

RESEARCH OUTPUTS / RÉSULTATS DE RECHERCHE

Aux sources de la liberté dans l'ordre du vivant avec le concept de "dégénérescence"

Laurent, Nathanael

Published in:
Revue des Questions Scientifiques

Publication date:
2004

[Link to publication](#)

Citation for pulished version (HARVARD):

Laurent, N 2004, 'Aux sources de la liberté dans l'ordre du vivant avec le concept de "dégénérescence"', *Revue des Questions Scientifiques*, vol. 175, numéro 4, pp. 383-405.

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal ?

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Aux sources de la liberté dans l'ordre du vivant avec le concept de « dégénérescence »

NATHANAEL LAURENT

*Facultés Universitaires Notre-Dame de la Paix, Namur et
Université Catholique de Louvain, Louvain-La-Neuve, Belgique.*

1. UN RENVERSEMENT ÉPISTÉMOLOGIQUE

Depuis le XVII^e siècle, les sciences n'ont fait que confirmer leur pouvoir de maîtrise sur la nature en général, et l'être humain en particulier. Elles sont ainsi devenues véritablement le moteur d'une civilisation moderne toute entière tournée vers le savoir partagé et les développements techniques. Cependant, alors que des découvertes aussi importantes que l'énergie nucléaire, l'ordinateur, ou le génie génétique, apparaissaient à l'horizon des artefacts humains, surgissaient en même temps certaines contraintes inhérentes à la nature même de la démarche scientifique.

Comme le reconnaît le biologiste américain Gerald M. Edelman, la révolution qui survint au XX^e siècle, et qui est selon lui la plus grande de tous les temps, réside

« dans notre conception de l'observateur scientifique et dans l'extension de la généralité de la pensée scientifique. »¹

¹ EDELMAN G. M., 1992, *Biologie de la conscience*, Odile Jacob, Paris, p. 308 (trad. fr. par Ana Gerschenfeld).

Ce qui se traduit par le fait que nous sommes désormais contraints de prendre en compte les choix conscients des observateurs (cf. la mécanique quantique) et leur position physique (cf. la théorie de la relativité). Or, si c'est bien le rôle ambigu de *l'observateur* qui est ici soulevé, il convient de suivre les conséquences d'un tel phénomène jusque dans les aspects biologiques, et plus particulièrement comportementaux, de ce dernier. C'est ce que fit notamment le philosophe français Maurice Merleau-Ponty dès les années 40, en appliquant le principe d'incertitude à la conscience vivante elle-même :

« Ce qui peut m'être donné dans le mode de l'actualité comme une perspective concrète, n'est donné [au spectateur] que dans le mode de la virtualité, comme une signification, et inversement. »²

On comprend ainsi que l'observateur ait progressivement fait l'objet de toute l'attention des cybernéticiens – on parle de la cybernétique de second ordre qui succéda à celle de premier ordre s'étant limitée aux systèmes observés – à partir notamment des travaux de Heinz von Foerster, et de l'école de Palo Alto (Gregory Bateson et Don D. Jackson entre autres). Pour résumer, on peut dire que la *subjectivité* refaisait son entrée dans le champ de préoccupation de certains scientifiques, en s'inscrivant au sein du paradigme constructiviste. C'est ce dernier qui permit le développement des notions importantes d'autonomie, d'auto-organisation, puis d'autopoïèse. On découvrait alors que notre compréhension du monde était irréductiblement liée à l'observateur, mais donc aussi à tout sujet et, finalement, à tout individu vivant³. Le *paradoxe* devenait criant : non seulement le biologiste ne pouvait plus ignorer l'impact de sa propre subjectivité dans sa manière d'observer et d'expérimenter le monde, mais il devait à présent reconnaître en plus l'existence de la subjectivité propre à l'organisme vivant qui faisait l'objet de son étude.

Une des conséquences les plus importantes d'un tel retournement épistémologique est sans doute le rapprochement considérable entre la biologie et la sociologie qu'il induit. En effet, si toute observation contient

² MERLEAU-PONTY M., 1942, *La structure du comportement*, P.U.F., Paris, 1972, p. 234.

³ Il conviendrait de dire que l'on *redécouvrait* tout cela, puisque les travaux précurseurs de J. von Uexküll et Kurt Goldstein notamment, avaient déjà montré la nécessité de revenir à la vision du monde *pour l'individu* et non plus seulement *selon la science*.

nécessairement une perspective propre à l'observateur, et que l'objet observé est un organisme vivant (par exemple un sujet humain), alors l'acte d'observation devient véritablement une *relation* et, dans le cas particulier de l'homme, une *conversation*, à savoir une rencontre entre deux perspectives sur le monde. C'est dans le domaine des sciences cognitives que cette révolution se marque aujourd'hui le plus, avec ce que le philosophe français Daniel Andler appelle le « déplacement du centre de gravité » des sciences cognitives depuis les aspects individuels vers les aspects sociaux de la cognition⁴.

Ce que nous proposons dans cet article, c'est une nouvelle manière d'éclairer cette évolution épistémologique récente à travers l'émergence d'un nouveau concept, celui de *dégénérescence*, qui fut introduit et employé sous sa nouvelle acceptation par les généticiens et physiciens, avant d'être développé comme nous allons le voir par Gerald M. Edelman. Si, dès 1942, Merleau-Ponty définissait le comportement comme une « mélodie cinétique » et une « improvisation », aujourd'hui encore, pour les sciences cognitives, le problème est bien de comprendre comment un être vivant arrive à survivre dans un environnement imprévisible. Face à ce défi lancé par la nature à l'intelligence humaine rationnelle, on admet de plus en plus qu'aucun programme, ou code logique, ne pourra jamais satisfaire une telle exigence. Comme le montre le psychologue Michael Tomasello, l'enfant humain rencontre dès l'âge de neuf mois le monde à travers l'intentionnalité – la sienne et surtout celle d'autrui – et commence à faire des *choix* qui sculptent peu à peu sa personnalité. Ces choix ne sont pas programmés mais, bien plutôt, forment les traces d'*un chemin qui se fait en cheminant*⁵.

Nous verrons qu'il est possible de faire un lien intéressant entre ces idées et celles d'Edelman. Pour ce dernier, en effet, c'est bien une certaine forme d'indétermination qui est la source de toute liberté individuelle. Il en explicite le fonctionnement au moyen du concept de *dégénérescence* qui retiendra toute notre attention. Nous verrons comment cette propriété qui confère aux systèmes biologiques un pouvoir de *créativité* en misant sur une certaine forme

⁴ ANDLER D., 2004, « Conclusion », in *Introduction aux sciences cognitives*, Editions Gallimard, Paris, nouvelle édition augmentée.

⁵ « Se hace camino al andar » comme l'a si bien écrit le poète espagnol Antonio Machado, ce qui peut se traduire par « en marchant se construit le chemin », ou « chemin faisant ».

d'indétermination au niveau *relationnel*, pourrait bien devenir un élément important de notre compréhension du vivant.

2. GERALD M. EDELMAN ET LE CONCEPT DE DÉGÉNÉRESCENCE

2.1. Introduction.

Bien que le terme « dégénérescence » ait été employé avant lui par des biologistes et des physiciens, on doit au prix Nobel⁶ américain Gerald M. Edelman d'avoir compris et exploré le véritable champ d'application d'une telle propriété. Par reconnaissance pour sa grande lucidité, nous commencerons par commenter l'usage qu'il fit de la notion de dégénérescence, et ce dès le tout début de ses recherches sur le fonctionnement du cerveau humain. Nous parcourrons ensuite plusieurs exemples de dégénérescence, dont ceux du « code » génétique et du développement cognitif chez l'enfant.

Bon nombre des lecteurs d'Edelman ayant pris connaissance de ses idées et théories sur les facultés supérieures du cerveau, ignorent carrément l'existence de la dégénérescence. Et pour cause, l'ouvrage du biologiste américain le plus répandu et le plus lu à travers le monde, à savoir « Biologie de la conscience » (en anglais « *Bright Air, Brilliant Fire: on the Matter of the Mind* »⁷) n'en fait nullement mention. Pourtant, le fait que le terme « dégénérescence » n'apparaisse nulle part dans ce livre, ne signifie pas que la théorie d'Edelman ait pu se passer pour un temps de la propriété fondamentale qu'il véhicule. Rappelons que ce scientifique cherche à comprendre comment les valeurs *acquises* par l'individu au cours de situations passées, ainsi que celles qui lui sont *transmises* par la voie héréditaire, lui permettent d'*agir* de manière autonome et adaptée – et non de simplement *réagir* – à des situations

⁶ G. M. Edelman a reçu le prix Nobel de physiologie ou médecine en 1972, conjointement avec Rodney R. Porter, pour leurs découvertes concernant la structure chimique des anticorps. Dans les années qui suivirent, Edelman commença à s'intéresser à la « biologie de la conscience » et développa une théorie – inspirée en partie par le modèle sélectionniste de la théorie immunitaire – aujourd'hui connue sous le nom de « théorie de la sélection des groupes neuronaux ».

⁷ EDELMAN G. M., 1992, *Bright Air, Brilliant Fire: on the Matter of the Mind*, Basic Books.

nouvelles, sans cesse *différentes*, dans un contexte *imprévisible*. Voici sa réponse :

« [...] étant donné que de nouvelles associations peuvent apparaître dans ce contexte, que les entrées et les stimulus se modifient, et que *différentes combinaisons de groupes neuronaux sont susceptibles de produire des sorties semblables, une réponse catégorielle donnée de la mémoire peut être atteinte de plusieurs façons*. Ainsi, contrairement aux mémoires électroniques, la mémoire cérébrale est imprécise, mais elle possède, en revanche, de grandes capacités de généralisation.⁸ »

Les expressions que nous avons soulignées dans ce passage illustrent parfaitement ce que vise cette propriété de *dégénérescence* qu'Edelman ne définit pas dans son livre de 1992, mais dont il se servait déjà en 1978 pour construire sa toute jeune théorie. C'est ce que nous allons à présent voir plus en détail, afin de pouvoir comprendre comment cette forme d'*imprécision* dont essaye de rendre compte la dégénérescence peut prendre la valeur d'une condition de possibilité de toute forme d'expression du vivant.

2.2. Première définition de la dégénérescence.

Dans un article important publié en 1978⁹, Edelman soulève un problème crucial. Le principe de *sélection*, qu'il emprunte à Darwin et sur lequel il fonde tout son raisonnement, présuppose l'existence d'un ensemble suffisamment large de structures différentes (qu'il identifie à des groupes neuronaux) pour que le système nerveux soit capable de s'adapter à un environnement imprévisible. Or, il faut comprendre comment une telle adaptation à l'imprévu est possible, autrement dit comment l'organisme fait pour *prévoir l'imprévisible* ? Selon l'approche du darwinisme neuronal¹⁰, non seulement la

⁸ EDELMAN G. M., 1992, *Biologie de la conscience*, *op. cit.*, p. 158, souligné par nous.

⁹ EDELMAN G. M., 1978, « Group selection and phasic reentrant signaling : a theory of higher brain function », in *The Mindful Brain*, eds. Edelman G. M. & Mountcastle V. B., MIT Press, Cambridge, MA, pp. 51–100.

¹⁰ Notons que la même approche fut adoptée à la même époque par le neurobiologiste français Jean-Pierre Changeux. Elle repose sur une idée dont la paternité reviendrait, selon le philosophe Daniel Pinkas, à Daniel Dennett qui, en 1969, formula l'hypothèse de l'*évolution intracérébrale* : le cerveau se compose d'un « milieu interne » qui évolue parallèlement au milieu externe dans lequel l'organisme subit une pression sélective. L'évolution interne aurait favorisé le développement d'une faculté d'*apprentissage*

taille du répertoire de structures préexistantes, mais aussi la *spécificité* de la reconnaissance des signaux de l'environnement par ces éléments, sont des facteurs importants. Pour Edelman, les groupes neuronaux ont tous des propriétés « fonctionnelles » données *a priori*, en ce sens que chacun d'eux définit un câblage neuronal particulier ayant fait l'objet d'une sélection préalable (au cours de l'embryogenèse), et susceptible d'induire une « réponse » particulière :

« For the nervous system, we may define a primary repertoire as a diverse collection of neuronal groups whose different functions are already prespecified during ontogeny and development.¹¹ »

Edelman décrit la *fonction* d'un groupe neuronal en terme d'« assortiment » (« match ») entre un groupe neuronal et une configuration de signal particulière, à savoir une certaine aptitude à faire correspondre une réponse plus ou moins « adéquate » à un certain signal d'entrée. Les caractéristiques nécessaires pour qu'un répertoire (de groupes neuronaux dans le cas présent) puisse générer des réponses adéquates à des stimuli imprévisibles sont¹² :

1. Une *taille* suffisamment grande, de telle sorte qu'il existe une probabilité finie de trouver au moins un « matching element » dans le répertoire ;
2. Une *spécificité* suffisamment grande de la *reconnaissance* du signal. Cette reconnaissance spécifique est rendue possible grâce à l'aptitude qu'ont des groupes neuronaux différents de pouvoir « distinguer » sans erreur un signal d'un autre signal.

Cependant, la contrainte définie par l'« imprévisibilité » des signaux issus de l'environnement – « facing an unknown future »¹³ – empêche de concevoir le répertoire de réponses possibles comme une sorte de *programme* composé d'un ensemble d'instructions prédéfinies (tel un programme d'ordinateur). Ce

importante, tout en conservant une part suffisante d'indétermination génétique. Un tel « système nerveux inachevé » serait donc la « meilleure » réponse adaptative « sélectionnée par l'évolution ». Voir PINKAS D., 1995, *La matérialité de l'esprit*, La Découverte, Paris, pp. 361-362.

¹¹ *Ibid.*

¹² *Ibid.*

¹³ *Ibid.*

qui compte ici, c'est que l'organisme puisse *s'adapter par lui-même* à son environnement. Le seul moyen qu'Edelman trouve pour expliquer cette aptitude est d'envisager un système de sélection « dégénéré ».

La propriété de *dégénérescence* (« degeneracy ») permet en effet de répondre à la question suivante : quelles caractéristiques peuvent bien posséder des structures dans un répertoire dont la taille est limitée, pour pouvoir s'adapter à des situations *nouvelles* ? Lorsqu'il introduit cette notion en 1978, Edelman l'applique simplement aux répertoires de groupes neuronaux :

« By *degeneracy* I mean that, in general, given a particular threshold condition, there must be more than one way of satisfactorily recognizing a given input signal. This implies the presence of multiple neuronal groups with different structures capable of carrying out the same function more or less well.¹⁴ »

Ainsi, un système de reconnaissance est « dégénéré », lorsque plusieurs structures *différentes* de son répertoire peuvent remplir la même fonction. Notons déjà qu'Edelman ne distingue pas la *relation de reconnaissance* entre structures de répertoires différents, de la *relation entre structure et fonction*. Par contre, il précise sa définition de la propriété de dégénérescence en l'opposant à celle de *redondance* (« redundancy ») : on parlera de redondance lorsque seront présentes plusieurs structures *identiques* remplissant la même fonction.

Terminons cette première analyse de la dégénérescence en soulignant avec le biologiste américain que cette propriété n'est pas seulement une conséquence de la diversité des structures et de la sélection, mais aussi et surtout une *condition de possibilité* de cette dernière :

« [...] degeneracy is not just a likely consequence of mutational and selectional events acting on integrated and multilevel systems, but also that, in turn, it provides a rich substrate for selective events. »¹⁵

2.3. Reprise et développement du concept.

Il faut attendre un article de 1999¹⁶ pour voir réapparaître le concept de dégénérescence. En fait, Edelman et ses deux collaborateurs lui consacrent

¹⁴ *Ibid.*

¹⁵ *Ibid.*

alors toute leur attention en insistant sur la relation entre *dégénérescence*, *redondance* et *complexité*. Leur objectif est de clarifier l'ambiguïté associée au terme de « redondance », souvent constatée en parcourant la littérature, en proposant un arrière-plan théorique rigoureux.

Alors que la définition de 1978 est conservée, les auteurs prennent cette fois un point de départ quelque peu différent, qui leur ouvre d'emblée la voie à l'élargissement du concept. Pour ce faire, ils partent de l'observation que les systèmes biologiques contiennent des répertoires d'éléments (structures) qui ne sont jamais strictement identiques. Ce serait cette *diversité* primordiale qui, non seulement expliquerait la dégénérescence, mais en plus rendrait définitivement caduque l'idée de redondance. En effet, les auteurs voient dans ce dernier concept une référence plutôt à la pensée rationnelle humaine, et notamment à celle qu'incarne l'ingénieur : en plaçant dans un système plusieurs structures identiques capables de remplir la même tâche, il cherche à amplifier un processus ou à se prémunir des erreurs de transmission d'une information¹⁷. Une telle mise au point a d'importantes conséquences

« [...] because unlike redundant elements, degenerate elements may produce different outputs in different contexts. »¹⁸

La prise en compte, à la fois de la *diversité* des structures propre aux systèmes biologiques et de la dimension *contextuelle* dans laquelle ils agissent

¹⁶ TONONI G., SPORNS O., EDELMAN G. M., 1999, « Measures of degeneracy and redundancy in biological networks », *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 96, pp. 3257-3262. Notons cependant que le concept de dégénérescence était présent dans le livre d'Edelman publié en 1987 (beaucoup moins connu et beaucoup plus technique) et intitulé *Neural Darwinism: The Theory of Neuronal Group Selection* (Basic Books, New York).

¹⁷ Ce point est particulièrement intéressant puisqu'il permet de distinguer nettement les domaines de validité des concepts de *redondance* – l'ingénierie fruit de la rationalité humaine – et de *dégénérescence* – une propriété intrinsèque au vivant. Les implications d'une telle distinction sont profondes. Pensons à tous les problèmes que rencontre aujourd'hui l'être humain, encore très maladroit dans sa manière de cohabiter avec la nature. La remise en question de la « stratégie de la redondance » que l'homme-ingénieur emploie depuis qu'est advenu l'*homo sapiens*, devrait être prise très au sérieux. Pensons par exemple à ces techniques d'agriculture modernes fondées sur la sélection et la multiplication à l'identique de variétés de plantes qui produisent les fruits et légumes les plus adaptés à la consommation de masse. L'épidémie de fusariose qui ravage les bananiers de variété Cavendish (la banane des supermarchés !) illustre le danger encouru.

¹⁸ *Ibid.*

(le fait que chaque situation est toujours une nouveauté), permet à Edelman et ses collaborateurs d'élaborer un cadre théorique à partir duquel il est possible de mesurer la dégénérescence et la redondance d'un système. Ils montrent ainsi que ces mesures peuvent servir à estimer le degré de *complexité* du système en question :

« [...] that procedures leading to the selection of systems having high degeneracy with respect to a set of outputs are accompanied by an increase in the complexity of these systems, i.e., an increase in the degree to which these systems are both functionally integrated and locally segregated. »¹⁹

Le tableau est à présent clair : la seule redondance que l'on rencontre dans l'ordre biologique ne peut être que *fonctionnelle*. Par contre, les moyens mis en oeuvre pour remplir une fonction sont *imprécis*, c'est-à-dire qu'ils peuvent changer pour s'adapter au contexte.

La conséquence qu'implique une telle approche concerne autant le vivant lui-même (niveau ontologique) que la façon dont le scientifique perçoit sa présence et exprime sa compréhension (niveaux cognitif et épistémologique). En effet, une étude du vivant qui consiste à assigner des fonctions à des structures, *comme si* ces dernières étaient réellement conçues *pour* remplir de telles tâches, devient très suspecte. L'idée sous-jacente selon laquelle la nature aurait besoin d'un « projet » organisateur n'est en effet plus très loin. Par contre, une telle dérive – dont les biologistes n'ont pour la plupart pas encore pu se débarrasser complètement – s'évanouit dès que l'on prend en compte la propriété de dégénérescence des systèmes vivants. La raison pour laquelle il est sans doute tellement difficile d'accéder à cette nouvelle manière d'envisager l'organisation du vivant, est qu'elle repose étonnamment sur un facteur d'*imprécision*, ou d'*indétermination*. Nous verrons plus tard ce que cela signifie exactement, mais insistons pour le moment avec Edelman et ses collaborateurs sur l'impossibilité, à cause de leur caractère dégénéré, d'assigner aux structures des fonctions bien définies :

« Because evolutionary selective pressure typically is applied to a long series of events involving many interacting elements at multiple temporal and spatial

¹⁹ *Ibid.*

scales, it is unlikely that well-defined functions can be neatly assigned to independent subsets of elements or processes in biological networks. »²⁰

Les auteurs montrent que la propriété de dégénérescence est essentielle en soulignant qu'elle contribue à rendre les réseaux biologiques *robustes* – c'est-à-dire capables de se maintenir dans le temps et dans l'espace – et *adaptatifs* – c'est-à-dire pouvant se réorganiser lorsque le contexte change de façon imprévisible. Ici encore, la dégénérescence se distingue de la redondance. Si cette dernière permet de rendre un système robuste, seule la première, en effet, confère *à la fois* robustesse et adaptabilité à l'organisation biologique. Notons également qu'Edelman poursuit bien son projet initial, celui de vouloir expliquer comment l'organisme vivant peut prévoir l'imprévisible. La propriété du vivant qu'il met à jour, et qui est capable de rendre le système vivant *à la fois* robuste et souple, est ainsi décrite par les auteurs :

« The ability of natural selection to give rise to a large number of nonidentical structures capable of producing similar functions appears to increase both the robustness of biological networks and their adaptability to unforeseen environments by providing them with a large repertoire of alternative functional interactions. »²¹

Deux ans plus tard, en 2001, Edelman et un autre de ses collaborateurs, Joseph A. Gally, reviennent sur la notion de dégénérescence en tentant de généraliser la portée de cette propriété à tous les niveaux de l'organisation biologique²². A partir du développement précédemment apporté au concept de dégénérescence, ils montrent, en rassemblant divers exemples, que cette propriété se retrouve dans tous les réseaux biologiques, ainsi qu'au niveau du langage propre à l'humain. Les auteurs renforcent ainsi l'idée selon laquelle la dégénérescence n'est pas seulement un produit de l'évolution par sélection, mais qu'elle est aussi, et surtout, une *condition de possibilité* de la sélection naturelle :

²⁰ *Ibid.*

²¹ *Ibid.*

²² EDELMAN G. M. and GALLY J. A., 2001, « Degeneracy and complexity in biological systems », *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 98 (24), pp. 13763-13768.

« [...] degeneracy is not a property simply selected by evolution, but rather is a prerequisite for and an inescapable product of the process of natural selection itself. »²³

Un exemple parmi d'autres permettant d'illustrer la dégénérescence est celui des personnes qui vivent tout à fait normalement sans albumine²⁴. Une telle observation suggère que les fonctions remplies par cette protéine peuvent l'être par d'autres structures protéiques. Dans leur article, Edelman et Gally présentent divers exemples de dégénérescence en génétique, en neurobiologie, en immunologie, dans le domaine de l'évolution, jusque dans les systèmes d'organisation propres à l'humain comme le langage :

« [...] It is well known that speech is redundant, but it is less explicitly appreciated that it too carries out degenerate functions. The very existence of metaphor, anaphor, and polysemy attest to the powerful role of equivalent but nonidentical structures in conveying meaning. Ambiguity, which often reflects degeneracy, can also function in a positive fashion, at least in poetry as well as in any creative endeavor with heuristic or associative needs. »²⁵

Ce dernier point nous intéresse tout particulièrement puisqu'il permet d'élargir encore la portée du concept de dégénérescence, et surtout d'approfondir sa compréhension. Bien que Edelman et Gally se limitent à décrire brièvement la dégénérescence dans le langage et le discours propres au mode de communication de l'homme, nous profiterons de cette ouverture pour montrer l'importance de la dégénérescence dans le processus du *développement cognitif de l'enfant*. Avant d'en arriver là, nous visiterons un premier domaine d'application de la dégénérescence, à savoir celui de la *génétique*.

3. DÉGÉNÉRESCENCE ET GÉNÉTIQUE

Le terme de « dégénérescence » est employé par les biologistes pour décrire la manière étonnante dont fonctionne le code génétique. En effet, les généticiens observèrent que la séquence des nucléotides qui composent le

²³ *Ibid.*

²⁴ BUEHLER B. A., 1978, « Hereditary disorders of albumin synthesis », *Ann. Clin. Lab. Sci.* 8 (4), pp. 283–286. L'albumine est la protéine la plus abondante dans le plasma des mammifères.

²⁵ *Ibid.*

génomique d'un organisme²⁶, possède en fait une « syntaxe » non univoque : la plupart des codons (triplets de nucléotides) ne codent pas pour un acide aminé qui leur est spécifique. Au contraire, plusieurs codons ayant un nucléotide différent en troisième position du triplet, codent pour le même acide aminé. Les biologistes désignent cette propriété particulière en disant que la troisième position des codons est « dégénérée » (voir tableau ci-contre).

Dégénérescence du code génétique

(C : Cytosine, G : Guanine, A : adénosine, U : Uracile)

Arginine = CGA, CGC, CGG, CGU, AGA, AGG

Leucine = CUA, CUC, CUG, CUU, UUA, UUG

Sérine = UCA, UCC, UCG, UCU, AGC, AGU

Alanine = GCA, GCC, GCG, GCU

Glycine = GGA, GGC, GGG, GGU

Proline = CCA, CCC, CCG, CCU

Thréonine = ACA, ACC, ACG, ACU

Valine = GUA, GUC, GUG, GUU

Isoleucine = AUA, AUC, AUU

« STOP » = UAA, UAG, UGA

Asparagine = AAC, AAU

Acide aspartique = GAC, GAU

Cystéine = UGC, UGU

Histidine = CAC, CAU

Phénylalanine = UUC, UUU

Tyrosine = UAC, UAU

Glutamine = CAA, CAG

Acide glutamique = GAA, GAG

Lysine = AAA, AAG

Méthionine = AUG

Tryptophane = UGG

Un tel phénomène entraîne comme conséquence qu'au cours de la transcription de l'ADN en ARN²⁷, un grand nombre d'ARN messagers *différents* (composés de séquences différentes de nucléotides) peuvent être traduits pour engendrer *la même* séquence d'acides aminés, et donc la même protéine.

Edelman reprend en tout premier lieu cette propriété essentielle du code génétique pour illustrer la dégénérescence. C'est elle qui, selon lui, pourrait expliquer les surprenants résultats obtenus par la technique *knockout* consistant à « déléter » (rendre

inopérant par mutation) un gène d'un organisme dès avant le démarrage de son développement embryonnaire – gène auquel les scientifiques associent une fonction particulière, ou pour lequel ils désirent connaître la fonction précise. Des scientifiques ont en effet observé que dans approximativement un tiers des cas, l'animal auquel un gène avait été « supprimé » se développe tout à fait

²⁶ Les nucléotides, dont il existe 5 espèces, sont composés soit d'acide désoxyribonucléique ou ADN, soit d'acide ribonucléique ou ARN.

²⁷ Alors que la séquence d'ADN est formée par les quatre nucléotides que sont l'adénine (A), la thymine (T), la guanine (G) et la cytosine (C), l'ARN – servant d'intermédiaire ou de *messenger* entre le code ADN et les chaînes protéiques d'acides aminés – est composé quant à lui d'adénine, de guanine et de cytosine et d'uracile (U).

normalement, sans qu'aucun symptôme ne se manifeste²⁸. Ainsi, il s'avère possible de modifier le *génotype* (l'ensemble des gènes d'un organisme) sans que le *phénotype* (l'ensemble des caractères et fonctions exprimés par les gènes) ne soit affecté. Comme nous l'avons déjà signalé précédemment, une telle observation, non seulement met en évidence l'importance de la dégénérescence dans l'organisation et le fonctionnement de l'organisme vivant, mais aussi remet totalement en question l'usage que les scientifiques font de la relation causale univoque entre structure et fonction :

« When considered in this light, one appreciates more clearly the fallacy of speaking of a gene or genes for size, shape, intelligence, etc. All observable properties of an organism are determined by the workings of a degenerate network of many genes. »²⁹

La dégénérescence du code génétique nous éloigne considérablement de l'image du code génétique qui fonctionne tel un programme d'ordinateur, en donnant ses instructions pour que les cellules, les organes et finalement l'organisme, se développent et se maintiennent dans leur environnement. C'est en suivant un modèle aussi naïf que des scientifiques en sont arrivés à chercher « la fonction » de tel ou tel gène, de manière à expliquer tel mécanisme physiologique ou tel comportement. A l'opposé d'une telle conception, le fonctionnement biologique basé sur la propriété de dégénérescence mise sur l'*imprécision* du code génétique, à savoir cette *indétermination* native rendue possible par la *diversité* des structures d'ADN et d'ARN messenger. C'est cette diversité seule qui permet à l'organisation (la cellule, l'organe, l'organisme) de pouvoir s'adapter à tout nouveau contexte. La fonction, dans ce cas, n'est plus *causée* par un type spécifique de structure que le biologiste s'évertuerait à découvrir, mais apparaît plutôt comme émergeant *à la fois* d'un contexte et de structures particulières³⁰ – celles dont l'interaction se couple de manière

²⁸ MELTON D. W., 1994, « Gene targeting in the mouse », *BioEssays*, 16, pp. 633–638.

²⁹ EDELMAN G. M. and GALLY J. A., 2001, *op. cit.*

³⁰ Il serait opportun de parler ici d'*enaction*, plutôt que d'émergence, et de prendre ainsi en compte la dimension *historique* propre au système considéré. Le concept d'enaction a été introduit par le neurobiologiste Francisco Varela en ces termes : « (...) dans la perspective [de l'enaction], l'acte de communiquer ne se traduit pas par un transfert d'information depuis l'expéditeur vers le destinataire, mais plutôt par le modelage mutuel d'un monde commun au moyen d'une action conjuguée [...]. » (1996, *Invitation aux sciences cognitives*, Editions du Seuil, Paris, p. 114).

positive avec les contraintes du milieu extérieur *à ce moment là*. Chaque structure, de part sa situation interactionnelle unique, est potentiellement capable de remplir toutes sortes de fonctions.

Une telle *indétermination*, capable de procurer robustesse et souplesse d'adaptation, mérite encore un examen supplémentaire. En effet, on pourrait mal interpréter ce qui se révèle être une certaine *ambiguïté* du code génétique. Si on se place du point de vue des acides aminés, il est permis de constater qu'une unité peptidique peut être reconnue par plusieurs codons différents d'ARN messenger, ce qui rend cette correspondance tout à fait ambiguë. Par contre, si on se place du point de vue du codon, il est certain qu'un seul type de correspondance est permise, ce qui retire toute impression d'ambiguïté (le codon CGC codera toujours pour une arginine, UAG introduira toujours un arrêt dans la procédure de traduction du code, etc.).

Voici l'origine du problème : d'un certain point de vue – le point de vue du généticien dans notre exemple – on définit (nouveau niveau de reconnaissance, cognitif cette fois) des relations « structure-fonction » spécifiques, parce que ces relations ont été isolées dans un contexte précis. L'observation du scientifique est en effet validée lorsque les facteurs pouvant faire varier le contexte sont *contrôlés*, et qu'il peut *reproduire* un certain type d'interaction entre des structures particulières (réaction enzymatique, reconnaissance intermoléculaire, etc.), ce qu'il appellera une fonction. Telle activité enzymatique semble remplie par cette protéine dont la séquence d'acides aminés est codée par une séquence de codons identifiable... et on oublie d'ajouter, ou on oublie qu'il est dit implicitement : *dans telle situation prévue (contrôlée) par l'observateur*. Le scientifique néglige ainsi le fait que plusieurs « causes » génétiques différentes pourraient, en d'autres circonstances, conduire au même effet phénotypique. Autrement dit, il sous-estime la capacité d'adaptation du système considéré faisant que, grâce à la dégénérescence, un changement de contexte peut entraîner une réorganisation structurelle tout en conservant la même fonction³¹.

³¹ On constate ici une rupture par rapport à la logique causale qui est celle du *modus ponens* : la validité de la relation « si j'ai *a* et que *a* implique *b*, alors j'ai *b* » devient dépendante de sa situation contextuelle dans le temps et dans l'espace (dans d'autres circonstances, *c* peut aussi impliquer *b*).

Selon cette nouvelle approche, c'est le « dogme central »³² de la théorie synthétique de l'évolution qui vole en éclat. De fait, la fonction que l'on identifie peut, si elle est suffisamment importante pour maintenir la cohérence de l'organisation biologique considérée, induire une sorte de pression sélective qui garantit sa conservation, quitte à changer les déterminants génétiques et/ou protéiques sur lesquels elle repose³³.

En résumé, la mise en évidence de la propriété de « dégénérescence » au niveau du code génétique, nous oblige à distinguer trois manières de raisonner, dont seule la troisième permet de bien comprendre l'organisation du vivant à son niveau le plus fondamental :

1. En partant du code génétique lui-même, et donc du *génotype*, et en se mettant à la place d'un codon, on peut dire qu'il existe un lien de causalité non ambigu entre chaque codon et l'effet qu'il produit. On suit alors la logique du dogme central de la biologie moléculaire, mais on soustrait de notre approche le *contexte* dans lequel apparaissent la relation et la fonction considérées.
2. En partant de la fonction biologique reconnue par le scientifique, et donc du *phénotype*, et en essayant de comprendre l'organisation structurelle sur laquelle elle repose, on peut être surpris de rencontrer plusieurs causes (par exemple, la fonction remplie par l'albumine peut l'être par d'autres protéines elles-mêmes codées par d'autres gènes). Une certaine indétermination, ou ambiguïté, du fonctionnement biologique devrait donc attirer l'attention du chercheur. Cependant, ce dernier applique des méthodes qui visent à effacer au maximum du tableau expérimental toute

³² Ce « dogme central », introduit par Francis Crick (le co-découvreur de la structure de l'ADN) à la fin des années 50, affirme que chez tous les êtres vivants, l'information n'est transmise que dans un sens : de la source d'information qu'est l'ADN à l'ARN messager, puis de ce dernier aux protéines, les constituants de base qui font fonctionner la cellule et l'organisme entier.

³³ La théorie *darwinienne* de l'évolution se réconcilie ici avec sa version *lamarckienne*. Cette dernière, partant de l'hypothèse selon laquelle « la fonction crée l'organe », n'était pas loin de mettre le doigt sur ce mode de *co-adaptation* particulier que permet la dégénérescence des systèmes biologiques. Or, cette notion de *co-adaptation* n'est en réalité pas étrangère à Darwin qui l'emploie à plusieurs reprises dans *L'origine des espèces* (1859, Flammarion, Paris, 1992, pp. 110 et 112).

variation contextuelle non impliquée par l'hypothèse de départ. De ce fait, il sous-estimera l'importance de la plurivocité causale.

3. En considérant *le tout* de l'organisation biologique (la structure et toutes les relations qu'elle entretient avec son environnement) dans un *contexte changeant* (la variation naturelle des contraintes environnementales), le biologiste est immanquablement amené à s'interroger sur la capacité adaptative des systèmes vivants, ainsi que sur leur robustesse au niveau fonctionnelle. Une étude attentive de la manière propre à l'organisme d'évoluer dans son milieu de vie devrait permettre au scientifique de découvrir cette précieuse propriété qu'est la dégénérescence au niveau de ses différents systèmes d'organisation (génétique, mais aussi immunologique, neurologique, etc.).

4. DÉGÉNÉRESCENCE ET DÉVELOPPEMENT COGNITIF

Le lecteur intéressé pourra parcourir bien d'autres exemples de dégénérescence à différents niveaux de l'organisation biologique dans l'article de Edelman et Gally. Nous voudrions pour notre part faire appel à un exemple de dégénérescence auquel ne font pas référence ces auteurs, mais qui nous paraît néanmoins particulièrement intéressant. Pour cela, nous quittons le domaine de la biologie moléculaire pour nous diriger vers les sciences humaines et plus particulièrement la psychologie.

Les travaux du psychologue Michael Tomasello sont entièrement dédiés à l'étude d'un mécanisme biologique particulier de l'évolution. Ce dernier concerne les changements dans les comportements et la cognition et est présenté par l'auteur comme *le mécanisme de la transmission sociale ou culturelle*. Ce mécanisme d'évolution rapide prend une forme tout à fait particulière chez l'humain, en s'appuyant sur un nouveau mode d'apprentissage qui est l'*imitation*. Selon l'auteur de *The cultural origins of human cognition*³⁴, la spécificité du mode d'apprentissage par imitation repose sur l'aptitude que présentent les enfants dès l'âge de huit à neuf mois à

³⁴ 1999, Harvard University Press ; traduit en français sous le titre *Aux origines de la cognition humaine*, 2004, Retz / S.E.J.E.R., Paris (traduction de Yves Bonin).

comprendre « que les autres sont des agents intentionnels sur lesquels ils peuvent s'aligner. »³⁵

Lorsqu'à partir de neuf mois environ, une *ligne culturelle* de développement se met en place, les enfants humains (au contraire de leurs cousins les grands singes) deviennent capables d'acquérir une compréhension de la disponibilité *intentionnelle* des objets (et plus seulement sensori-motrice). L'apprentissage culturel par imitation devient alors possible via des comportements *triadiques* (voir plus loin la description du « triangle référentiel »). Ce qui est ici très important, c'est que l'enfant peut désormais apprendre *à travers* l'adulte, en « harmonisant » son attention et son comportement vis-à-vis d'entités extérieures avec celle d'un autre :

« [...] cet apprentissage ne concerne pas tant le fait que des objets sont disponibles à la manipulation, [...] ou qu'il ne se réduise pas au comportement apparent, c'est-à-dire à des mouvements moteurs précis. Au contraire, dès leur premier anniversaire environ, les enfants commencent à s'adapter et à tenter de reproduire tout à la fois les objectifs poursuivis par les adultes, et les moyens comportementaux qu'ils ont choisis pour les atteindre. »³⁶

Cette « pensée relationnelle » qui opère à travers le triangle référentiel constitué par « moi », « l'autre » et « le monde », et propre aux humains, se caractérise par une grande *plasticité cognitive*³⁷. Elle repose aussi, à un niveau plus fondamental, sur la capacité de *choisir*. En effet, lorsque l'enfant devient capable de comprendre les moyens et les fins d'une action, il découvre en même temps les *différentes* stratégies comportementales qui permettent d'atteindre un objectif et parmi lesquelles il est amené à choisir. L'enfant entre donc dans un « espace intentionnel » plurivoque qui est le monde des artefacts culturels.

Lorsque ce développement culturel s'amorce vers l'âge de 9 mois, l'enfant devient capable d'imiter les interactions que les adultes entretiennent avec les objets. L'entrée de l'enfant dans un nouvel univers de réalités partagées de manière intersubjective, marque l'apparition du *jeu symbolique* via l'utilisation

³⁵ *Ibid.*, p. 35.

³⁶ *Ibid.*, p. 82.

³⁷ Elle leur permet « d'interagir de manière plus souple et plus efficace avec toutes sortes d'entités et d'évènements dans leur environnement. » (*ibid.*, p. 54).

de la gestuelle et du langage. Le propre de tout symbole, et donc notamment du symbole linguistique, est qu'il intègre toujours une *perspective* particulière selon laquelle on peut considérer ce qui est perçu : tel objet sera simultanément une « rose », une « fleur », un « cadeau », une « déclaration d'amour », etc. Le problème qui préoccupe Tomasello – et d'autres avant lui, dont Wittgenstein et Quine – sera dès lors de comprendre comment l'enfant peut savoir ce que désigne précisément un mot ou une expression langagière employés par telle ou telle personne, c'est-à-dire employés selon tel ou tel point de vue spécifique associé à une situation bien précise.

L'approche perspectiviste qu'adopte Tomasello lui permet d'entrevoir une solution. Il souligne en effet que la *perspective*

« contient en particulier la possibilité de placer une même entité dans plusieurs catégories conceptuelles différentes, répondant à plusieurs objectifs différents, communicatifs ou non. »³⁸

Et l'auteur de conclure que

« les symboles linguistiques sont des conventions sociales qui amènent autrui à interpréter une situation donnée, ou à adopter une perspective vis-à-vis de cette situation. »

Une telle conception, qui met en avant *perspective* et *situation*, et qui comprend le développement cognitif de l'enfant à travers sa *relation* à autrui et la nécessité de faire des *choix*, renvoie en réalité à cette étonnante propriété qu'est la *dégénérescence*. Les objets symboliques, et les mots en particulier, possèdent en définitive la caractéristique fondamentale de permettre une interprétation contextuelle. Ils représentent donc le seul moyen efficace pour, en même temps, entendre le point de vue d'autrui *et* exprimer sa propre perspective sur une *même* situation. Ce que l'enfant apprend, ce ne sont pas des procédures de conduite isolées, mais bien des *possibilités d'action* inscrites, chacune spécifiquement, dans un *contexte d'action*, et dépendantes d'intentions particulières. Il prend ainsi progressivement conscience que l'on peut parfaitement considérer la même situation sous plusieurs angles, ce qui le pousse à poser des *choix*³⁹, et à *exprimer* son propre point de vue, ses propres

³⁸ *Ibid.*, p. 112.

³⁹ L'individu doté d'un langage qui regarde un arbre et qui veut attirer l'attention de son interlocuteur vers cette chose devra *décider* des mots ou expressions qui lui permettront de

intentions. Ceci correspond bien à la définition de la dégénérescence que nous a donnée Edelman :

« Tous les systèmes sélectifs ont en commun une remarquable propriété, aussi unique qu'essentielle à leur fonctionnement : dans ces systèmes, il existe beaucoup de différentes façons, pas nécessairement toutes identiques du point de vue structurel, de produire des informations. [...] En résumé, la dégénérescence se traduit par la capacité dont jouissent des composants différents d'un point de vue structurel à produire des résultats similaires. »⁴⁰

Finalement, ce que nous fait découvrir Tomasello grâce à la mise en lumière de cette capacité de choisir qui apparaît très tôt lors du développement cognitif de l'enfant, et qui se manifeste, comme nous venons de le suggérer, par la dégénérescence des objets symbolique, n'est autre que l'origine de la *liberté* :

« Les symboles linguistiques contiennent donc des perspectives, et les enfants finissent par comprendre que celles-ci jouissent d'une certaine liberté par rapport à la situation perceptuelle [...]. »⁴¹

5. DÉGÉNÉRESCENCE ET PARADOXE

A chaque fois que nous rencontrons cette propriété particulière qu'est la dégénérescence, nous découvrons une certaine forme d'*indétermination*. Nous venons de voir avec l'exemple du développement cognitif de l'enfant que l'indétermination propre au symbole (pouvant signifier différemment selon le contexte et la perspective adoptée) ouvre sur la *liberté* à travers la *possibilité de choisir*. Mais il est aussi intéressant d'associer cette indétermination à une sorte de *paradoxe*. De fait, la relation entre des individus est tout à fait paradoxale puisqu'ils se servent des mêmes outils linguistiques pour exprimer leurs points de vue différents sur une situation donnée. Tout objet – artefact ou outil humain – qui est par nature symbolique, est donc tout autant paradoxal. Prenons un exemple pour mieux nous faire comprendre.

l'*évoquer* ; et ces choix ne se font jamais sur base de ses propres objectifs directs, mais bien « sur la base de ses objectifs concernant l'intérêt de celui qui l'écoute, et de l'attention que celui-ci porte à cet objet ou à cette activité. » (*ibid.*, p. 120).

⁴⁰ EDELMAN G. et TONONI G., 2000, *Comment la matière devient conscience*, Odile Jacob, Paris, 2000, pp. 106-107.

⁴¹ TOMASELLO M., *op. cit.*, p. 114.

Des observations ont montré que, pour le chimpanzé, la branche d'arbre, en tant que stimulus, n'est pas l'équivalent d'un outil : il peut employer une branche pour attraper des termites, mais ce sera alors un simple morceau de bois mort trouvé sur le sol et non une branche encore attachée à l'arbre. De ce fait, il ne semble pas possible à cet animal d'établir un rapport entre la structure de ces deux objets et une même fonction qu'ils permettent de remplir. Une branche d'arbre sera un stimulus pour le chimpanzé – par exemple le *signal* qu'il peut grimper et échapper ainsi à un prédateur – et une branche jonchant le sol sera pour lui un signal déclanchant un comportement de recherche de nourriture. Nous n'observons jamais que la branche sur l'arbre serve à la fois de signal pour grimper et de signal pour se nourrir ! Cette dernière attitude correspondrait à ce que Tomasello qualifie de *relation triadique*, elle-même ouvrant sur le pouvoir de symboliser des objets. Il est donc permis d'affirmer que le propre d'un « objet » – tel qu'il apparaît dans le champ de l'activité humaine – est d'être *symbolique*, c'est-à-dire qu'il peut être employé de *différentes* manières tout en gardant une certaine unité, ou cohérence. Nous avons donc bien à faire à de la dégénérescence. Le philosophe français Maurice Merleau-Ponty qui, au cours de ses premiers travaux, s'est intéressé à ce genre d'observations, exprime très bien ce que nous venons de décrire :

« C'est cette possibilité d'expressions variées d'un même thème, cette "multiplicité perspective" qui manquait au comportement animal. C'est elle qui introduit une conduite cognitive et une conduite libre. En rendant possibles toutes les substitutions de points de vue, elle délivre les "stimuli" des relations actuelles où les engage mon point de vue propre, des valeurs fonctionnelles que leur assignent les besoins de l'espèce définis une fois pour toutes. [...] Ici le comportement n'a plus seulement une signification, il est lui-même signification. »⁴²

La « possibilité d'expressions variées » dont il est ici question nous renvoie bien à la notion de *paradoxe*. En effet, si un objet est à la fois une branche d'arbre, un outil pour attraper des insectes, et encore bien d'autres choses que l'imagination humaine n'arrête pas de découvrir (toujours inscrites dans un contexte et liées à une intentionnalité particulière), comment savoir alors de quoi on parle et à quelle réalité renvoie notre parlé ? Nous pensons que la

⁴² MERLEAU-PONTY M., 1942, *La structure du comportement*, op. cit., p. 133.

nature paradoxale du symbole, associée à son caractère dégénéré, est une condition de possibilité de notre mode d'existence humain. Pour exprimer ce lien essentiel entre *dégénérescence* et *paradoxe*, nous nous référons à la définition que donne Heinz von Foerster à ce dernier terme :

« J'utilise ici le terme 'paradoxal' non dans le sens littéral d'être 'à l'extérieur de doctrines acceptées', mais dans le sens orthodoxe d'offrir différents sens quand appréhendé de différentes manières. »⁴³

Nous sommes à ce stade rentrés dans la recherche des implications profondes du concept de dégénérescence pour notre compréhension de toutes les formes d'organisation biologiques et humaines. Ce que suggère notre brève présentation, c'est que nous touchons sans doute avec un tel concept à une propriété *nécessaire* du vivant. Une telle propriété reste cependant *non suffisante*, et sans doute aussi *non unique*.

6. DÉGÉNÉRESCENCE ET PHILOSOPHIE DES SCIENCES

Si on accepte que la *dégénérescence* soit une propriété clé de l'organisation du vivant, certaines conséquences épistémologiques importantes méritent notre attention. Premièrement, la *liberté* devient associée au degré d'indétermination propre à l'ordre relationnel du vivant décrit au moyen de la dégénérescence. Deuxièmement, l'*individualité* devient la caractéristique inhérente à tout système dégénéré, c'est-à-dire à tout système dont l'existence repose sur une continuité fonctionnelle corrélée à une dynamique structurelle. Tout le vivant s'explique en partie grâce à cette propriété, depuis les formes de vie les plus primitives jusqu'à la conscience humaine et à son mode d'apparition au sein de groupes sociaux. Nous l'avons définie comme *cette capacité surprenante de pouvoir trouver et employer des moyens différents pour atteindre un même but (réaliser une même action, exprimer une même idée)*.

La dégénérescence est donc la propriété d'un système qui rend possible l'*évolution* de ce système, c'est-à-dire qui participe à son autonomie (auto-régulation, autopoïèse) en y inscrivant au niveau le plus primordial (condition de possibilité) une source de *liberté* (et donc d'*histoire*). Les termes d'

⁴³ VON FOERSTER H., 1999, « Anacrouse », in *La thérapie familiale en changement*, M. Elkaïm (dir.), Institut Synthélabo pour le progrès de la connaissance, Le Plessis-Robinson, p. 125.

« indétermination » et d' « ambiguïté » peuvent paraître inappropriés si l'attention reste focalisée sur le niveau local, ou si une partie du contexte est mise entre parenthèse (comme dans l'approche scientifique classique). Par contre, ils sont tout à fait évocateurs de ce qui se passe à l'échelle du système global, à savoir au niveau de l'organisation structurelle en relation avec le contexte environnemental total dans lequel elle s'inscrit. On comprend alors que c'est une pareille forme d'indétermination qui rend possible cette prodigieuse évolution de la vie à laquelle nous participons tous, jusque dans nos moindres actions et pensées quotidiennes. A ce niveau, où les liens de causalité s'avèrent plurivoques et où l'effet peut devenir la cause, ce sont les *relations* inter-structurelles, ainsi que les *positions* relatives des différentes structures dans un réseau interactif global, qui sont déterminantes (et sans cesse re-déterminées). On pourrait encore dire que ce que nous appelons « structure » est en réalité « ce qui structure », objet structurant qui, en se liant (ou en se déliant parfois), produit des fonctions et des effets de sens.

Pour pouvoir parler de dégénérescence il faut donc partir d'un point de vue systémique (il faut surtout et avant tout pouvoir *changer de point de vue* !), ce qui signifie que l'on prend en compte un système et son histoire, et que l'on est dès lors capable de le décrire en terme de *fonctions*, c'est-à-dire de *relations*. Le scientifique ne fait rien d'autres que *raconter* des histoires en parlant de structures et de fonctions. Une fonction est ce qui est *perçu* comme une relation récurrente entre une structure (ou d'un système) et un environnement (relation mesurable, reproductible). Mais l'environnement (*Welt*) est lui-même avant tout un milieu de vie (*Umwelt*) dans lequel toute fonction devient le propre d'une relation particulière avec une forme de vie unique. La notion de dégénérescence nous permet donc de comprendre cette ambiguïté fondamentale (paradoxale) naturellement associée au discours du scientifique. En effet, si elle rend compte à un certain niveau de la plurivocité des relations contextuelles entre structures et fonctions – telles que ces dernières sont *décrites* par le scientifique – elle nous rappelle aussi qu'à un autre niveau toute fonction nommée est elle-même un objet symbolique pouvant être compris de différentes manières par différents locuteurs selon le contexte communicationnel. Une fonction est donc tout à la fois une *relation devant une conscience* (attitude phénoménologique) se référant à une forme de vie

particulière reconnue, et une *relation pour une conscience* toujours déjà inscrite dans une intention et une forme de vie humaine hautement symbolique.

La cause première de la fonction de telle enzyme n'est pas sa structure protéique, ni encore moins sa séquence nucléique codante correspondante, mais bien l'activité cognitive du scientifique qui l'observe à un moment donné, dans un contexte donné. Ce contexte est en réalité double : il faudrait en effet distinguer le contexte de la cellule, de l'organe, ou de l'organisme que l'on observe, et le *contexte de l'observateur* (ses présupposés, ses intentions, son histoire personnelle, etc.). La fonction identifiée, reconnue, nommée, n'est pas sans lien avec la réalité de l'enzyme en question, mais elle ne suffit simplement pas à montrer celle-ci dans sa totalité (c'est-à-dire à montrer toutes les relations qu'elle peut réaliser), ni à épuiser la connaissance que l'on peut avoir de cette réalité (cf. tous les autres points de vue que le mien, ou que le nôtre, aujourd'hui). La fonction ainsi perçue et nommée devient bien un élément lui-même *ambigu* qui entre dans le jeu symbolique de la communication humaine.

Relisons pour conclure cette autre citation du philosophe Maurice Merleau-Ponty, qui résume dans un style élégant tout ce que nous venons de dire :

« Tout est fabriqué et tout est naturel chez l'homme, comme on voudra dire, en ce sens qu'il n'est pas un mot, pas une conduite qui ne doive quelque chose à l'être simplement biologique – et qui en même temps ne se dérobe à la simplicité de la vie animale, ne détourne de leur sens les conduites vitales, par une sorte d'échappement et par un génie de l'équivoque qui pourraient servir à définir l'homme. Déjà la simple présence d'un être vivant transforme le monde physique, fait apparaître ici des « nourritures », ailleurs une « cachette », donne aux « stimuli » un sens qu'ils n'avaient pas. A plus forte raison la présence de l'homme dans le monde animal. Les comportements créent des significations qui sont transcendantes à l'égard du dispositif anatomique, et pourtant immanentes au comportement comme tel puisqu'il s'enseigne et se comprend. On ne peut pas faire l'économie de cette puissance irrationnelle qui crée des significations et qui les communique. La parole n'en est qu'un cas particulier. »⁴⁴

⁴⁴ M. Merleau-Ponty, 1945, *Phénoménologie de la perception*, Gallimard, Paris, Coll. « Tel », 1976, p. 221.