, floriculture, colombophilie, etc.

La lecture du 4^e chapitre de l'*Origine des espèces*, me semble éclaircir la pensée de Darwin. Il soutient l'idée d'un *progrès de la biosphère ou des espèces en général*, mais pas nécessairement un progrès particulier d'une espèce ou d'un individu:

«Nous arrivons ainsi à ce singulier résultat, que les caractères ayant la plus grande importance pour le systématisateur, n'en ont qu'une très légère, au point de vue vital, pour l'espèce; mais cette proposition est loin d'être aussi paradoxale qu'elle peut le paraître à première vue, ainsi que nous le verrons plus loin en traitant du principe génétique de la classification. Bien que nous n'ayons aucune preuve certaine de l'existence d'une tendance innée des êtres organisés vers un développement progressif, *ce progrès résulte nécessairement de l'action continue de la sélection naturelle, comme j'ai cherché à le démontrer dans le quatrième chapitre*. La meilleure définition qu'on ait jamais donnée de l'élévation à un degré plus élevé des types de l'organisation, repose sur le degré de spécialisation ou de différenciation que les organes ont atteint; or, cette division du travail paraît être *le but vers lequel tend la sélection naturelle*, car les parties ou organes sont alors mis à même d'accomplir leurs diverses fonctions d'une *manière toujours plus efficace*».¹⁰¹

La théorie de Darwin tente d'expliquer une évolution extrêmement lente mais globalement progressive de l'organisation des vivants, sur des échelles temporelles paléontologiques – donc pratiquement imperceptibles à nos brèves expérimentations –. Pour preuve supplémentaire, il utilise un vocabulaire progressiste jusque dans le titre de son œuvre principale et dans l'appellation de sa théorie: «*favoured races*», *evolution / evolutionist*.¹⁰² En fait, la plupart des darwinistes – et Darwin lui-même – dessinent divers arbres évolutifs.¹⁰³ La no-

¹⁰⁰ Pour une analyse des relations complexes entre darwinisme et téléologie, voir: D. WANDSCHNEIDER, *On the Problem of Direction and Goal in Biological Evolution*, in V. HÖSLE and Ch. ILLIES (eds.), *Darwinism & Philosophy*, cit., pp. 196-215; L. R. KASS, *Teleology and Darwin's "The Origin of Species": beyond Chance and Necessity*, in S. F. SPICKER (ed.), *Organism, Medicine and Metaphysics*, D. Reidel, Dordrecht 1978, pp. 97-120; E. MAYR, *Après Darwin. La biologie, une science pas comme les autres*, cit., p. 38: «On était convaincu de la tendance intrinsèque de la Nature à progresser vers son but ultime. Cette conviction était également partagée par ceux qui ne croyaient pas en un Dieu tout puissant, mais étaient convaincus de l'existence d'une tendance lente du monde à se perfectionner constamment. Cette conviction est la téléologie cosmique». Notons que Mayr rejette toute téléologie cosmique.

¹⁰¹ Ch. DARWIN, *The Origin of Species*, cit., p. 164.

¹⁰² *Ibidem*, pp. 177, 187-189, 201, 265, 398.

¹⁰³ Voir L. BOSSI, *Histoire naturelle de l'âme*, PUF, Paris 2003, pp. 139-171.

tion d'ancêtre commun est liée à celle d'arbre¹⁰⁴ puisqu'elle rejoint une bifurcation passée, un embranchement, d'espèces divergentes. Selon ce schéma, la vie s'est développée à partir de quelque cellule vieille de 3 à 4 milliards d'années, le LUCA (*Last Universal Common Ancestor*), *ancêtre commun* initial. Nous n'en serions que le développement interne. Chaque mort individuelle est l'interruption d'une trajectoire vivante continue depuis cette racine initiale.

Dans cette perspective, certains se sont demandé si l'arbre de la vie pouvait être le seul vrai *Individu*? Cette vision proche du monisme biologique s'observe dans diverses théories depuis Haeckle jusqu'à Dennet. On en retrouve des accents dans l'élan vital bergsonien, l'hypothèse Gaia de Lovelock, le réseau de la vie de Fritjof Capra, mais aussi paradoxalement chez le concepteur de l'*évolution par sauts*, Stephen Jay Gould, où la croissance de l'arbre n'apparaît plus verticale, mais erratique, omnidirectionnelle, comme un buisson.¹⁰⁵ Bergson voit aussi un développement éclaté de l'*élan vital*, qui explore les diverses possibilités offertes à sa spontanéité qui se déploie en divergeant.¹⁰⁶ Pour Bergson, la seule finalité philosophiquement acceptable est externe, mais sans plan préétabli, ouverte à l'imprévisible, à l'accident.¹⁰⁷ La finalité bergsonienne n'est pas plus celle d'un *plan entéléchique* immanent aux substances que d'un *Dessein* divin préconçu: c'est la Vie dans son ensemble, unité et durée, l'*élan vital*, la spontanéité vivante, qui mériterait proprement le

¹⁰⁴ Cf. Ch. DARWIN, *The Origin of Species*, cit., pp. 97-98.

¹⁰⁵ Stephen Jay Gould nia tout progrès interne des vivants au moins depuis l'explosion phylogénétique du Cambrien (cf. S. J. GOULD, *Wonderful Life: The Burgess Shale and the Nature of History*, Norton, New York 1989). Il développe cette idée de «progrès apparent» qui émerge de variations aléatoires en développant les possibilités incluses dans l'apparition plus ou moins brusque d'une «barrière minimale de complexité» (cf. S. J. GOULD, *Life's Grandeur: the Spread of Excellence from Plato to Darwin*, Random House, New York 1996). Cette justification rentre néanmoins dans le cadre de sa théorie des équilibres ponctués et des «*exaptations*».

¹⁰⁶ Cf. H. BERGSON, *L'Évolution créatrice*, dans *Œuvres*, PUF, Paris 1959, p. 582: «... [2] l'évolution ne dessine pas une route unique, [3] elle s'engage dans des directions sans pourtant viser des buts, et [4] enfin elle reste inventive jusque dans ses adaptations»; p. 609: «L'erreur capitale, celle qui, se transmettant depuis Aristote, a vicié la plupart des philosophies de la nature, est de voir dans la vie végétative, dans la vie instinctive et dans la vie raisonnable trois degrés successifs d'une même tendance qui se développe, alors que ce sont trois directions divergentes d'une activité qui s'est scindée en grandissant. La différence entre elles n'est pas une différence d'intensité, ni plus généralement de degré, mais de nature».

¹⁰⁷ *Ibidem*, pp. 529-530: «Si radicale que notre thèse elle-même puisse paraître, la finalité est externe ou elle n'est rien du tout. Considérons en effet l'organisme le plus complexe et le plus harmonieux. Tous les éléments, nous dit-on, conspirent pour le plus grand bien de l'ensemble. Soit, mais n'oublions pas que chacun des éléments peut être lui-même, dans certains cas, un organisme, et qu'en subordonnant l'existence de ce petit organisme à la vie du grand, nous acceptons le principe d'une finalité externe. La conception d'une finalité toujours interne se détruit ainsi elle-même».

nom d'individu. Dans une position proche du bergsonnisme, la *Process Philosophy* développe cette spontanéité constructive immanente, que Peirce nomme *tychisme* (du grec *tyche* - hasard, chance).¹⁰⁸

Bref, on peut s'étonner de la suspicion envers la progressivité chez beaucoup de darwinistes. L'explication se trouve peut-être dans une certaine idéologisation de l'évolutionnisme philosophique,¹⁰⁹ comme le laisse supposer la transmission de cette suspicion à d'autres concepts ou théories voisins: l'aristotélisme¹¹⁰ avec ses causes finales et formelles (finalité et formes), la scolastique, le lamarckisme, l'épigénétique,¹¹¹ l'anthropocité, l'arbre évolutif, la différence entre l'homme et l'animal, etc.¹¹²

Face à l'antiprogressisme et au monisme biologique, la théorie de Dieter Wandschneider¹¹³ me semble plus convaincante. Wandschneider défend la directionnalité de l'évolution darwinienne et introduit une nouvelle version de la *Scala Naturae*. Sa théorie contient une finalité nouvelle, et essaie de tirer toutes les conséquences des principes darwiniens de sélection naturelle et de variations aléatoires. Il distingue entre une évolution horizontale et une évolution verticale. En fait ces évolutions sont mêlées, mais leur distinction méthodologique sert à mieux comprendre le double mécanisme évolutif. L'évolution horizontale résulte d'une diversification, un accroissement de diversité fondé sur la capacité des espèces à survivre dans l'environnement, par l'occupation adaptative des niches libres, idéalement sans compétition directe. Une fois les niches occupées, l'évolution horizontale s'arrête. On observe une certaine verticalité dans la compétition ou confrontation entre espèces ou individus

¹⁰⁸ Plus qu'Alfred North Whitehead, le plus connu des processistes, je citerai les philosophes Charles Sanders Peirce et Charles Hartshorne. Pierce voit dans l'évolutionnisme darwinien un *tychisme* sans référence à un plan préétabli, et cependant générateur d'ordre. Cf. S. PETRILLI, *The semiotic universe of abduction*, «Semiotica. Revue de l'Association Internationale de Sémiotique», 153 (2005), pp. 23-51, spécialement p. 31 (accès libre pour anciens numéros de la revue à : <http://www.atypon-link.com/wdg/toc/semi/2005/153-1-4>).

¹⁰⁹ Cf. M. ARTIGAS, *Las fronteras del evolucionismo*, Eunsa, Pamplona 2004.

¹¹⁰ Pour une critique des préjugés sur le finalisme chez Aristote voir M. R. JOHNSON, *Aristotle on Teleology*, cit.; R. J. CAMERON, *Teleology in Aristotle and contemporary Philosophy of Biology*, cit. (cf. http://web.archive.org/web/2001010120050101re_/http://www.colorado.edu/philosophy/fac/cameron/diss/diss.pdf).

¹¹¹ L'épigénétique connaît aujourd'hui un regain d'intérêt après les rendements ridicules des clonages de mammifères et des cellules souches embryonnaires, qui décurent beaucoup les réductionnistes génétiques.

¹¹² Voir par exemple dans le numéro de juillet 2007 de «*Pour la Science*» (version française de la revue de vulgarisation «*Scientific American*»), les positions antifinalistes et antiprogressistes du paléoanthropologue français Pascal Picq qui semblent pour le moins exagérées et idéologiques.

¹¹³ D. WANDSCHNEIDER, *On the Problem of Direction and Goal in Biological Evolution*, cit., pp. 196-215.

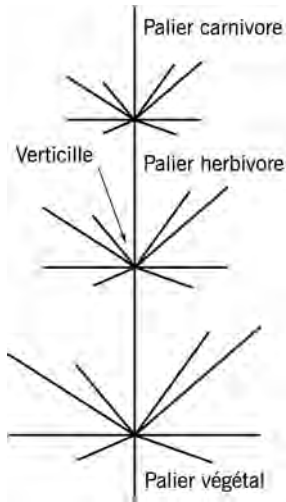
plus ou moins adaptés pour la même niche. Lorsqu'il y a compétition pour la même niche, il s'agit d'être le meilleur, le plus apte (*fittest*).

Mais une évolution proprement verticale apparaît dans l'échelonnement évolutif cumulé (comme extensible par *upgrades*), qui utilise les résultats évolutifs antérieurs comme point de départ pour une nouvelle étape évolutive dans la biosphère: une fois que les plantes ont exploré et rempli les niches écologiques de leur niveau avec plus ou moins de succès, elles produisent et deviennent à leur tour des nouvelles niches pour des vivants d'un autre niveau, les animaux. Ceux-ci utilisent les ressources végétales pour occuper une dimension évolutive différente. Le progrès darwinien n'est pas directement lié à une meilleure adaptation, mais surtout à un accroissement vertical de complexité et d'efficacité. Le mouvement évolutif vers plus de complexité va de pair avec un gain d'autonomie de plus en plus grand. Wandschneider arrive à une conclusion qui pourra déplaire à quantité d'évolutionnistes: l'évolution tend à la production d'un corps qui s'affranchit du processus de Sélection naturelle, s'autonomise, comme le cas humain: ainsi l'évolution tendrait à produire l'homme autonome. Pour Wandschneider, l'évolution darwinienne n'est qu'une étape de l'évolution, précédée par une évolution chimique et suivie d'une évolution culturelle où l'homme est capable pour contrôler sa propre évolution et celle de l'entière biosphère. L'homme ne s'adapte plus à l'environnement, mais se construit un environnement adapté à ses besoins ou ses désirs. Même si ces trois évolutions coïncident chez l'homme, leur nature, vitesse et plasticités évolutives sont très différentes, favorisant fortement l'influence prépondérante de l'évolution artificielle (évolution culturelle, et peut-être dans un avenir proche génétiquement contrôlable) une fois qu'elle est apparue. En fait, la complexification entraîne une accélération de l'évolution. Ainsi, les durées paléontologiques des unicellulaires se comptent en milliards d'années, le développement des pluricellulaires et animaux inférieurs en centaines de millions d'années, les animaux supérieurs en quelques dizaines de millions d'années. Mais le processus s'accélère drastiquement si un être, l'homme, arrive à contrôler l'évolution, c'est-à-dire les mutations, la sélection, l'environnement, les espèces, la vie biologique.

8. «AUTONOMIE DÉPENDANTE» DU NIVEAU SUPÉRIEUR ENVERS L'INFÉRIEUR

8. 1. *Les verticilles de l'arbre évolutif*

La théorie endosymbiotique a changé notre vision de l'arbre évolutif (e.g. endosymbiose des mitochondries et des chloroplastes dont la fonction chlorophyllienne oxygénéise l'atmosphère). L'arbre ressemble plus à un réseau avec des sauts d'un phyla à l'autre. En outre, les explications de Wandschneider



conduisent à concevoir une nouvelle structure dans l'arbre évolutif: il est *verticillé*, combinant des évolutions horizontales et verticales, non pas comme un buisson erratique ou à simple croissance verticale. En botanique, la verticillité se définit par un type de croissance en paliers: elle présente une série verticale de nœuds appelés verticilles, d'où partent des croissances horizontales en buisson (comme l'épicéa par exemple). Ainsi, selon l'exemple de Wandschneider, la chimie organique autorise un premier palier évolutif dans l'apparition des cellules. Cette biochimie végétative permet à son tour l'éclosion des plantes. Le palier herbivore qui suivra ne peut s'édifier sans une constitution préalable et suffisante du palier végétal. De même, le palier carnivore exige l'élabora-

tion de l'herbivore. Le palier culturel supérieur n'est occupé que par l'homme. En fait quantité d'autres paliers sont discernables et certaines branches peuvent à leur tour présenter une évolution verticillée.

Les *verticilles évolutifs* correspondent à des accidents catastrophiques, à des sauts précurseurs de nouvelles dimensions évolutives, à l'apparition de nouveaux règnes ou ensembles de *phyla* vivants. Ils sont liés à l'acquisition plus ou moins fortuite par un ancêtre commun générique (éventuellement plusieurs) de structures émergentes à capacités élevées: mécanismes énergétiques liés à l'ATP, endosymbioses, organismes multicellulaires, archentéron, différenciation cellulaire, systèmes organiques (digestif, circulatoire, respiratoire, moteurs, nerveux et sensitifs), etc.

Chaque nouveau verticille explore en buisson l'espace des nouvelles niches. La diversification évolutive est généralement énorme (explosion phylogénétique), mais est assez rapidement¹¹⁴ suivie d'une récession due aux luttes entre espèces pour l'occupation d'une même nouvelle niche. Les espèces nouvelles survivantes et leurs nouvelles structures dépendent matériellement du système antérieur qui doit rester actif. La complexité se diversifie et en général, croît, parce qu'elle utilise des processus chaque fois plus complexes et plus riches en possibilités et en potentialités.¹¹⁵ De fait, elle réutilise les complexités antérieures pour de nouvelles fonctions, un peu comme la croissance informatique: les ordinateurs et processeurs actuels servent de point de départ et d'aide à la conception et l'élaboration des machines plus sophistiquées de la

¹¹⁴ Aux échelles de temps géologiques, c'est-à-dire en quelques millions d'années.

¹¹⁵ Les possibilités sont comparables aux puissances passives du niveau systémique, alors que les potentialités sont des puissances actives.

génération suivante. Chaque niveau émergent est doté de nouvelles potentialités dans un espace de nouvelles possibilités ou niches. La plasticité évolutive du niveau et de ses potentialités se mesure dans sa capacité d'exploration de celles-ci, dans sa facilité et rapidité à occuper toutes les niches possibles pour ce niveau systémique.

Les bactéries et les plantes ont leurs niveaux d'organisation et leurs adaptations optimales selon leurs niches propres, selon des dimensions évolutives très différentes des animaux. Même s'il existe des fonctions exclusivement végétales (e.g. chlorophylle, racines, cellulose) et des plantes plus complexes que certains animaux simples, il y a globalement progrès, parce que l'ouverture des possibilités évolutives et l'espace des nouvelles niches explorables est nettement plus riche et développé. Les plantes autotrophes fournissent aux herbivores un environnement interactif plus large, plus varié et plus complexe que celui offert aux plantes par le milieu minéral inanimé. Il s'en suit que l'espace de complexification horizontale des herbivores est plus ample que celui des plantes. Cela ne signifie pas nécessairement plus d'espèces, mais plutôt une nouvelle dimension évolutive qui s'appuie sur le niveau précédent et s'adapte en se complexifiant dans une autre dimension écosystémique plus riche. N'oublions pas que les verticilles évolutifs sont additifs: l'évolution des animaux n'exclut pas celle des végétaux, au contraire, elle ouvre des possibilités supplémentaires inaccessibles auparavant (symbioses, plantes carnivores par exemple).

En fait on doit parler de progrès non pas seulement dans l'intensité et la variété de l'adaptation de type buissonnante, qui répond plus à un développement qu'à une véritable évolution, mais aussi dans l'émergence de paliers évolutifs autonomes (et cependant dépendants). Le mouvement de cette évolution est globalement ascendant, parce qu'il emboîte synergétiquement les nouvelles complexités sur les anciennes, comme pour la construction modulaire d'un édifice (fondations, structure générale, ornements).

8. 2. Le *Tabula rasa* initial et l'autonomie du supérieur

Les puissances opératives naturelles déterminent généralement l'agir *ad unum*. L'instinct animal permet de résoudre des cas précis: l'abeille danse en 8, le chien enterre sa nourriture, etc. Cependant, comme nous l'avons vu plus haut, lorsque le champ des possibilités est vaste et complexe, il peut être préférable de ne pas donner une solution toute faite, précablée, aux divers problèmes possibles, et de doter le système d'une ample autonomie, avec potentialité élevée, jointe à une capacité de détermination *ad casum*. L'autonomie ou la *déterminabilité* est une propriété essentielle des organismes supérieurs pour explorer efficacement les espaces de possibilités ouvertes à une puissance active. Le terme *déterminabilité* est préférable à celui d'autonomie, qui ne rend pas

compte de la *déterminabilité* “*ab alio*” comme dans l’apprentissage, l’éducation, l’empathie, l’imitation.¹¹⁶

La *déterminabilité* appliquée en cybernétique est encore une fois illustrative. Les premières sondes martiennes étaient fixes au sol. Elles étaient beaucoup moins intéressantes que la nouvelle génération de «sondes exploratrices» autonomes. Le *tabula rasa* et l’équipotentialité initiaux des sens, des puissances cognitives et opératives, n’est pas une simple indétermination, mais une *déterminabilité*, une capacité prête à lever l’indétermination. Par exemple, un cahier composé de pages blanches sert de support matériel à l’écriture de n’importe quel message; un écran de projection est blanc parce qu’il peut recevoir n’importe quelle image; le clavier d’un ordinateur permet d’écrire n’importe quel texte. De même, la polymérisation des bases ACGT de l’ADN sert potentiellement à la synthèse de n’importe quelle protéine; la transparence de l’humeur vitrée et du cristallin et le tapissage cellulaire de la rétine captent n’importe quelle image; la locomotion permet un déplacement sur le sol dans n’importe quelle direction. Ces autodéterminations *ad casum* octroie au vivant une capacité de réaction aux imprévus. Le cas paroxysmique est celui de la volonté libre humaine qui y adjoint une conscience téléologique, morale, gouvernatrice et exploratrice des actions possibles. Le champ de perceptivité des sens ou d’activité des puissances opératives ouvre chez l’homme le *in quo omnia fieri* et le *omnia facit* des connaissances sensible et intellectuelle, ainsi que de la volonté libre.

Les principes systémiques associés du *tamquam tabula rasa* et de l’*omnia fieri*¹¹⁷ se rencontrent aussi dans les phénomènes d’émergence de niveaux de complexité. Lorsqu’un système évolue, de nouvelles complexités peuvent émerger en son sein, irréductibles aux complexités antérieures. Elles jouissent alors d’une certaine autonomie, sans quoi il n’y aurait pas d’émergence: le type de complexité change dans cette émergence supérieure. Des sociologues systémistes comme Edgar Morin et Robin ont étudiés à partir des théories thermodynamiques de Heinz von Foerster le concept d’autonomie. Celle-ci présuppose une *dépendance énergétique* par rapport à l’environnement. Mais Morin montre que cette dépendance est également informative et organisatrice. Même si je n’accrédite pas toutes les thèses de Morin, l’idée qu’il développe est essentielle pour le concept de vie: *l’autonomie croît avec la dépendance*.¹¹⁸ L’ordinateur ou le téléphone portable nous offrent plus de possibilités et

¹¹⁶ Ces capacités sont particulièrement développées chez les animaux jouissant de «neurones miroirs» dont j’ai parlé ci-dessus.

¹¹⁷ Ce concept de *tabula rasa* ou *tabula in qua nihil scriptum est* (tablette vide où rien n’a encore été écrit, permet d’écrire n’importe quoi), est souvent repris depuis Aristote (III de *Anima*): cf. par exemple *S. Th.* III^a, 9, 1, c.; *C. G.*, II, 49.

¹¹⁸ E. MORIN, *La Méthode. 2 - La Vie de la Vie*, Seuil, Paris 1980, p. 148.

d'autonomie qu'auparavant (plus de liberté au niveau supérieur d'utilisation pour la communication et le travail), nous sommes cependant devenus plus dépendants de la technologie (du niveau inférieur du hardware/software). De la même façon, l'autonomie formelle plus grande du vivant est assurée par une dépendance matérielle vis-à-vis des niveaux structurels inanimés inférieurs. Un verticille évolutif introduit des nouvelles capacités d'autonomie qui vont développer un nouvel écosystème se basant sur le verticille inférieur. Les herbivores peuvent se permettre d'être hétérotrophes et éliminer avantageusement certaines structures plus ou moins lourdes que les plantes autotrophes doivent supporter. Mais les premiers dépendent ainsi matériellement plus des seconds. Presqu'à chaque niveau émergeant, la vie ouvre un nouveau type d'autonomie. Cette autonomie formelle est directement liée à la plasticité évolutive d'exploration de l'espace des nouvelles niches libres.

L'important est de remarquer que le niveau supérieur n'est pas formellement déterminé par le niveau inférieur, même s'il dépend de lui dans son fonctionnement matériel. L'autonomie n'est pas synonyme d'indépendance, dans le sens où une autonomie totale est impossible à réaliser, elle doit s'appuyer sur un système fonctionnel inférieur. Cependant, dans certaines conditions, le niveau inférieur peut accorder au supérieur un champ de formes ou d'activités autonomes, c'est-à-dire indéterminable par le niveau inférieur. En fait la vie garantit une *neutralité formelle* du niveau inférieur vis-à-vis du niveau supérieur. Ainsi, l'inférieur *se structure matériellement pour offrir une autonomie formelle* (équipotentialité, plasticité, *tabula rasa*, liberté de mouvement, adaptabilité, etc.), ou mieux, une *déterminabilité*, qui correspond à un type particulier de finalité naturelle.

9. CONCLUSIONS

Les partisans d'une séparation entre philosophie et science estiment que le rejet scientifique de la téléologie s'explique simplement parce que la philosophie est censée répondre à la question du *pourquoi* typique de la causalité finale, alors que la science s'occupe fondamentalement du *comment* et donc des causalités matérielles et efficientes. Quoique fondée, une telle position ne doit pas être exagérée, parce qu'elle risque de conduire à une rupture dans l'unité du savoir, voire à sa désintégration et à des affrontements. La distinction entre philosophie et science doit mener à une harmonie, non à une séparation.

Comme le montre Ernst Mayr, l'analyse de la finalité manifeste le statut spécial de la biologie, au centre du débat sur les origines de l'univers matériel, de la vie et de l'homme. Les modèles physico-chimiques ou mathématiques apparaissent pauvres et insuffisants pour décrire adéquatement la vie. L'analyse des conditions d'apparition de la vie dans une perspective finaliste conduit aux discussions sur le *principe anthropique*, qui pourrait être appelé *principe biotique*,

et sur la cohérence et l'originalité des lois et des constantes physiques, spécialement la valeur critique de la constante de structure fine électromagnétique ($\sim 1/137,036$) autour de laquelle s'édifient toutes les structures biochimiques. Les théories modernes de l'évolution, des cellules, des gènes, des systèmes complexes et des réseaux aident à comprendre le phénomène vivant, mais de manière moins précise et prédictive que les sciences exactes. Des difficultés de modélisation et de définition apparaissent pour des concepts clefs. Le chaos, l'entropie et les structures dissipatives ne s'analysent pas en biologie comme en physique thermodynamique. Le traitement, la transmission et la mémorisation de l'information complexe diffèrent de l'informatique, des télécommunications, des principes de Shannon et de Kolmogorov. La sélection filtre le hasard d'une manière difficilement modélisable à cause des capacités de *feedforward*, des contrôles épigénétiques, mutationnels ou comportementaux, qui brouillent les relations entre espèces et individus.

Ce statut plus vaporeux de la biologie explique la plus grande divergence d'opinions et d'écoles, spécialement en biologie évolutive. De même, l'applicabilité de principes heuristiques comme la parcimonie (rasoir d'Ockham), l'adaptation, la programmation, la codification ou la finalité, appelle à plus de prudence et de nuances que pour les sciences exactes. La biologie est aussi aisément victime de l'idéologisation.

La biologie moderne offre de nouveaux paradigmes finalistes aux sciences humaines et aux techniques: attracteurs, *feedforwards*, paysages épigénétiques, programmes, réseaux, etc. La plasticité est l'un des concepts clef pour comprendre les vivants. La vie possède une prédisposition à ouvrir et explorer des champs de potentialités étendues, qui s'imbriquent en niveaux stratifiés. L'acquisition d'un niveau de plasticité suit fréquemment l'émergence de nouvelles structures interactives (biosymbiose, systèmes respiratoire, nerveux et sensitifs, etc.). Ce niveau émergent jouit d'une autonomie formelle, mais aussi avec une forte dépendance matérielle vis-à-vis des niveaux inférieurs, et constitue une ouverture à une nouvelle dimension, à une diversification étendue: l'équipotentialité biologique, les possibilités combinatoires de l'ADN ou des protéines, les replis polyvalents et complémentaires des macromolécules, la potentialité des cellules souches, l'élasticité, la modularité, la fractalisation, l'adaptabilité, la création de nouveaux espaces de liberté, de nouvelles niches explorables d'un écosystème, la verticillité évolutive, le *tabula rasa* initial ouvert à l'*omnia fieri* des connaissances sensibles et intellectuelles, etc.

Dans la ligne du débat entre vitalisme et mécanisme, la philosophie de la biologie reste ballottée par les controverses entre finalité et hasard, dessein et automatisme. Les opinions modernes dans ce domaine sont très diversifiées, allant de l'*Intelligent Design* et de la *Process Philosophy*, au réductionnisme néodarwiniste. Les apports originaux de scientifiques et de philosophes comme Wiener, Waddington, Thom, Keller, Jablonka et Lamb amorcent un mouve-

ment pluridisciplinaire en biologie qui remet à l'honneur les finalités internes et une certaine téléologie chez les vivants, exempt des erreurs vitalistes.

Finalement, la présence de finalité biologique interne me semble indéniable. On pourrait se poser la question des finalités externes. Il en existe aux niveaux relationnels et humains. Mon propos se limitait à montrer que la finalité biologique existe et est active. Le problème de la finalité externe de type cosmique touche davantage la philosophie que la science. Divers évolutionnistes de Darwin à Dawkins ont d'ailleurs employé des arguments philosophiques pour soutenir leurs doutes ou leurs refus d'une téléologie dite «cosmique»: la présence d'erreurs, de monstres, de mal, d'imperfections, leur semble incompatible avec un Dieu tout-puissant et bienveillant. Comme l'a montré Muñoz-Rubio, Darwin hésitait et se sentait comme obligé d'accepter une telle téléologie cosmique, justement parce qu'il se refusait au réductionnisme de l'*horloger aveugle*. Défenseur du gradualisme et de la cruelle indifférence de la nature, il ne pouvait voir une telle finalité ni dans les petites variations graduelles, qu'il considérait aléatoires, ni dans la sélection aveugle et lente, qu'il voyait naturelle. Néanmoins Darwin ne pouvait faire cadrer sa théorie avec le problème de l'origine de l'être, inhérent à toute démarche: d'où viennent les lois, la vie? Ce commencement parût à Darwin trop éloigné des analyses scientifiques, incapables de nier l'existence de Dieu. Darwin hésitera sur cette question, tiraillé entre monothéisme, déisme, agnosticisme et athéisme. L'élimination a priori de cette téléologie dans le cadre réduit de sa théorie lui semblait fort discutable.

La notion de *cause finale* est étudiée en philosophie dans ses fondements et ses principes métaphysiques. Mais elle est utilisable en sciences comme beaucoup d'autres notions philosophiques, entre autre pour donner raison des relations entre ses objets, comme dans l'exemple des migrations chez Mayr. Des niveaux interdisciplinaires existent entre la philosophie des sciences et de la nature, la physique, la chimie, les mathématiques et la biologie. La vision qu'offre chaque science est partielle, malgré des bases philosophiques communes (causes, action, logique, lois, intelligibilité, etc.). La confusion et l'oubli de cette interdisciplinarité engendrent des conflits dans les relations entre sciences, philosophie et foi. Un scientifique sans bases philosophiques est porté à une vision réductrice qui correspond plus au scientisme qu'à la science véritable. Une chose est l'abstraction méthodologique de certaines notions philosophiques, autre chose est la vision réductrice matérialiste qui rejette toute causalité finale.

La compétence du scientifique dans le domaine philosophique est limitée. Les tentatives de l'*Intelligent Design* me semblent attiser la confusion. Elles tombent dans le piège du réductionnisme biologique, comme leurs opposants. La vision darwiniste ou même biologique, plus floue et vaporeuse, ne peut prétendre à être le seul arbitre de la vérité. Je suis partisan d'une approche plus

globale, scientifique et métaphysique, incluant à côté des sciences, la méthode historique, la fiabilité des témoignages, le raisonnement philosophique, etc. La biologie ou le darwinisme ne peuvent se considérer isolément, sans chercher leur compatibilité rationnelle avec les autres niveaux de connaissance. Le darwinisme n'offre qu'une explication partielle du mouvement évolutif. La sélection naturelle tend elle-même à se libérer de ses propres contraintes, vers l'autodépassement, l'autodéterminabilité. Sa tendance finaliste vers un meilleur contrôle et une déterminabilité plus étendue, lutte pour dépasser et exploiter l'entropie, le hasard, l'environnement, les niveaux sélectionnés inférieurs, la passivité de la matière, pour optimiser des formes vivantes toujours plus autonomes. En ce sens la sélection naturelle est sélectionnée pour sa capacité à s'affranchir des limites inférieures et à être complétée par un niveau intelligent et libre, de type humain, où elle fait place au règne de la sélection et du contrôle artificiels.

ABSTRACT: The aristotelian concept of a natural final cause, often wrongly considered as anti-science, is rehabilitated especially in biology, with the help of recent studies of philosophers of sciences like Mayr, Maynard Smith, Ayala, Artigas, Wandschneider, Muñoz-Rubio, Jablonka and Lamb. To distinguish various types of finalism, focus is put on the neologisms teleology and teleonomy, on the heuristic use of biological finalism in modern sciences (data processing, semiotics, cybernetics, chaos, catastrophe and system theories) leading to the finalistic concepts of function, attractor, Monte Carlo selection, anticipation, preadaptation, feedback and feedforward, free-scale networks. Those biological concepts show tendencies towards utility and optimization, particularly in the morphogenesis and evolution analogies, allowing the prediction of generic forms for the living organs. Living bodies can take advantage of chaos and chance itself, to control or accelerate their reactions, their evolution, to create and explore new niches or possibilities, to free themselves from passive fixism, etc. Darwinism thus is surpassed and included in a broader and moderated vision, restricted to an intermediate and nonexclusive stage. The evolution is four-dimensional: the genetics is completed with the epigenetic and a certain neolamarckism. Grounded on the concepts apposite for life, of "dependant autonomy", determinability, plastic equipotentiality, tabula rasa, the article proposes a new vision of phylogenesis, evolving in a verticillate stratification to a progressive liberation from material constraints and Natural Selection itself, as evidenced in the case of man.