

Vers une écologie de l'esprit 1

Le parcours de Gregory Bateson a été d'une immense diversité : anthropologie, psychiatrie, théorie du jeu, évolution, communication chez les mammifères, systèmes et paradoxes logiques, épistémologie, pathologie des relations, théorie de l'apprentissage, examen critique de la science. Ce trajet vertigineux masque cependant l'unité d'une recherche. Partout Bateson introduit les notions de la cybernétique et de la philosophie analytique, la théorie des systèmes et la théorie des types logiques. Ces niveaux de généralisation permettent d'avancer à travers les paradoxes.

Bateson est devenu le maître à penser de toute une génération de chercheurs. Il a su ouvrir la pensée occidentale à ce qu'elle pouvait tirer du taoïsme ou du zen : la sortie des culs-de-sac de l'intellect vers un autre niveau de recherche.

Vers une écologie de l'esprit 2

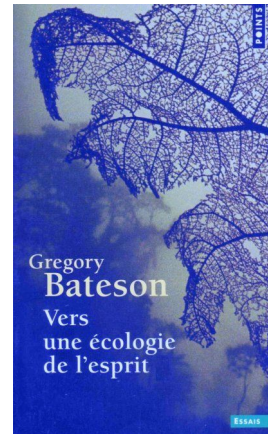
La communication chez les cétacés, la schizophrénie, la théorie de l'évolution : ce sont quelques-uns des domaines qu'explore Gregory Bateson dans ce second tome de *Vers une écologie de l'esprit*. Le lecteur y trouvera un exposé de la théorie du *double bind* (double contrainte), situation de communication où un individu reçoit deux injonctions contradictoires telles que, s'il obéit à l'une, il est forcé de désobéir à l'autre. Dans cette lignée s'élabore une nouvelle conception de la communication et de l'évolution, qui renverse nombre d'idées reçues.

Ce volume rassemble la deuxième partie de *Forme et pathologie des relations*, qui comprend notamment *Vers une théorie de la schizophrénie*, *Biologie et évolution*, *Épistémologie et écologie* et *Crise dans l'écologie de l'esprit*.

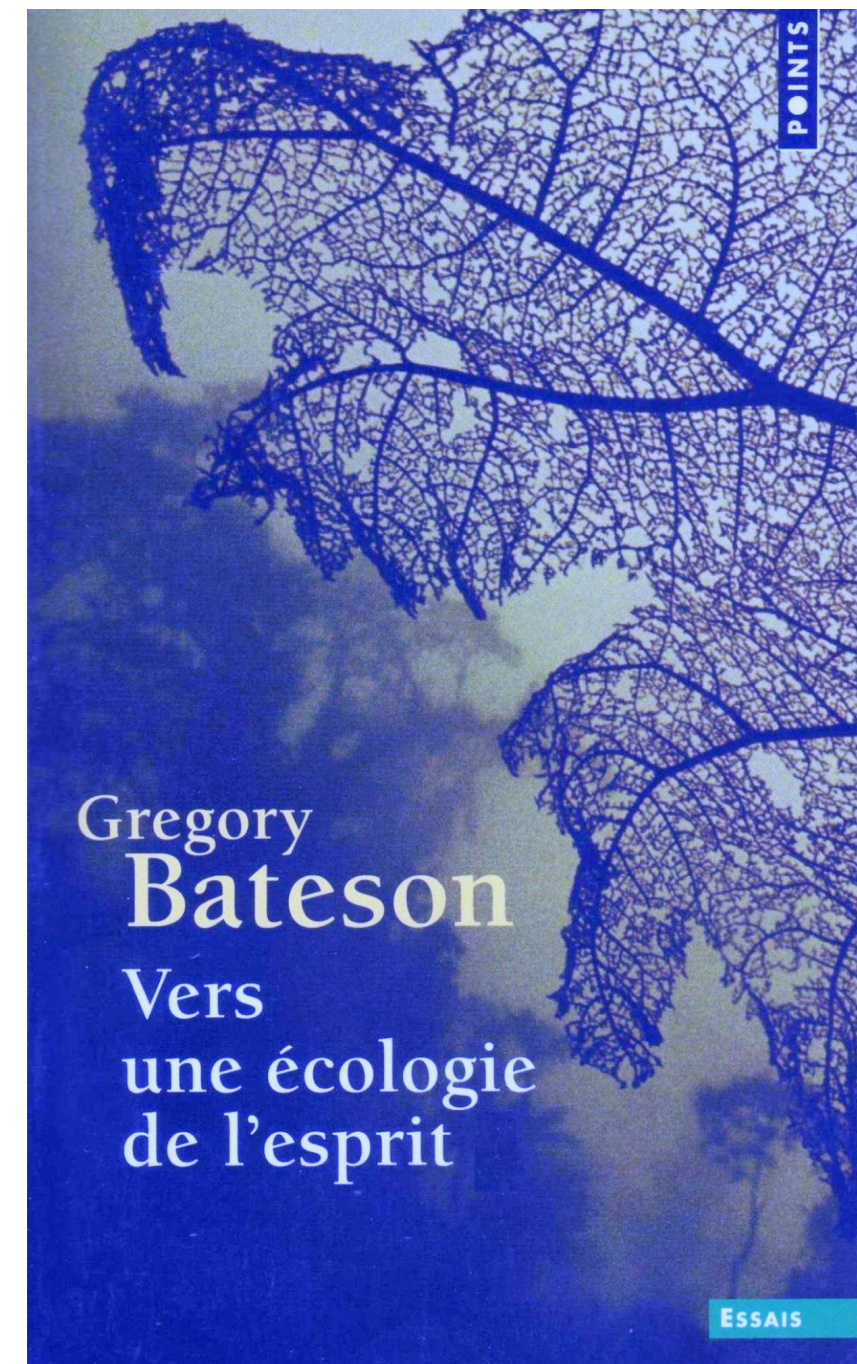
Gregory Bateson (1904-1980)

Anthropologue, psychologue, il fut l'une des figures majeures de l'école de Palo Alto. Il a notamment écrit *Une unité sacrée* (Seuil, 1996).

Traduit de l'anglais par Ferial Drosso, Laurencine Lot et Eugène Simion



GREGORY BATESON VERS UNE ÉCOLOGIE DE L'ESPRIT



www.lecerclepoints.com

Couverture : Ernst Haas © Getty Images

Éditions Points, 25 bd Romain Rolland, Paris 14

ISBN 978.2.02.025767.1 / Imp. en France 09.95-7 9,50€

Gregory Bateson

Vers une Écologie de l'esprit

Traduit de l'anglais par Ferial Drosso, Laurencine Lot et Eugène Simion
Éditions du Seuil

**Cet ouvrage a été précédemment publié dans la collection
« Recherches anthropologiques » dirigée par Remo Guideri,
puis dans la collection « La couleur des idées »
dirigée par Jean-Pierre Dupuis et Jean-Luc Giribone**

Titre original : *Steps to an Ecology of Mind*
Editeur original : Chandler Publishing Company, New York
ISBN original: 345-23423-5-195
© original: Chandler Publishing Company, New York, 1972

Tome I
ISBN 978-2-02-025767-1
(ISBN 2-02-004700-4, 1^{ère} publication)
(ISBN 2-02-012301-0, 2^e publication)
© Editions du Seuil, 1977, pour la traduction française

Tome II
ISBN 978-2-02-053233-4
(ISBN 2-02-013212-5, 1^{ère} publication tome 2)
© Éditions du Seuil, 1980, pour la traduction française

Le Code de la propriété intellectuelle interdit les copies ou reproductions destinées à une utilisation collective. Toute reproduction ou reproduction intégrale ou partielle faite par quelque procédé que ce soit, sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants cause, est illicite et constitue une contrefaçon sanctionnée par les articles L. 335-2 et suivants du Code de la propriété intellectuelle.

RÉALISATION : PAO ÉDITIONS DU SEUIL
IMPRESSION : NORMANDIE ROTO IMPRESSION S.A.S. À LONRAI
DÉPÔT LÉGAL : SEPTEMBRE 1995. N° 257 67-7 (1802116)
IMPRIMÉ EN FRANCE

une réponse.

On peut même tenter de dresser ici la liste des éléments qui constituent cette question immanente. Il y a, d'abord, les deux pôles de l'œuf, et aussi, nécessairement, la polarisation du protoplasme vers ces deux pôles. Si de semblables conditions structurelles n'étaient pas réunies pour répondre à la piqure du spermatozoïde, ce message ne pourrait avoir aucun sens. Le message doit donc être reçu dans une *structure* adéquate.

Mais la structure seule ne suffit pas. Il est probable que n'importe lequel des méridiens de l'œuf peut potentiellement devenir le futur plan de la symétrie bilatérale ; à cet égard, tous les méridiens se valent et ne présentent aucune différence structurelle entre eux. En même temps, chaque méridien doit *être prêt* à recevoir le message inducteur, et ce caractère d'« état d'alerte » est seulement orienté mais non limité par la structure. En réalité, l'« état d'alerte » est justement une *non-structure*. Ce n'est que lorsque le spermatozoïde transmet — s'il le transmet — son message, qu'une nouvelle structure est engendrée.

En termes d'une économie de la souplesse (*cf.* « Le rôle des changements somatiques dans l'évolution », ainsi que le texte, plus tardif, inclus dans la sixième section du livre : « Écologie et souplesse dans la civilisation urbaine », cet « état d'alerte » est une *potentialité non impérative de changement*. Notons aussi que cette potentialité doit non seulement être toujours quantitativement finie, mais encore convenablement située dans une matrice structurelle, laquelle doit aussi, à tout moment, être quantitativement finie.

Ces considérations nous amènent tout naturellement à la cinquième section, que j'ai intitulée « Épistémologie et écologie ». Peut-être le terme d'« épistémologie » n'est-il ici qu'une autre façon de désigner le champ de l'écologie de l'esprit.

DU MÊME AUTEUR

AUX MÊMES ÉDITIONS

Vers une écologie de l'esprit 2, Seuil, 1980

et « Points Essais » n°594, 2008

La Nature et la Pensée,

Esprit et nature, une unité nécessaire, 1984

Communication et société

(en collaboration avec Jurgen Ruesch), 1988

La Peur des Anges,

Vers une épistémologie du sacré

(en collaboration avec Mary Catherine Bateson), 1989

Une unité sacrée,

Quelques pas de plus vers une écologie de l'esprit,

« La Couleur des idées », 1996

CHEZ D'AUTRES ÉDITEURS

La Cérémonie du Naven,

Minuit, 1971

et LGF, « Le Livre de poche », 1986

Perceval le fou,

Autobiographie d'un schizophrène (1830-1832) (édition),

Payot, 1975

IV.5 - COMMENTAIRE SUR LA QUATRIÈME SECTION

Les articles qui constituent cette quatrième section sont très divers : en effet, bien qu'ils se rapportent tous à la pensée maîtresse de mon livre, ils émanent cependant de lieux théoriques différents. Ainsi « Le rôle des changements somatiques dans l'évolution » prolonge les réflexions contenues dans « Exigences minimales pour une théorie de la schizophrénie », alors que « Problèmes de communication chez les cétacés et autres mammifères » est une application à un type d'animal particulier de l'étude « Les catégories logiques de l'apprentissage et de la communication »^a.

« Réexamen de la loi de Bateson » peut paraître un peu divergent, mais en réalité cet article est solidaire du reste du livre, il étend la notion de contrôle informationnel au champ de la morphogenèse, et, par son étude des conséquences d'une *absence* d'information vitale, il met en relief l'importance du contexte *dans* lequel l'information est reçue.

Avec sa remarquable perspicacité, Samuel Butler a fait quelque part un commentaire sur l'analogie entre rêves et parthénogenèse. Nous pouvons dire que les doubles pattes monstrueuses du coléoptère participent de cette analogie : elles sont la projection du contexte récepteur, privé de l'information qui aurait dû lui parvenir d'une source extérieure.

Les messages matériels, ou informations, passent d'un contexte à un autre contexte. Dans les autres sections de ce livre, j'ai mis l'accent sur le contexte *d'où* émane l'information ; là, j'insiste surtout sur l'état interne de l'organisme, considéré comme un contexte *dans lequel* l'information doit parvenir.

Il est évident qu'aucun point de vue ne suffirait, à lui seul, à assurer la compréhension de l'homme ou de l'animal. Cependant, peut-être n'est-ce pas un simple accident si, dans ces articles qui traitent des organismes non humains, le « contexte » que nous étudions est l'inverse (ou le complément) du « contexte » envisagé dans les autres sections du livre.

Considérons, par exemple, le cas de l'œuf de grenouille non fécondé, pour lequel le point d'entrée du spermatozoïde définit le plan de symétrie bilatérale du futur embryon. La piqure d'un poil d'une brosse en poil de chameau pourrait tout aussi bien faire l'affaire : le message transmis serait le même. On peut donc en conclure que le contexte externe d'où provient le message est relativement indéterminé. De ce point d'entrée, en effet, l'œuf n'apprend que peu de chose sur le monde extérieur. Pourtant, le contexte interne qui reçoit le message doit être extrêmement complexe.

Nous pouvons dire que l'œuf non fécondé renferme une *question immanente*, à laquelle le point d'entrée du spermatozoïde fournit une réponse. Cette manière de considérer les choses est à l'opposé de la façon de penser traditionnelle, qui voit dans le contexte externe d'apprentissage une « question » à laquelle le comportement « juste » de l'organisme est

a Cf. vol. I de cette édition, p. 299-331.

lui-même le facteur déterminant de cette asymétrie.

d) On peut penser que la *perte* de ce gradient centro-périphérique a deux effets : autoriser la ramification, et priver le nouvel appendice ainsi obtenu d'une des dimensions de l'information orientative nécessaire ; de sorte que l'appendice ne peut présenter qu'une unité symétrique bilatérale, dont le plan de symétrie forme un angle droit avec le gradient centro-périphérique perdu.

J'ai examiné également les données fournies par les réductions des embryons de membres expérimentalement greffés, chez les amphibiens. Je suis arrivé à la conclusion que ces faits ne peuvent être expliqués par une perte simple d'information orientative. En effet, la perte simple engendre une symétrie bilatérale, égale et synchrone. Or, chez les amphibiens, les réductions sont, en général, inégales et successives. Des réductions synchrones et égales apparaissent néanmoins dans certains cas, surtout dans les greffes hétérotopes. Il semble qu'elles peuvent être attribuées à une perte simple d'information orientative.

POST-SCRIPTUM 1971

Comparons la symétrie bilatérale du doublet surnuméraire dans la patte du coléoptère, et la symétrie bilatérale dans la fleur du pois de senteur ou de l'orchidée. Dans la plante comme dans l'animal, l'unité symétrique bilatérale prend naissance en un point de ramification.

Dans le cas de la plante, c'est la morphologie de la fourche qui *fournit* l'information permettant à la fleur d'opérer une symétrisation bilatérale et non radiale ; autrement dit, l'information différencie l'étendard « dorsal » de la lèvre ventrale de la fleur.

Dans le doublet de la patte du coléoptère, le plan de symétrie bilatérale est situé à angle droit par rapport à celui de la fleur.

Nous pouvons dire alors que l'information *perdue* par la patte du coléoptère est, précisément, cette information que crée la fleur par la ramification.

SOMMAIRE

Table des matières

Sommaire..... 5

Parties..... 5

Quatrième section -

Biologie et évolution..... 7

IV.1 - De l'insensé en biologie et de certains départements de l'éducation..... 9

IV.2 - Le rôle des changements somatiques dans l'évolution..... 13

Résumé..... 25

IV.3 - Problèmes de communication chez les cétacés et autres mammifères..... 27

Considérations méthodologiques..... 30

Communication concernant les relations..... 31

Communication analogique ou communication digitale..... 33

Directions de recherches..... 35

Discussions..... 36

IV.4 - Réexamen de la « loi de Bateson »..... 39

Introduction..... 39

Redéfinition du problème..... 40

Les coléoptères à doubles pattes surnuméraires..... 42

Réduction des membres chez les amphibiens..... 49

Résumé..... 51

Post-scriptum 1971..... 52

IV.5 - Commentaire sur la quatrième section..... 53

PARTIES

- [Préambule au tome I](#)
- [Première section - Métalogues](#)
- [Deuxième section - Forme et modèle en anthropologie](#)
- [Troisième section - Forme et pathologie des relations sociales](#)
 - [III.I - Apprentissage et théorie du jeu](#)
 - [III.II - Forme et pathologie des relations sociales](#)
- [Quatrième section - Biologie et évolution](#)
- [Cinquième section - - Épistémologie et écologie](#)
- [Sixième section - Crise dans l'écologie de l'esprit](#)

dimension temporelle.

Ces profondes différences formelles entre les deux corpus de données montrent que les explications portant sur les amphibiens doivent être d'un ordre différent. Il semble que le processus ne soit pas localisé dans le corps de la patte, mais à sa base et dans les tissus avoisinant cette base. Il est probable aussi que le membre primaire propose, en quelque sorte, la formation ultérieure d'un membre secondaire, par inversion de l'information du gradient, et que le membre secondaire propose, de la même façon, la formation d'un membre tertiaire inversé. Le modèle de ces systèmes est fourni par les structures circulaires que proposent les paradoxes de Russell¹. Pour l'instant, toute tentative d'élaborer en détail ce type de modèle serait prématurée.

RÉSUMÉ

Cet essai, portant sur la symétrie des appendices latéraux redoublés, s'appuie sur un principe explicatif, selon lequel chaque étape, dans la différenciation ontogénétique qui réduit la symétrie d'un organe (en la faisant passer, par exemple, d'une symétrie radiale à une symétrie bilatérale, et de celle-ci à l'asymétrie), nécessite une information orientative supplémentaire. Selon ce principe, un appendice latéral dont la structure est normalement asymétrique, et auquel il *manque* un élément nécessaire d'information orientative, ne peut développer qu'une symétrie bilatérale ; autrement dit, au lieu d'un appendice asymétrique normal, il y aura formation d'un doublet à symétrie bilatérale.

Afin d'examiner le fonctionnement de ce principe explicatif, j'ai élaboré une hypothèse qui tente de rendre compte de la loi de Bateson et, par là même, du cas d'application de cette loi que constitue la régularité qu'on rencontre, dans les rares exemples de pattes doubles surnuméraires, chez les coléoptères. Pour ce faire, j'ai supposé que l'information morphogénétique orientative peut subir des transformations et passer d'un type de codage à un autre, et que chacune de ces transformations (ou code) est soumise à des limitations spécifiques :

- a) L'information peut être contenue dans les *gradients* (éventuellement biochimiques). Dans ce système de code, l'information peut provenir des tissus voisins et apporter les premiers facteurs déterminants de l'asymétrie, dans l'appendice en cours de développement. On suppose que l'information ainsi codée n'est disponible que durant très peu de temps, et que, une fois l'asymétrie du membre établie l'information continue d'exister, mais sous forme morphologique.
- b) Il semble que, lorsqu'elle est codée comme différence morphologique, l'information est essentiellement statique : elle ne peut ni être transmise aux tissus voisins ni empêcher la ramification. Elle peut néanmoins, être utilisée par un appendice lorsque celui-ci a, à sa base, des tissus communs avec la patte dont il est issu. Dans ce cas, l'information qui est transmise par le moyen de la périphérie commune est nécessairement inversée : si la patte primaire est une patte *droite*, l'appendice sera un appendice *gauche*.
- c) Dans la mesure où l'information, sous sa forme morphologique est par définition incapable d'empêcher la ramification, l'asymétrie d'un membre primaire en cours de développement doit être préservée par un gradient centro-périphérique, qui n'est pas

¹ G. Bateson, «Exigences minimales pour une théorie de la schizophrénie», ci-dessus, p. 66.

pose que, au moment de la greffe, l'orientation du greffon est déjà déterminée dans le sens antéro-postérieur, mais qu'il reçoit, ensuite, une information dorso-ventrale des tissus avec lesquels il est alors en contact. Le résultat, c'est un membre dont l'orientation dorso-ventrale est correcte par rapport à son nouvel emplacement, mais dont l'orientation antéro-postérieure est inversée. Il est tacitement admis que l'orientation proximo-distale, elle, reste inchangée. Le résultat en sera un membre inversé relativement à *un seul* de ces trois types d'asymétrie. Logiquement, un tel membre ne peut être qu'un membre gauche.

Cette explication me semble satisfaisante pour l'instant, et je passerai maintenant à l'étude des réduplications. Quatre aspects importants les différencient des réduplications des pattes du coléoptère :

a) Chez les coléoptères, la réduplication est le plus souvent égale : les deux moitiés du doublet surnuméraire sont de même taille et, en général, approximativement égales aux parties correspondantes de la patte primaire. Les seules différences qui apparaissent, parfois, entre ces trois éléments sont celles qui résultent normalement des différences trophiques^d. Chez les tritons larvaires, en revanche, il y a de grandes différences de taille entre les éléments du système redoublé, et ces différences sont, elles, déterminées par le *temps*. En effet, les membres secondaires sont plus petits que les membres primaires, Parce qu'ils se sont formés *plus tard* qu'eux, et, de même, les rares membres tertiaires, qui se forment *plus tard* que les secondaires, sont encore plus petits. Ce décalage dans le temps indique clairement que le membre primaire a reçu, lui, toutes les informations nécessaires pour la détermination de sa propre asymétrie. Il est vrai, par ailleurs, qu'il a reçu une « fausse » information, qui a fait de lui une patte *gauche* sur le côté *droit* du corps ; cependant, il n'a pas souffert d'une déficience de l'information à un point tel que l'asymétrisation en ait été rendue impossible. Il n'est donc pas possible d'attribuer la réduplication à un manque d'information orientative dans la patte primaire.

b) Les réduplications des pattes chez les coléoptères peuvent se produire en *n'importe quel* point sur la longueur de la patte. Chez les larves d'amphibiens, elles apparaissent, en général, dans la région où le membre se rattache au corps ; en outre, il n'est même pas évident qu'il y ait toujours des tissus communs à la patte primaire et à la patte secondaire.

c) Chez les coléoptères, les doublets surnuméraires forment une série continue : ils sont issus de *n'importe quelle* partie de la périphérie de la patte primaire. Au contraire, la réduplication des membres, chez les larves d'amphibiens, se concentre sur la face postérieure ou sur la face antérieure de la patte primaire.

d) Chez les coléoptères, il est évident que les deux éléments surnuméraires constituent ensemble une unité. On assiste même souvent (*cf. fig. 1, p. 140*) à une combinaison étroite de ces deux éléments. En aucun cas¹, on ne verra l'élément le plus proche de la patte primaire se combiner avec elle, plutôt qu'avec l'autre élément surnuméraire. Pour les spécimens amphibiens, il n'est pas du tout évident que les membres secondaire et tertiaire constituent un tel ensemble unifié. La relation entre le membre secondaire et le membre tertiaire ne semble pas plus étroite que celle entre le membre primaire et le membre secondaire, par exemple. Avant tout, cette relation est asymétrique dans sa

d *Trophiques* : relatif à la nutrition. (NdT.)

1 W. Bateson décrit et illustre une exception possible à cette règle : la réduplication du tarse postérieur chez les *platycerus caraboides* (*cf. Materials, op. cit.*, p. 507)

QUATRIÈME SECTION –

BIOLOGIE ET ÉVOLUTION

RÉDUPLICATION DES MEMBRES CHEZ LES AMPHIBIENS

À ce point de l'analyse, il est intéressant de passer de l'examen de la réduplication des pattes du coléoptère, à l'étude d'un autre corpus de données, où la réduplication est un phénomène courant, et pour l'explication duquel on s'est souvent référé à la loi de Bateson¹. Les données que j'examinerai ici portent sur la réduplication des membres expérimentalement greffés chez les tritons larvaires.

1. Dans un certain nombre de cas – le plus souvent pour les greffes hétérotopes –, le greffon se développe pour constituer un système binaire simple et dont les deux éléments – apparemment égaux – présentent une symétrie spéculaire. Il y a environ trois ans, le Dr Emerson Hibbard, du California Institute of Technology, m'a montré une expérience frappante : l'embryon de membre d'un spécimen avait subi une rotation de 180°, de sorte que le bord antérieur du greffon, orienté vers l'extrémité postérieure du receveur, avait été implanté dans une position médio-dorsale, dans la région postérieure de la tête. Ce greffon se développa, pour donner deux pattes parfaitement formées et présentant une symétrie spéculaire. Ce système binaire n'était relié à la tête du receveur que par une fine membrane de tissus.

De telles expériences, où le produit est un organe binaire, comportant deux parties égales, sont conformes à ce que nous pouvons attendre de la perte simple de l'une des dimensions de l'information orientative. (C'est, d'ailleurs, ce spécimen du Dr Hibbard qui m'a donné à penser que l'hypothèse de l'information perdue pourrait être aussi valable dans le cas des amphibiens).

2. Notons, toutefois, que, sauf dans ces cas de réduplication binaire égale, aucune théorie expliquant la réduplication par une perte simple d'information ne convient aux amphibiens. En effet, si la loi de Bateson se limitait aux seuls cas où l'explication est formellement analogue à celle qui convient à la réduplication des pattes du coléoptère, les amphibiens s'en trouveraient exclus.

Mais comme, selon moi, les limites d'une théorie sont tout aussi importantes que son champ d'application, j'examinerai maintenant le matériel complexe fourni par le cas des greffes orthotopes.

Un seul paradigme schématique sera suffisant : si l'on excise un embryon de membre antérieur *droit*, et que, après lui avoir fait subir une rotation de 180°, on le replace dans la plaie, on obtiendra un membre *gauche*. Mais ce membre primaire peut ultérieurement former à sa base des embryons de membres secondaires, en général immédiatement antérieurs ou postérieurs au point d'insertion. Ce membre secondaire présentera une symétrie spéculaire par rapport au membre primaire et pourra même, par la suite, produire un membre tertiaire, lequel sera issu du membre secondaire de manière caractéristique, à partir de la face de celui-ci qui est la plus éloignée du membre primaire.

On peut expliquer la formation du membre gauche sur le côté droit du corps², en admettant que l'embryon du membre a reçu l'information antéro-postérieure avant l'information dorso-ventrale, et que cette première information, une fois reçue, est irréversible. On sup-

1 R. G. Harrison, *loc. cit.* ; cf. aussi F. H. Swett, « On the production of double limbs in amphibians », *Journal of Experimental Zoology*, n° 44, 1926, p.419-472.

2 F. H. Swett, *loc. cit.* ; cf. aussi R. G. Harrison, *loc. cit.*

4. Dans les spécimens anonnaux, ce gradient centro-périphérique est soit perdu, soit effacé, probablement en un point affecté par une lésion ou un traumatisme.
5. La perte du gradient centro-périphérique entraîne une ramification.
6. Le rameau ainsi produit est un doublet. Comme il n'a pas reçu l'information du gradient susceptible d'engendrer l'asymétrie, il doit présenter une symétrie bilatérale.
7. Étant donné qu'il partage avec la patte primaire des structures périphériques différenciées, l'élément du doublet qui est le plus proche de celle-ci est orienté de façon à être son reflet spéculaire.
8. De même, chaque élément du doublet est lui-même asymétrique, et, pour se faire, il tire l'information nécessaire de la morphologie des périphéries communes, dans le plan du doublet.

Ces hypothèses ont pour but de montrer de quelle façon le principe explicatif de la *perte d'un élément d'information* peut être appliqué à certaines régularités obéissant à la loi de Bateson. Il est intéressant de remarquer, également, que les données concernant la symétrie des pattes du coléoptère ont été, en quelque sorte, « sur-expliquées ».

En effet, j'ai fait appel à deux types d'explications différents, mais non incompatibles :

- a) la perte de l'information qui aurait dû provenir d'un gradient centro-périphérique ; et
- b) l'information tirée de la morphologie périphérique commune.

Ni l'un ni l'autre de ces principes ne peut, à lui seul, rendre compte de ces phénomènes ; mais, combinés, ils se recoupent, de sorte que certains détails de l'ensemble peuvent être rapportés aux deux principes explicatifs simultanément.

Une telle redondance est, sans aucun doute, la règle et non l'exception dans les systèmes biologiques, comme dans tous les autres systèmes d'organisation, de différenciation et de communication. Dans tous ces cas, la redondance est une source importante et nécessaire de stabilité, de prévisibilité et d'intégration.

À l'intérieur d'un système explicatif, la redondance donnera toujours l'impression que les différentes explications se superposent. Il faut dire cependant que, sans cette superposition, celles-ci seront certainement insuffisantes pour rendre compte des phénomènes d'intégration biologique.

Nos connaissances actuelles ne nous permettent pas de préciser l'influence de ces redondances morphogénétiques et physiologiques sur les directions des changements évolutifs. Il est, néanmoins, sûr que ces redondances internes introduisent, dans les phénomènes de Variation, un autre élément que le hasard¹.

¹ G. Bateson, «Le rôle des changements somatiques dans l'évolution», ci-dessus, p. 100.

IV.1 - DE L'INSENSÉ EN BIOLOGIE ET DE CERTAINS DÉPARTEMENTS DE L'ÉDUCATION*

Mon père, le généticien William Bateson, avait l'habitude de nous lire un passage de la Bible à chaque petit déjeuner, et cela pour que nous ne grandissions pas comme des athées *écervelés*. C'est peut-être pour cette raison qu'il m'a semblé naturel de m'émerveiller devant l'ouverture d'esprit qu'apporte l'étrange loi antiévolutionniste, promulguée par le département de l'Éducation de l'État de Californie¹.

En effet, l'évolution a été trop longtemps mal enseignée. Particulièrement les étudiants, et même la plupart des biologistes professionnels, s'approprient la théorie évolutionniste sans aucune compréhension en profondeur des problèmes fondamentaux que cette théorie se propose de résoudre. C'est dire qu'ils n'apprennent que peu de chose sur l'évolution des théories évolutionnistes elles-mêmes.

Or, le grand mérite de ceux qui ont écrit le premier chapitre de la Genèse, c'est précisément leur parfaite compréhension du problème profond : *D'où vient l'ordre ?* Ils remarquent que terre et eaux ont été effectivement séparées, que les espèces ont été, elles aussi, séparées ; ils voient également qu'une telle séparation et un tel rangement dans l'univers posent un problème fondamental. En termes de nos théories modernes, nous pouvons dire qu'il s'agit là du problème implicite contenu dans la deuxième loi de la thermodynamique : si les événements dus au hasard mènent à des mélanges de choses, par quels événements, qui ne sont pas dus au hasard, les choses arrivent-elles à se séparer ? Et qu'est-ce qu'un événement dû au « hasard » ?

Ce problème fut le thème central en biologie et en nombre d'autres sciences, tout au long de ces cinq mille ans. Le moins qu'on puisse dire, c'est qu'il est loin d'être banal.

De quel MOT pourrions-nous désigner le principe de l'ordre qui semble être immanent à l'Univers ?

Ce que suggère la loi sur l'éducation de l'Etat de Californie, c'est qu'on enseigne aux étudiants les *autres* tentatives de résoudre ce problème ancien. Moi-même, j'en ai découvert une chez les chasseurs de têtes de l'âge de pierre, dont les traditions demeurent encore aujourd'hui intactes dans la tribu Iatmul de Nouvelle-Guinée. Eux aussi, ils remarquent d'abord que les eaux et la terre ont été séparées, et cela même dans leur région marécageuse. Ils disent qu'au début il y eut un énorme crocodile, Kavwokmali, qui patouillait avec ses pattes avant et ses pattes arrière, en maintenant ainsi la boue en suspension. Le héros culturel, Kevembuangga, tua d'un coup de lance le crocodile, qui cessa ainsi de patouiller, ce qui permit aux eaux et à la terre de se séparer. Le résultat en

* Essai publié pour la première fois dans *BioScience*, vol. XX, 1970

¹ Cf. « California's anti-evolution ruling », *BioScience*, 1970

fut la terre ferme, que Kevembuangga frappa de son pied, triomphateur. Nous pouvons dire qu'il vérifia ainsi que : « c'était bon ».

Nos étudiants d'aujourd'hui doivent ouvrir leur esprit, s'ils veulent comprendre vraiment les autres théories concernant l'évolution, et réaliser *comment* l'esprit humain peut prendre des formes différentes, selon qu'il croit que tout rangement dans l'univers est dû à un agent externe, ou, comme les Iatmul et les hommes de science modernes, qu'il s'aperçoit que la possibilité de l'ordre et du modèle est immanente dans le monde.

A ce moment-là, l'étudiant sera forcé, par ce nouveau système, de contempler la « Grande Chaîne de l'Être », avec l'Esprit Suprême au sommet et les protozoaires à la base. Il verra ainsi comment l'Esprit fut invoqué comme principe explicatif pendant tout le Moyen Age et comment, plus tard, c'est l'Esprit lui-même qui est devenu *le problème*. L'Esprit est devenu ce qui exige d'être expliqué, lorsque Lamarck a montré que la Grande Chaîne de l'Être doit être inversée, pour devenir une séquence évolutive, avec les protozoaires en tête. Le problème devint alors d'expliquer l'Esprit à partir de ce qui pouvait être connu de cette nouvelle chaîne.

Et, lorsque l'étudiant atteindra la moitié du XIX^e siècle, il faudra lui donner comme texte à étudier le livre de Philip Henry Gosse : *Création (Omphalos) – An Attempt to Untie the Geological Knot* (Création [omphalos] – Une tentative de dénouer le nœud géologique). Dans ce livre extraordinaire, il apprendra beaucoup de choses sur la structure des animaux et des plantes, choses qui sont, de nos jours, très rarement mentionnées dans la plupart des cours de biologie : notamment, le fait que les animaux et les plantes présentent une structure temporelle, dont les cercles de croissance des arbres ne sont qu'un exemple élémentaire et les cycles de l'histoire de la vie, un temple plus complexe. Toute plante et tout animal sont construits en accord avec les prémisses de cette nature cyclique.

Après tout, il n'y a aucun mal à lire le livre de Gosse, qui fut un fondamentaliste fervent – un « Plymouth Brother » – ainsi qu'un réputé biologiste marin. Son livre parut en 1857, deux ans avant *L'Origine des espèces*. Il l'a écrit justement pour démontrer que les données fournies par les empreintes fossiles, ainsi que par l'homologie biologique, peuvent parfaitement s'accorder avec les principes du fondamentalisme. Pour lui, il eût été inconcevable que Dieu ait créé un monde dans lequel Adam n'eût de nombril, les arbres du Jardin de l'Éden n'eussent des cercles de croissance, et les rochers n'eussent des couches distinctes. Pour toutes ces raisons, Dieu a dû créer le monde *comme si* le monde avait eu un passé.

Quant à notre étudiant, cela ne lui fera aucun mal de se frotter aux paradoxes de la « loi du Prochronisme », formulée par Gosse ; s'il prêtait une oreille attentive aux généralisations tâtonnantes de Gosse, relatives au monde biologique, il entendrait là une version précoce de l'hypothèse de l'« état stable ».

Bien sûr, tout le monde sait que les phénomènes biologiques sont cycliques : de l'œuf à la poule, à l'œuf, à la poule, etc. Ce qui est bien moins connu, surtout par la plupart des biologistes, ce sont les implications de ce caractère cyclique pour les théories évolutionnistes et écologiques elles-mêmes. La vision que Gosse propose du monde biologique ne peut qu'ouvrir leur esprit en ce sens.

appendice bilatéralement symétrique, par rapport à un plan parallèle à la circonférence du membre primaire.

En même temps, il est possible que la présence d'un gradient centropériphérique dans le membre primaire, précisément parce qu'elle prévient la ramification, ait pour fonction de maintenir une asymétrie antérieurement déterminée.

Ces hypothèses fournissent un cadre explicatif possible pour la formation du doublet surnuméraire et sa symétrie bilatérale. Reste à examiner l'orientation des éléments de ce doublet. D'après la loi de Bateson, l'élément le plus proche de la patte primaire est bilatéralement symétrique par rapport à elle. Autrement dit, la face du doublet surnuméraire qui est tournée vers la patte primaire est la contrepartie morphologique de la face de la périphérie d'où le doublet est issu. L'explication la plus simple et la plus évidente de cette régularité, c'est qu'il y aurait eu, au cours du processus de ramification, un partage des structures morphologiquement différenciées entre la patte primaire et l'appendice ; et que ce seraient, précisément, ces structures communes qui véhiculent les informations nécessaires. Toutefois, dans la mesure où les informations ainsi transmises auront, manifestement, des propriétés très différentes de celles transmises par les gradients, il convient d'examiner cette question plus en détail.

Considérons un cône à base circulaire et à symétrie radiale. Cette figure géométrique présente une différenciation axiale entre base et sommet. Pour rendre ce cône complètement asymétrique, il suffit de différencier sur la circonférence de sa base deux points, distincts l'un de l'autre et qui ne soient pas diamétralement opposés : autrement dit, la base est différenciée de manière à ne pas donner le même résultat, selon que nous énumérons les éléments dans le sens des aiguilles d'une montre ou bien dans le sens contraire.

Supposons maintenant que le rameau surnuméraire, de par son origine même d'élément issu d'une matrice, présente une différenciation proximo-distale, et que celle-ci soit analogue à la différenciation axiale du cône. Pour obtenir une asymétrie totale, il suffira alors que le membre en cours de développement reçoive une information orientative située dans un arc quelconque de sa circonférence. Il est clair qu'une telle information est immédiatement utilisable, puisque, au point de ramification, le membre surnuméraire et la patte primaire partagent un certain arc de circonférence. Mais ces points communs sont disposés, sur la périphérie de la patte primaire, dans le sens des aiguilles d'une montre et, sur la périphérie du rameau, dans le sens contraire. Les informations de l'arc commun auront donc une double fonction : faire du nouveau membre un reflet spéculaire du premier, et lui permettre d'être orienté de façon appropriée, par rapport à la patte primaire.

Il est maintenant possible d'imaginer la séquence hypothétique de la reduplication des pattes du coléoptère :

1. Une patte primaire développe l'asymétrie, et cela, en prenant l'information nécessaire dans les tissus voisins.
2. Cette information, une fois qu'elle a agi, continue d'exister, mais sous forme de différenciation morphologique.
3. L'asymétrie de la patte primaire nonnale est, de sonna, conservée par un gradient centro-périphérique qui, en principe, empêche la ramification.

Ce qui nous oblige à revoir notre hypothèse.

Retenons, pour l'instant, seulement cette notion générale de perte d'information et son corollaire : à savoir que le plan de symétrie bilatérale doit être à angle droit avec la direction de l'information perdue. L'hypothèse la plus simple qui vient, alors, à l'esprit est que l'information perdue a dû être certainement centro-périphérique. (J'adopte ici ce terme bicéphale, plutôt que le terme plus simple de « radiale »).

Imaginons donc quelques différences centro-périphériques (gradient chimique ou électrique, par exemple), dans la coupe transversale de la patte primaire ; supposons aussi que la perte ou l'affaiblissement de cette différence, en un point quelconque de la longueur de la patte principale, empêche toute asymétrisation d'un membre secondaire qui naîtrait en ce point.

Nécessairement, un tel membre secondaire (si tant est qu'il est produit) serait bilatéralement symétrique, et son plan de symétrie formerait un angle droit avec la direction du gradient ou de la différence perdus.

Cependant, il est bien évident qu'une différence centro-périphérique, ou gradient, *n'est pas* un élément primitif du système d'information qui a déterminé l'asymétrie de la patte primaire. Un tel gradient peut néanmoins empêcher la ramification, de sorte que sa perte, ou son affaiblissement, provoquera l'apparition, à l'endroit même de cette perte, d'un appendice surnuméraire.

Il ne s'agit là que d'un paradoxe apparent : la perte d'un gradient susceptible d'empêcher la ramification provoque une formation d'appendice telle que ce dernier ne peut pas réaliser l'asymétrie. Il semble donc que l'hypothétique gradient (ou différence centro-périphérique) a deux sortes de fonctions de commande :

- a) interdire la ramification ; et
- b) déterminer une asymétrie dans cet appendice dont l'existence n'est rendue possible que par l'absence de ce même gradient. Si l'on pouvait montrer que ces deux types de transmissions de messages se recoupent, ou qu'ils sont sous certains aspects synonymes, nous aurions mis au point une description économique possible du phénomène.

Nous sommes donc amenés à nous poser la question suivante : y a-t-il des raisons *a priori* qui nous permettent de penser que l'absence d'un gradient – gradient qui, présent, aurait interdit la ramification dans la branche d'origine – autorise la formation d'un appendice auquel il manque l'information nécessaire pour développer une asymétrie, par rapport à un plan perpendiculaire au gradient manquant ? En fait, cette question devrait être inversée pour s'adapter aux explications, toujours « inversées », de la cybernétique. Le concept d'« information nécessaire pour déterminer l'asymétrie » devient, alors, celui d'« information nécessaire pour interdire la symétrie bilatérale ».

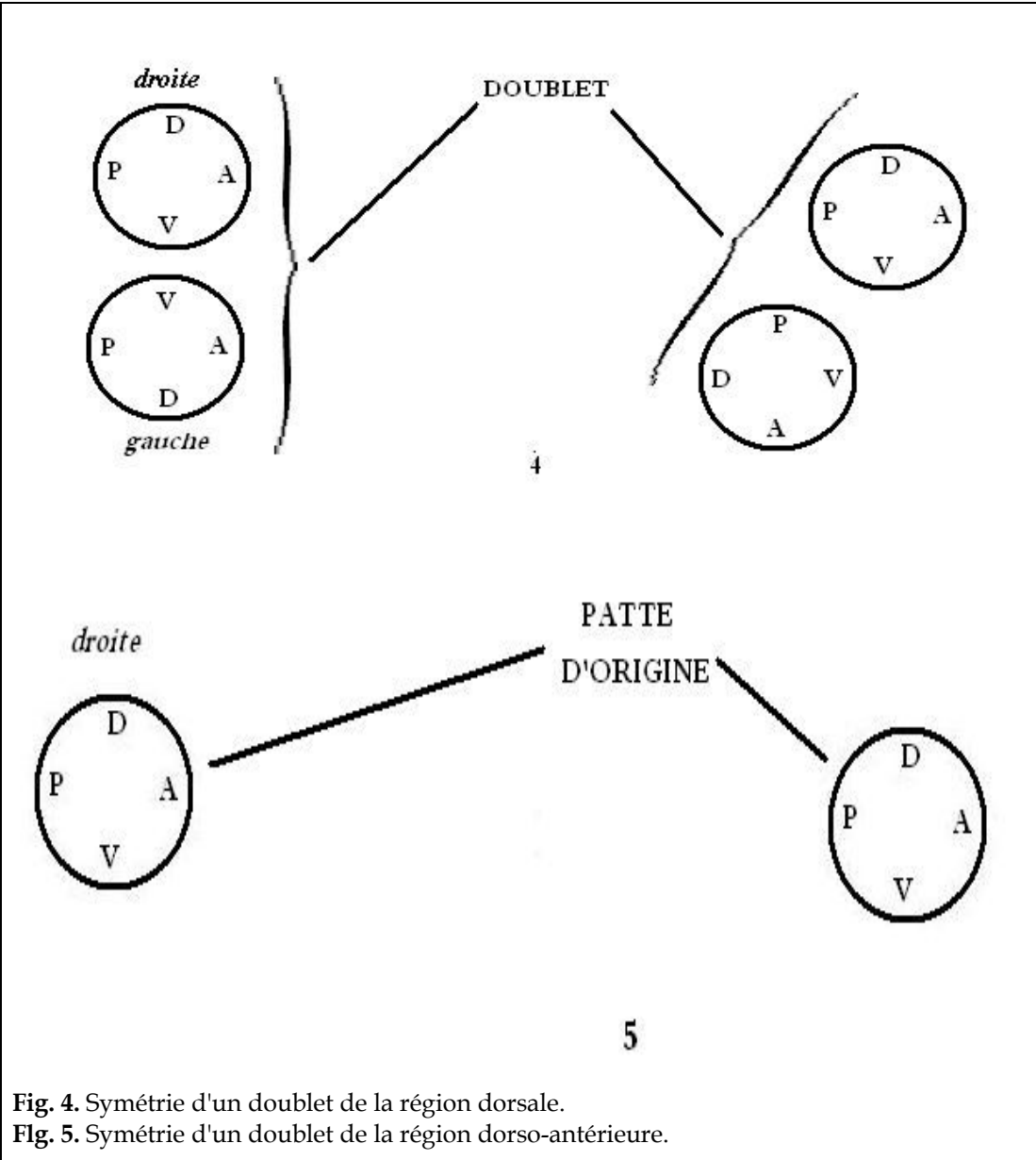
Mais tout ce qui « interdira la symétrie bilatérale » interdira aussi la « ramification », puisque les deux éléments d'une structure de ramification constituent une paire symétrique (même dans le cas d'une symétrie radiale).

Cela étant, nous sommes fondés à penser que la *perte* (ou l'effacement) du gradient centro-périphérique qui interdit la ramification permettra, pourtant, la formation d'un

Il est stupide et vulgaire d'approcher la gamme tellement riche de la pensée évolutionniste, avec seulement des questions du type « qui a eu raison » et « qui a eu tort ». Nous pourrions tout aussi bien dire que les Amphibiens et les Reptiles ont eu « tort », alors que les Mammifères et les Oiseaux ont eu « raison », quant à leurs solutions au problème : comment vivre ?

Car, en nous opposant constamment aux fondamentalistes, nous sommes amenés à des idées tout aussi *insensées* que les leurs. La vérité est que : « Autre est le semeur, autre est le moissonneur » (Jean 4, 38). Et ce texte n'est pas seulement un memento pour notre humilité, mais également un raccourci du vaste processus d'évolution dans lequel, nous autres organismes, nous sommes bon gré mal gré impliqués.

point d'entrée du spermatozoïde déterminent un plan de symétrie bilatérale. Pour qu'il y ait *asymétrie* il faut que l'œuf reçoive une information qui soit à *angle droit avec le plan ainsi défini*, c'est-à-dire quelque chose qui rende la moitié droite différente de la moitié gauche. Si ce quelque chose se perd, l'œuf retrouvera sa symétrie bilatérale première, avec le plan initial de symétrie perpendiculaire à la direction de l'information perdue).



Les doublets surnuméraires peuvent – comme je l'ai indiqué plus haut – prendre naissance sur *n'importe quelle face* de la patte primaire, et, par conséquent, toute une série de formes intermédiaires pourra apparaître entre les différents types – présumés discontinus – de perte d'information. Cela signifie que, si la symétrie bilatérale de ces doublets provient d'une perte d'information, cette information perdue ne peut être classée ni comme antéro-postérieure, ni comme dorso-ventrale, ni comme proximo-distale^c.

^c *Distal* : terme utilisé en biologie, pour désigner l'élément qui est le plus éloigné (par opposition à proximal) de la base de la colonie, de l'aisselle du rameau, de la base du membre, etc. (NdT.)

IV.2 - LE RÔLE DES CHANGEMENTS SOMATIQUES DANS L'ÉVOLUTION*

Toute théorie de l'évolution biologique repose sur au moins trois types de changements :

- a) des changements génotypiques, soit par mutation, soit par redistribution des gènes ;
- b) des changements somatiques, sous la pression de l'environnement ;
- c) des changements des conditions de l'environnement lui-même.

Le problème, pour toute théorie de l'évolution, est d'élaborer une *synthèse* de ces trois types de changements et de les présenter sous la forme d'un processus unitaire qui, dans le cadre de la sélection naturelle, rende compte des phénomènes d'adaptation et de phylogénèse. À cette fin, il nous faut convenir de quelques prémisses.

a) La théorie ne sera pas fondée sur l'hérédité lamarckienne. Sur ce point, les arguments d'Auguste Weismann sont toujours valables : il n'y a aucune raison de penser que, soit les changements somatiques, soit les changements du milieu puissent provoquer (au moyen d'une communication physiologique) des changements génotypiques appropriés. Le peu que nous savons de la communication à l'intérieur des organismes multicellulaires¹ tend à montrer qu'une telle communication, allant du soma vers le gène, a peu de chances d'exister et qu'il est, en outre, fort improbable qu'elle soit suivie d'effets adaptatifs.

Reste qu'il nous semble intéressant d'énoncer ici les implications de notre première prémisse :

♦ Chaque fois que, dans un organisme, un caractère quelconque est susceptible d'être changé sous l'effet, mesurable, du milieu ou sous celui, également mesurable, de la physiologie interne, nous pouvons écrire une équation ou la valeur du caractère en question est exprimée comme une fonction de la valeur du facteur d'impact. « La couleur de la peau humaine est fonction de l'exposition à la lumière solaire », « le rythme respiratoire est fonction de la pression atmosphérique », etc. Ces équations sont construites de manière à demeurer *vraies* pour un grand nombre d'observations particulières, et elles contiennent nécessairement des propositions subsidiaires stables (c'est-à-dire des propositions qui demeurent *vraies*) quelle que soit la valeur des facteurs d'impact ou des caractères somatiques. Ces propositions subsidiaires sont d'un type logique différent de celui des premières observations faites en laboratoire : elles ne décrivent pas le matériel observé, mais nos *équations* ; ce sont des énoncés se rapportant à la forme d'une équation particulière, et à la valeur des paramètres que contient cette équation.

♦ Il serait facile, à ce stade, de faire la différence entre génotype et phénotype, en disant que *les formes et les paramètres* des équations nous sont fournis par les gènes, alors que les impacts du milieu déterminent l'événement qui se produit à l'intérieur de ce premier système. Nous dirons, par exemple, que la *capacité* de bronzer est déterminée par le génotype, alors que le degré de bronzage, dans tel cas particulier,

* Cet article a été publié pour la première fois dans la revue *Evolution*, vol. XVII, 1963.

1 C'est délibérément que nous écartons ici les problèmes de génétique bactériologique.

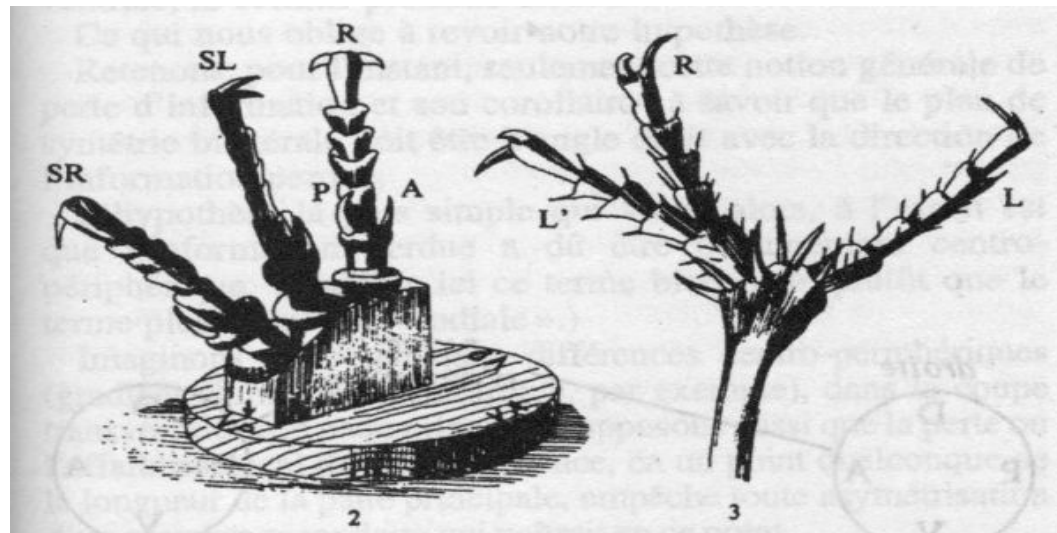
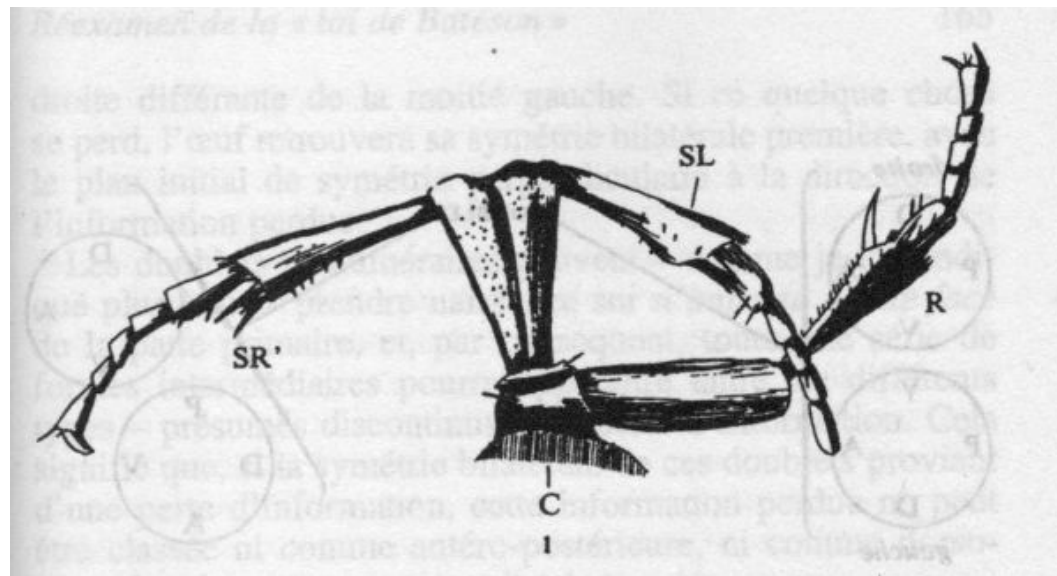


Fig. 1. *Carabus scheidleri*, n° 736. Patte droite avant normale R supportant une paire surnuméraire de pattes SL et SR', sortant de la surface ventrale de la hanche de l'insecte, C. Vue de face. (Propriété du Dr Kraatz.) Extrait de W. Bateson, *Materials...*, op. cit., p.483.

Fig. 2. Engin mécanique montrant les relations qu'entretiennent les pattes surnuméraires (de la symétrie secondaire) entre elles et avec la patte normale sur laquelle elles poussent. Le modèle R représente une patte droite normale. SL et SR représentent, respectivement, les pattes droite et gauche de la paire surnuméraire. A et P, les ramifications antérieure et postérieure du tibia. Pour chaque patte, la surface morphologiquement antérieure est ombragée, la surface postérieure étant blanche. R est vu sous l'aspect ventral ; SL et SR sont dans la position VP. Extrait de W. Bateson, *Materials...*, p.480.

Fig. 3. *Pterostichus mühlfeldii*, n° 742. Représentation semi-diagrammatique du tibia gauche du milieu, portant des tarses surnuméraires sur le côté antéroventral de son extrémité (apex). L, le tarse normal ; R, le tarse surnuméraire droit ; L', le tarse surnuméraire gauche. (Propriété du Dr Kraatz.) Extrait de W. Bateson, *Materials...*, op. cit., p. 485.

En revanche, en l'absence de ce gradient, les deux extrémités seront semblables, autrement dit, la séquence sera symétrique par rapport à un plan perpendiculaire à son propre plan. Considérons, par exemple, le cas de l'œuf de grenouille. Les deux pôles et le

dépend de la durée de l'exposition au soleil.

♦ A partir de cette approche, extrêmement simplifiée, des rôles imbriqués du génotype et de l'environnement, notre prémisse excluant l'hérédité lamarckienne peut se reformuler comme suit : dans toute tentative pour expliquer le processus d'évolution, il nous faut exclure la supposition selon laquelle la réalisation d'une valeur particulière d'une certaine variable, dans des circonstances données, affecte, à travers les gamètes produits par l'individu en question, la forme ou les paramètres de l'équation fonctionnelle qui régit le rapport entre ladite variable et les conditions de l'environnement.

Toutefois, une telle formulation étant simplifiée à l'extrême, il nous faut y ajouter des parenthèses, pour traiter des cas limites ou très complexes.

♦ En premier lieu, il est très important de rappeler que l'organisme, en tant que système communicationnel, peut lui-même opérer à des niveaux logiques multiples ; ainsi y a-t-il des cas où ce que nous avons appelé plus haut « paramètres » sera susceptible de changer. L'organisme individuel peut, à la suite d'un « entraînement », modifier, par exemple, sa capacité de bronzer au soleil. Or, ce type de changement a certainement une importance capitale dans un domaine – celui du comportement animal – où il ne faut jamais oublier qu'on « apprend à apprendre ».

♦ Deuxièmement, il nous faut développer notre formule, afin de pouvoir rendre également compte des effets négatifs. Certaines conditions de l'environnement peuvent avoir un effet tel, sur un organisme qui ne sait s'y adapter, que l'individu en question ne produira pas de gamètes.

♦ Troisièmement, nous devons nous attendre à ce que certains des paramètres d'une équation changent sous l'impact d'une condition physiologique ou d'environnement, autre que celles mentionnées dans l'équation en question.

Ces réserves étant faites, les critiques de Weismann à la théorie de Lamarck, comme mes propres efforts pour les expliciter, se rejoignent dans le souci d'une certaine *économie* ; nous supposons que les principes qui gouvernent les phénomènes ne sont pas censés être modifiés par ces mêmes phénomènes. Nous voici amenés à reformuler le rasoir d'Occam : dans toute tentative d'explication les types logiques ne doivent pas être multipliés plus que nécessaire.

b) *Le changement somatique est absolument nécessaire à la survie.* Tout changement de l'environnement qui nécessite un changement adaptatif correspondant de l'espèce sera létal à moins que les organismes (ou certains d'entre eux) n'utilisent des changements somatiques pour surmonter une phase d'épreuve dont la durée n'est pas prévisible, en attendant soit une modification génotypique adéquate (par mutation ou redistribution des gènes existant déjà dans la population de l'espèce), soit le retour de l'environnement à la norme antérieure. Cette prémisse ne serait qu'un truisme, sans la quantité de temps qui est mise en jeu.

c) *Des changements somatiques sont nécessaires aussi pour faire face à des changements génotypiques susceptibles d'aider l'organisme dans sa lutte externe avec le milieu.* L'organisme individuel est une organisation complexe de parties interdépendantes. Tout changement génotypique, toute mutation affectant l'une de ces parties (et quelle que soit sa valeur, eu égard au monde extérieur du point de vue de la survie) appellera obligatoirement des changements dans beaucoup d'autres parties, changements qui ne seront sans doute ni définis ni latents dans le seul changement mutationnel des gènes. Une hypothétique pré-girafe, par exemple, qui aurait eu la chance de posséder un gène mutant « long-

thèse, les faits contredisent formellement la théorie. Il s'agit, notamment, du problème des paires d'appendices surnuméraires, chez les coléoptères. En 1894, on connaissait environ cent cas de ce type, dont Bateson a décrit près de la moitié ; pour treize d'entre eux¹, il a fait une figure. Dans la mesure où les relations formelles sont ici d'une uniformité remarquable, il ne fait aucun doute qu'un seul type d'explication devrait être valable pour tous ces cas de symétrie.

Dans ce corpus l'une des pattes du coléoptère (rarement plus d'une) présente très souvent une anomalie² consistant en une ramification à un certain point du membre. Celle-ci se présente toujours comme un doublet, se composant de deux parties qui peuvent être confondues au point où la ramification se sépare de la patte d'origine, mais dont les extrémités s'écartent le plus souvent.

Si l'on considère ces extrémités, il y a donc, à partir de la ramification, trois éléments : la patte d'origine, et les deux autres pattes surnuméraires. Elles se situent toutes trois sur le même plan et présentent la symétrie suivante : les deux éléments du doublet surnuméraire constituent une paire complémentaire – comme le voudrait la loi de Bateson – avec un élément droit et un élément gauche. De ces deux derniers, le plus proche de la patte d'origine est complémentaire par rapport à celle-ci.

Ces relations sont illustrées par la [figure 4](#) (p. 141). Chaque élément est représenté par une coupe transversale schématique ; les faces dorsale, ventrale, antérieure et postérieure sont indiquées respectivement par les lettres D, V, A et P.

Ces anomalies sont surprenantes en ce sens que, contrairement à ce que laisserait prévoir notre hypothèse, elles ne témoignent d'aucune discontinuité nette, qui permettrait une classification selon l'information orientative perdue. Le doublet surnuméraire peut naître en n'importe quel point de la circonférence de la patte d'origine.

La figure 4 illustre la symétrie d'un doublet naissant dans la région dorsale. La [Figure 5](#) montre la symétrie d'un doublet dans la région dorso-antérieure. D'après ces exemples, il apparaît que les plans de symétrie sont parallèles à la tangente à la circonférence de la patte principale, tangente qui passe par le point de naissance de la ramification. Mais, dans la mesure où ce point peut être situé *n'importe où* sur la circonférence, il existera une *série continue* de symétries bilatérales possibles.

La [figure 2](#) représente une machine inventée par W. Bateson, pour décrire cette série continue de possibilités.

Si la symétrie bilatérale du doublet est due à une perte d'information orientative, nous devons nous attendre à ce que le plan de cette symétrie forme un angle droit avec la direction de l'information perdue. Si, par exemple, c'est l'information dorso-ventrale qui a été perdue, les nouveaux membres (doublets) doivent comporter un plan de symétrie qui soit à angle droit avec la ligne dorso-ventrale.

(Nous pouvons justifier cette hypothèse de la façon suivante : l'existence d'un gradient, dans une séquence linéaire, crée une différence entre les deux extrémités de la séquence.

¹ W. Bateson, *Materials...*, op. cit., p. 447-503.

² Cf. figures, p. 140-141.

développement spécial, ne sera dû qu'au hasard et ne pourra pas être orienté par rapport aux autres parties de l'organisme, comme l'est le plan de la symétrie bilatérale chez les pois de senteur ou les labiées.

3. On peut faire les mêmes observations pour ce qui est du passage de la symétrie bilatérale à l'asymétrie. Ici encore, l'asymétrie (ou la différenciation des deux moitiés) se fera soit par le jeu du hasard, soit grâce à une information venant de l'extérieur, par exemple des tissus ou des organes voisins. Chez les vertébrés et les arthropodes, chaque appendice latéral est plus ou moins asymétrique¹, et cette asymétrie n'est jamais aléatoire par rapport au reste de l'organisme. Les membres droits ne naissent jamais sur le côté gauche du corps, sauf en conditions de laboratoire. L'asymétrie doit donc dépendre des informations venant de l'extérieur, c'est-à-dire, vraisemblablement, des tissus voisins.

4. Il s'ensuit que, si ce passage de la symétrie bilatérale à l'asymétrie exige un complément d'information, en l'absence de ce complément, l'appendice qui aurait dû être asymétrique ne peut qu'avoir une symétrie bilatérale.

Le problème de la symétrie bilatérale des membres redoublés se trouve, ainsi, ramené à un problème simple, celui de la *perte* d'un élément d'information. Cette conclusion n'est qu'une conséquence de la règle logique générale, selon laquelle toute régression dans la symétrie (de la symétrie radiale à la symétrie bilatérale, et de celle-ci à l'asymétrie) nécessite un *supplément* d'information.

Je ne prétends nullement que ce principe peut rendre compte de tous les phénomènes qui illustrent la loi de Bateson. A vrai dire, je le propose ici surtout pour montrer qu'on peut raisonner d'une façon très simple sur des phénomènes peu explorés. Il se constitue d'une *famille* d'hypothèses, plutôt que d'une seule et unique hypothèse. Cependant, un examen critique de ce qui a été dit plus haut, comme s'il s'agissait d'une unique hypothèse, donnera une image plus approfondie de ma méthode.

Dans chaque cas de reduplication, il sera nécessaire de décider quel est précisément l'élément particulier d'information qui a été perdu. Les propositions que je viens de formuler plus haut devraient, en principe, faciliter cette décision. A première vue, il semble que l'asymétrie de l'appendice naissant dépende de trois types d'informations qui l'orientent : informations proximo-distale, dorso-ventrale et antéro-postérieure. L'hypothèse la plus simple suggère que ces informations puissent être reçues *séparément* et que, par conséquent, l'une d'entre elles puisse être perdue (ou absente), dans chaque cas de reduplication. Il serait alors facile de classer les cas de reduplication en fonction de l'élément d'information manquant. Nous aurions donc au maximum trois types de reduplication, nettement distincts les uns par rapport aux autres.

LES COLÉOPTÈRES À DOUBLES PATTES SURNUMÉRAIRES

Malheureusement, dans le seul ensemble de cas qui permette de vérifier notre hypo-

¹ À cet égard, les écailles, les plumes et les poils offrent un intérêt tout particulier. La plume semble présenter une nette symétrie bilatérale, dont le plan serait lié à la différenciation antéro-postérieure de l'oiseau. A cette symétrie se superpose une asymétrie comme celle des membres bilatéraux individuels. Et, comme pour les membres latéraux, il existe, de chaque côté du corps, des plumes qui se correspondent et qui sont le reflet les unes des autres. Disons que chaque plume est comme une sorte de drapeau dont la couleur et la forme dénotent les valeurs des variables déterminantes au lieu et au moment de sa croissance.

cou », aurait dû s'y adapter par des modifications complexes du cœur et du système circulatoire. Et ces ajustements collatéraux auraient dû se produire précisément au niveau somatique : seules les pré-girafes capables, grâce à leur génotype, de tels changements somatiques auraient survécu.

d) Nous supposons ici que *le corpus des messages génotypiques est de nature essentiellement digitale*. Par opposition, le soma est considéré comme un système de travail permettant d'expérimenter les recettes fournies par le génotype. S'il s'avérait que le corpus génotypique soit, dans une certaine mesure, également *analogique* – à savoir, un modèle de travail, pour le soma –, la prémisse c) serait contredite. Il serait, dans ce cas, imaginable que le gène mutant « long-cou » puisse aussi modifier les messages des gènes qui sont chargés du développement du cœur. Nous savons évidemment que les gènes peuvent avoir un effet pléiotropique ; mais, en l'occurrence, ce type de phénomènes ne serait significatif que si nous pouvions démontrer que les effets du gène A sur le phénotype et ses effets sur l'expression phénotypique du gène B, sont mutuellement compatibles, dans le cadre de l'intégration et de l'adaptation globales de l'organisme.

Ces considérations nous amènent à classer ensemble les changements génotypiques et ceux de l'environnement, en fonction du *prix* de souplesse qu'ils exigent du système somatique. En ce sens, un changement ne devient létal par rapport à l'environnement ou au génotype, qu'à partir du moment où il exige des modifications somatiques que l'organisme est incapable d'effectuer.

Or, il est probable que le *prix* somatique, pour un changement donné, ne dépend pas exclusivement des modifications demandées, mais aussi de la capacité de souplesse somatique dont dispose l'organisme à tel ou tel moment, cette capacité dépendant, à son tour, de la quantité de souplesse que l'organisme a déjà dépensée pour s'adapter à d'autres mutations ou à d'autres changements de l'environnement. Nous sommes donc confrontés à une *économie* de la souplesse qui, comme toutes les autres économies, est déterminante pour le cours de l'évolution si – et seulement si – l'organisme opère au plus près des limites déterminées par cette même économie.

Notons qu'il doit exister une différence importante entre cette économie de la souplesse somatique et les économies plus courantes, d'ordre monétaire ou énergétique. Pour ces dernières, chaque nouvelle dépense peut simplement *s'ajouter* aux dépenses précédentes, et les lois économiques ne deviennent coercitives que lorsque la somme totale des dépenses avoisine les limites du budget. En revanche, les effets combinés des changements multiples, qui exigent tous leur prix du soma, doivent être *multiplicatifs*, ce qui peut être formulé de la manière suivante :

⇒ soit S l'ensemble fini de toutes les possibilités vitales de l'organisme (tous les états vitaux possibles pour lui) ;

⇒ soit s^1 le sous-ensemble de S comprenant tous les états compatibles avec une mutation donnée m^1 ;

⇒ soit encore s^2 le sous-ensemble comprenant tous les états compatibles avec une seconde mutation m^2 .

Il s'ensuit que la combinaison des deux mutations limitera l'organisme au produit logique de s_1 et s_2 c'est-à-dire à ce sous-ensemble d'états, en général plus restreint, qui est

composé seulement d'éléments communs à s_1 et s_2 . Ainsi, chacune des mutations successives (ou toute autre modification génotypique) fractionnera les possibilités d'adaptation (*adjustment*) somatique de l'organisme. Si, d'aventure, l'une des mutations exige un certain changement somatique diamétralement opposé à celui exigé par une mutation autre, les possibilités d'adaptation somatique de l'organisme s'en trouveront immédiatement réduites à zéro.

Le même raisonnement est certainement valable pour les multiples changements de l'environnement qui exigent des adaptations somatiques, quand bien même lorsque ces changements semblent profiter à l'organisme. Une amélioration diététique, par exemple, exclura du champ des adaptations somatiques d'un organisme certains modèles de croissance dont nous pourrions dire qu'ils sont « stoppés » parce que correspondant probablement à d'autres exigences de l'environnement.

De ces quelques considérations, il résulte que, si l'évolution se passait vraiment comme la décrivent les théories classiques, les processus qui la caractérisent seraient tout simplement bloqués ! La nature limitée du changement somatique prouve qu'aucun processus continu d'évolution ne peut résulter seulement d'une succession de changements génotypiques adaptatifs au monde extérieur, puisque leur combinaison, en exigeant une addition d'adaptations somatiques internes dont le soma est incapable, deviendrait par là même létale.

Il faut donc nous tourner vers une autre classe de changements génotypiques. En effet, pour aboutir à une théorie équilibrée de l'évolution, il faut supposer l'existence de modifications génotypiques qui *augmentent* le champ potentiel de souplesse somatique. En effet, lorsque, sous la pression des mutations ou de l'environnement, l'organisation interne des organismes d'une espèce aura été limitée à quelque sous-ensemble restreint de l'ensemble de ses états viables, tout progrès évolutif ultérieur requerra, pour compenser cette limitation première, certaines modifications génotypiques spécifiques.

Notons d'abord que, si les résultats des changements génotypiques sont irréversibles dans la vie des organismes individuels, les changements intervenant au niveau somatique ne le sont généralement pas. Lorsque ces derniers se produisent en réponse à des conditions spéciales de l'environnement, un retour à la norme initiale de cet environnement sera, le plus souvent, suivi d'une diminution ou d'une suppression du nouveau caractère (il est permis de penser qu'il pourrait en être de même des adaptations somatiques accompagnant les mutations adaptatives au monde extérieur, mais naturellement, dans ce cas précis, il est impossible de supprimer les effets de la mutation sur l'individu).

Il n'est pas sans intérêt de remarquer ici, toujours dans la perspective de ces changements somatiques réversibles, que les organismes supérieurs répondent souvent aux exigences de l'environnement par un phénomène que nous pourrions appeler la « défense en profondeur ». Par exemple, un homme qui passerait subitement du niveau de la mer à trois mille mètres d'altitude serait, très probablement, haletant et verrait son rythme cardiaque augmenter. Cependant, ces premières modifications sont aisément réversibles : si cet homme retournait le jour même au niveau de la mer, elles disparaîtraient immé-

thermique, où l'énergie disponible (l'entropie négative) est fonction de la différence entre deux températures, est un exemple classique de la rencontre entre l'« information » et l'« entropie négative ».

En outre, les relations énergétiques de ces systèmes cybernétiques sont d'habitude inversées. Dans la mesure où les organismes sont capables d'emmagasiner de l'énergie, il est fréquent que les dépenses d'énergie (pour une période de temps limitée) soient fonction inverse de l'entrée (*input*) d'énergie. L'amibe, par exemple, est plus active quand elle manque de nourriture, et la tige d'une plante verte pousse plus vite du côté qui est le moins exposé à la lumière.

Cela étant, nous pouvons maintenant inverser la question que pose la symétrie de l'appendice totalement redoublé : « Pourquoi ce double appendice n'est-il pas asymétrique, comme l'est l'appendice correspondant dans tous les organismes normaux ? »

À la question ainsi formulée, une réponse formelle et générale (mais non particulière) peut être imaginée à partir des points suivants :

1. L'œuf de grenouille non fécondé présente une symétrie radiale, avec un pôle animal et un pôle végétatif, mais aucune différenciation de ses rayons équatoriaux. Cet œuf deviendra cependant un embryon à symétrie bilatérale. La question se pose de savoir comment il sélectionne le méridien destiné à devenir le plan de cette symétrie bilatérale. La réponse est connue : l'œuf reçoit une information de *l'extérieur*. Le point d'entrée du spermatozoïde (ou la piqure d'un fil très fin) différencie l'un des méridiens des autres, et ce sera ce méridien qui servira de plan à la symétrie bilatérale.

Il existe aussi des cas inverses. De nombreuses familles de plantes produisent des fleurs à symétrie bilatérale. On sait que toutes ces fleurs sont issues d'une symétrie radiale triple (les orchidées) ou quintuple (labiées et légumineuses) ; on sait aussi que la symétrie bilatérale est réalisée par la différenciation de l'un des axes (par exemple, l'« étendard » du pois de senteur commun) de cette symétrie radiale. La question se pose, à nouveau, de savoir comment un choix peut se faire entre trois ou cinq axes similaires. Ici encore, nous trouvons que chaque fleur reçoit l'information de *l'extérieur*. Ces fleurs à symétrie bilatérale ne peuvent être produites *que* sur une tige secondaire, et la différenciation de la fleur est toujours orientée de façon que la branche porteuse naisse de la branche principale. Il est très rare de voir une plante dont les fleurs sont, normalement, à symétrie bilatérale produire une fleur à l'extrémité d'une tige principale ; une telle fleur ne présentera forcément qu'une symétrie radiale ; elle est alors un monstre cupulaire^b. (Le cas des fleurs qui présentent une asymétrie bilatérale, comme, par exemple, les *catasetum*, de la famille des orchidées, est intéressant. On peut penser qu'elles ont poussé, comme les appendices latéraux chez les animaux, sur des branches secondaires issues de branches principales qui sont, elles-mêmes, déjà bilatéralement symétriques, présentant, par exemple, un affaissement dorso-ventral.)

2. Nous constatons donc que, dans les systèmes biologiques, le passage de la symétrie radiale à la symétrie bilatérale nécessite, en général, un élément d'information venant de l'extérieur. On peut, néanmoins, imaginer qu'un processus distinct soit ébauché par des différences infimes et distribuées au hasard (parmi les rayons de l'œuf de grenouille, par exemple). Dans ce cas, il est évident que le choix d'un méridien particulier, en vue d'un

^b *Cupule* : « Assemblage soudé de bractées formant une petite coupe qui se couvre d'émergences écailleuses ou épineuses » (cf. *Petit Robert*). (NdT.)

pos, ici, est justement de replacer la loi de Bateson dans une nouvelle perspective théorique, celle de la cybernétique, de la théorie de l'information et d'autres théories similaires.

Brièvement et simplement résumée, cette loi de Bateson s'énoncerait ainsi :

Lorsqu'un appendice asymétrique (par exemple, la main droite) est redoublé, le membre résultant de cette reduplication présentera une symétrie bilatérale et se composera de deux parties, dont chacune sera le reflet spéculaire de l'autre, et qui seront disposées de telle sorte que l'on pourrait imaginer entre elles un plan de symétrie.

Néanmoins, W. Bateson lui-même doutait fort que ces reduplications se produisent toujours avec une telle simplicité. Il a prouvé abondamment que, dans la plupart de ces cas, l'un des éléments du système redoublé était lui-même double. Il a montré également que, dans ce type de systèmes, les trois éléments sont en général sur le même plan ; que les deux éléments du doublet sont les reflets spéculaires l'un de l'autre, tandis que l'élément du doublet qui est le plus proche de l'appendice originel est le reflet spéculaire de ce même appendice.

Mon père a montré que cette généralisation est valable pour un grand nombre de reduplications se produisant chez les vertébrés et les arthropodes : pour les autres *phyla*^a, le matériel muséographique étant moins abondant, les possibilités de démonstration sont moins nombreuses.

D'aucuns, comme Ross Harrison¹, pensaient que Bateson avait sous-estimé l'importance de la reduplication simple. Que cette reduplication simple soit ou non un phénomène réel et courant, je commencerai cet essai par un exposé des problèmes logiques qu'elle soulève.

REDÉFINITION DU PROBLÈME

En 1894, la question se posait en ces termes : qu'est-ce qui provoque l'apparition de la symétrie bilatérale dans un contexte qui ne possède pas cette propriété ?

Les théories modernes ont inversé l'énoncé de ce type de questions. En effet, l'information au sens technique, c'est ce qui *exclut* certaines alternatives : une machine autoréglable ne choisira jamais l'état stable ; elle *s'empêche* elle-même de demeurer dans un quelconque état alternatif. Dans tout système cybernétique de ce type, l'action corrective est engendrée par la *différence*. Pour reprendre un terme technique, ce sont là des systèmes dont « le principe actif est l'erreur » (*error-activated*). C'est la différence entre un état en cours et un état « meilleur » qui provoque la réponse corrective.

Le terme technique d'« information » peut alors, succinctement, être défini comme *n'importe quelle différence qui engendre une différence dans un événement ultérieur*. Cette définition est essentielle pour toute analyse des systèmes et des organisations cybernétiques, car elle jette un pont entre cette analyse et le reste de la science, où, en général, les événements ne sont pas produits par des différences, mais par des forces, des impacts, etc. La machine

diatement. En revanche, s'il prolonge son séjour à trois mille mètres d'altitude, un second niveau de défense apparaîtra : celui de l'acclimatation lente, au moyen de changements physiologiques complexes. Son rythme cardiaque et sa respiration finiront par redevenir normaux, à moins qu'il n'accomplisse de gros efforts. Et si, après cela, il retourne à l'altitude zéro, les caractéristiques du second niveau de défense mettront un certain temps à disparaître, l'individu risquant même de ressentir certains maux.

Du point de vue d'une économie de la souplesse somatique, le premier effet de la haute altitude est de réduire l'organisme à un ensemble limité d'états (s_1), caractérisé par la rapidité du rythme cardiaque et par le halètement : l'homme peut encore survivre, mais uniquement comme être relativement rigide. L'acclimatation suivante (« défense en profondeur ») a justement pour but de corriger la perte de souplesse : une fois que l'homme est acclimaté, il peut utiliser les mécanismes du halètement pour s'adapter à d'autres dangers, qui risqueraient autrement de devenir létaux.

Une « défense en profondeur » similaire est aisément repérable dans le domaine du comportement. Lorsque nous sommes confrontés pour la première fois, à un problème particulier, nous l'abordons soit par l'intuition (*insight*), soit encore par la méthode d'« essais-et-erreurs ». Plus tard, et plus ou moins graduellement, nous contractons l'« habitude » d'agir selon la procédure qui s'est révélée efficace au cours des expériences précédentes ; continuer à utiliser l'intuition ou la méthode d'essais-et-erreurs, pour des problèmes de même classe serait un véritable gaspillage. Ces mécanismes peuvent, à présent être économisés et appliqués à d'autres problèmes¹.

Dans l'acclimatation, comme dans la formation d'habitudes, on économise la souplesse en remplaçant un changement superficiel et réversible par un changement profond et durable. Ou, pour reprendre les termes de notre prémisses antilamarckienne : un changement est intervenu dans les paramètres de l'équation fonctionnelle qui met en rapport respiration et pression atmosphérique externe. L'organisme semble ici se comporter comme un système ultra-stable. Ashby² a démontré qu'une caractéristique formelle de ces systèmes est que les circuits qui contrôlent les variables à fluctuation rapide agissent comme des mécanismes régulateurs, et garantissent la constance permanente des variables pour lesquelles le changement est normalement plus lent et de plus faible amplitude ; il a fait, d'autre part, remarquer que toute intervention bloquant les valeurs des variables instables a un effet perturbateur sur la constance des éléments habituellement stables du système. Ainsi, dans le cas d'un halètement constant à haute altitude, le rythme de respiration ne peut plus servir de quantité variable dans le maintien de l'équilibre physiologique ; et inversement, si le rythme de respiration doit redevenir une variable à fluctuation rapide, il faut alors que quelque changement intervienne dans les éléments plus stables du système ; en l'occurrence, ce changement s'effectuera de façon relativement lente et sera relativement irréversible.

Il n'en demeure pas moins vrai que même l'acclimatation et la formation d'habitudes

a *Phylum* : «Souche primitive d'où est sortie une série généalogique; suite de formes revêtues par les ascendants d'une espèce» (cf. *Petit Robert*). (NdT.)

1 R. G. Harrison, « On relations of symmetry in transplanted limbs », *Journal of Experimental Zoology*, n° 32, 1921, p. 1-118

1 Cf. « Exigences minimales pour une théorie de la schizophrénie », ci-dessus p. 75.

2 W. R. Ashby, « The effect of controls on stability », *Nature*, 1945, 155, 242. Cf. aussi W. R. Ashby, *Design for a Brain*, New York, John Wiley, 1952.

sont encore réversibles au cours de la vie de l'individu, ce qui témoigne d'un certain manque d'économie communicationnelle dans ces mécanismes d'adaptation. La réversibilité implique, en effet, que la modification de la valeur d'une variable soit réalisée à travers des circuits homéostatiques, dont le principe moteur est l'erreur. Elle exige l'existence d'un moyen permettant de repérer un changement menaçant ou indésirable dans une variable donnée, ainsi que l'existence d'une chaîne de causes et d'effets qui puisse provoquer une action corrective. De plus, l'ensemble du circuit doit, en quelque sorte, demeurer disponible pour ce but, tant que le changement réversible demeure en place. Ce qui constitue un véritable gaspillage des réseaux communicationnels disponibles !

Le rôle de l'économie communicationnelle s'avère plus sérieux encore si l'on remarque que les circuits homéostatiques d'un organisme, loin d'être indépendants les uns des autres, sont, au contraire, imbriqués de façon extrêmement complexe : ainsi les messagers hormonaux jouant un rôle dans le contrôle homéostatique de l'organe **A** affecteront-ils, également, l'état des organes **B**, **C** et **D** ; toute surcharge particulière du circuit contrôlant **A** diminuera d'autant, pour l'organisme, sa liberté de contrôler **B**, **C** et **D**.

En revanche, tout laisse supposer que les changements provoqués par des mutations ou des modifications génotypiques sont d'une toute autre nature. Chaque cellule contient une copie du nouveau corpus génotypique et modifiera donc, au moment opportun, son comportement, sans qu'il y ait un quelconque changement dans les messages qu'elle reçoit des tissus ou des organes voisins. Si, par exemple, les pré-girafes imaginaires, porteuses du gène mutant « long-cou », pouvaient aussi porter le gène mutant « grand-cœur », leur cœur augmenterait de volume sans qu'il soit nécessaire d'utiliser les réseaux homéostatiques du corps pour obtenir ce résultat et le maintenir. Une telle mutation tire sa valeur de survie, non du fait qu'elle permet à la pré-girafe d'irriguer suffisamment sa tête surélevée – puisque la modification somatique s'en sera déjà chargée –, mais de l'accroissement de souplesse qu'elle procure à la totalité de l'organisme, qui peut maintenant répondre (et survivre) à d'autres exigences, pouvant provenir tant des changements de l'environnement que de ceux liés au génotype.

Il apparaît donc que le processus de l'évolution biologique serait continu, s'il existait une classe de mutations ou d'autres changements génotypiques, dont le mécanisme puisse *simuler* le fonctionnement de l'hérédité lamarckienne. La fonction de ces changements serait de former, avec l'« autorisation » du génotype, les caractères que l'organisme, à un moment donné, est déjà en train d'acquérir par la méthode non économique du changement somatique.

Je pense personnellement qu'une telle hypothèse ne contredit en rien les théories classiques de la génétique et de la sélection naturelle. Elle modifie quelque peu l'image traditionnelle de l'évolution conçue comme un tout, mais il faut rappeler que des idées assez proches de celles-ci ont déjà été formulées, il y a plus de soixante ans. C'est Baldwin¹ qui a suggéré que, en matière de sélection naturelle, nous devrions tenir compte non seulement de l'action de l'environnement extérieur, mais aussi de ce qu'il appelait la « sélection organique », à savoir du fait que le sort d'une variation dépend de sa propre

¹ J. M. Baldwin, « Organic selection », *Science*, 5, 1897, p. 634.

IV.4 - RÉEXAMEN DE LA « LOI DE BATESON »*

INTRODUCTION

Il y a environ quatre-vingts ans, mon père, William Bateson, avait été fasciné par les phénomènes de symétrie et de régularité métamérique qu'on peut observer dans la morphologie des animaux et des plantes. Bien qu'il soit aujourd'hui difficile de définir les motifs exacts de cette attirance, on peut néanmoins supposer qu'il espérait que l'étude de ces phénomènes pourrait lui fournir les bases d'une conception nouvelle de la nature du vivant : il soutenait, avec raison, que la sélection naturelle ne suffisait pas à déterminer, à elle seule, la direction des changements évolutifs, et qu'on ne pouvait mettre la genèse des variations sur le seul compte du hasard. Il entreprit, ainsi, de démontrer l'existence d'une régularité et d'une certaine « légalité » dans les phénomènes de variabilité.

Dans sa tentative de mettre en évidence un ordre que les biologistes de son temps ignoraient presque complètement, il fut guidé par l'idée, qu'il n'a jamais formulée clairement, que le lieu où il fallait rechercher la régularité des variations devait être précisément celui où la variation a un impact sur ce qui est déjà régulier et répétitif. Ces phénomènes de symétrie et de métamérie, eux-mêmes remarquablement réguliers, peuvent certainement être attribués à une régularité, à des « lois » intérieures au processus évolutif. Par conséquent, on doit s'attendre à ce que les *variations* de la symétrie et du métamérisme illustrent le fonctionnement de ces lois.

Dans le langage d'aujourd'hui, nous dirions qu'il était à la recherche d'un certain ordre dans les caractères du vivant, d'un ordre qui témoigne de ce que les organismes évoluent et se développent dans le cadre de systèmes cybernétiques, organisationnels ou de ceux appartenant encore à d'autres niveaux de communication.

C'est au cours de ces travaux que William Bateson a forgé le terme de « génétique »¹. Il a rassemblé et examiné, dans les musées, dans les collections privées et les diverses revues du monde entier, tout ce qui concernait les manifestations tératologiques de la symétrie et du métamérisme des animaux. Cette énorme documentation a été réunie dans un ouvrage dont l'intérêt reste encore considérable².

Afin de prouver l'existence d'une régularité dans le champ des variations tératologiques, il a tenté une classification des différentes sortes de modifications qu'il a pu observer. Nous ne nous arrêterons pas sur cette classification, mais plutôt sur la généralisation qu'il a pu en tirer, et qui constitue une véritable découverte : il s'agit de ce qui fut appelé la « loi de Bateson », qui demeure encore aujourd'hui un des mystères de la biologie. Mon pro-

* Cet essai a été publié pour la première fois dans le *Journal of Genetics*.

¹ William Bateson, « The progress of genetic research », allocution inaugurale du congrès de la Royal Horticultural Society, 1906.

² W. Bateson, *Materials for the Study of Variation*, Londres, MacMillan & Co, 1894.

viabilité physiologique. Dans le même article, Baldwin attribue à Lloyd Morgan l'idée qu'il pourrait exister, effectivement, des « variations coïncidentes » qui *simuleraient* les mécanismes de l'hérédité lamarckienne (c'est l'« effet Baldwin »).

Cette hypothèse permet de comparer les changements génotypiques survenant dans un organisme aux changements législatifs intervenant dans une société. Un législateur avisé n'introduira que très rarement une règle de comportement nouvelle ; il se bornera, le plus souvent, à confirmer dans la loi ce qui était déjà passé dans les mœurs. Car une loi novatrice ne peut être imposée qu'au prix de l'activation, et peut-être même de la surcharge, d'un grand nombre de circuits homéostatiques au sein de la société.

Il serait intéressant de se demander comment fonctionnerait un hypothétique processus évolutif, si c'était bien l'hérédité lamarckienne qui en était la règle ; autrement dit, si les caractères obtenus par homéostasie somatique étaient hérités. La réponse est extrêmement simple : *il ne fonctionnerait pas*. Et voici pour quelles raisons :

1. Nous venons de voir l'importance du concept d'économie dans l'utilisation des circuits homéostatiques. Or, il serait contraire à tout principe économique de bloquer, par des changements génotypiques, *toutes* les variables qui accompagnent un caractère souhaitable obtenu par homéostasie. Tous ces caractères résultent de changements homéostatiques auxiliaires, survenant tout au long des circuits, et il serait fort peu souhaitable que ces changements auxiliaires soient fixés par l'hérédité, comme cela serait logiquement le cas, selon toute théorie admettant le principe de l'hérédité aveugle de Lamarck.

Ceux qui veulent défendre ce type de théorie feraient mieux d'essayer de montrer *comment* il pourrait y avoir une sélection appropriée dans le génotype ; car, sans cette sélection, l'hérédité des caractères acquis ne ferait qu'augmenter la proportion des changements génotypiques non viables.

2. L'hérédité lamarckienne dérangerait la chronologie (*timing*) des processus, chronologie dont cette même théorie fait néanmoins dépendre l'évolution. Il est *indispensable* qu'il y ait un décalage temporel entre la réalisation somatique, coûteuse et réversible, d'un caractère donné et les modifications, économiques mais plus durables, du génotype. Si nous considérons le soma comme un modèle de travail qui peut être modifié de maintes façons, il est évident qu'il faut consacrer à ces « épreuves d'atelier » un temps suffisant, encore que limité, avant de se lancer dans leur impression définitive et massive. Ce délai est fourni par les « hésitations » du processus stochastique. Et l'hérédité lamarckienne le raccourcirait outre mesure.

Le principe qui est ici en jeu est d'une portée générale et nullement négligeable. Il prévaut dans tous les systèmes homéostatiques où un effet donné peut être produit par un circuit homéostatique dont les caractères sont, à leur tour, modifiables par un système supérieur de contrôle. Dans tous ces systèmes (allant du thermostat ménager jusqu'aux gouvernements et à l'administration), il est important que le système supérieur de contrôle *soit en retard* par rapport aux séquences d'événements du circuit homéostatique périphérique.

Deux systèmes de contrôle sont donc présents dans l'évolution : les homéostasies du corps, qui se chargent des stress internes tolérables, et la sélection naturelle, qui agit sur les éléments (génétiqument) non viables d'une population. D'un point de vue, disons,

technologique, le problème est ici de *limiter* la communication entre le système inférieur, somatique et réversible, et le système supérieur, génotypique et irréversible.

L'hypothèse que nous proposons présente également un autre aspect sur lequel nous ne pouvons que spéculer, à savoir la fréquence probablement relative des deux classes de changements génotypiques que nous avons distingués : les changements qui innovent et ceux qui ne font que confirmer des caractères déjà obtenus par homéostasie. Chez les métazoaires et les plantes pluricellulaires, nous avons affaire à des réseaux complexes et enchevêtrés de circuits homéostatiques, et toute mutation ou recombinaison de gènes génératrice d'innovation appellera, probablement, la formation par homéostasie de caractères somatiques multiples et diversifiés. Ainsi, notre hypothétique pré-girafe, porteuse du gène mutant « long-cou », devra non seulement modifier son cœur et son système circulatoire, mais encore ses canaux semi-circulaires, ses disques vertébraux, les réflexes qui régissent sa posture, la proportion, la longueur et l'épaisseur d'un certain nombre de muscles, ses tactiques de fuite devant les prédateurs, etc. Aussi, pour que les organismes complexes évitent ce cul-de-sac où la souplesse somatique tend vers zéro, faut-il que le nombre des changements génotypiques *confirmatifs* dépasse de beaucoup le nombre des changements *novateurs*.

Inversement, nous pouvons penser que, à tout moment, la plupart des organismes demeurent disponibles pour un grand nombre de modifications génotypiques confirmatives. Et si – comme cela semble probable – la mutation et la redistribution des gènes sont toutes deux dues au hasard, il y a néanmoins de fortes chances pour que l'une ou l'autre de ces possibilités multiples se réalise.

Il conviendrait, pour finir, de rechercher et d'examiner les faits susceptibles de confirmer ou d'infirmer cette théorie. Malheureusement, cette vérification s'avère d'emblée difficile, car les mutations confirmatives, sur lesquelles se fonde notre hypothèse, sont en général *invisibles*. En effet, il ne nous sera pas possible de distinguer tout de suite, au sein d'une population en train d'opérer par des moyens somatiques, une adaptation aux conditions de l'environnement, les individus peu nombreux qui effectuent la même adaptation, mais par des moyens génotypiques. Pour les identifier, il nous faudra faire se reproduire et élever dans des conditions « plus normales » la descendance des individus ayant opéré des changements génotypiques.

L'étude des caractères acquis par homéostasie en réponse aux modifications génotypiques novatrices soulève encore plus de difficultés. Un simple examen de l'organisme ne permet pas, en général, de faire la différence entre les caractères primaires résultant des changements génotypiques, et les adaptations somatiques secondaires consécutives à ces premiers changements. Dans le cas de notre pré-girafe imaginaire au cou allongé et au cœur grossi, les choses sont relativement simples : il est facile de *deviner* que la modification du cou est génotypique, alors que celle du cœur est somatique. Mais toutes ces supputations sont tributaires de nos connaissances – bien limitées à l'heure actuelle – en matière de ce qu'un organisme peut accomplir comme adaptation somatique.

C'est un grand malheur pour la science que les généticiens absorbés par la controverse autour de l'hérédité lamarckienne aient, ainsi, complètement négligé le phénomène de

faisons. Il ne s'agit pas, bien sûr, de manipuler les baleines, elles n'aiment pas cela ; mais peut-être d'introduire d'autres espèces animales, ou de trouver quelques petites astuces qui les amèneraient à nous répondre davantage. Les cétacés en captivité sont comme les singes en cage. Ils sont extrêmement intelligents et développés, mais ils s'ennuient.

Un autre facteur à prendre en considération, c'est notre propre faculté d'observation : avec les bélugas, nous avons pu, au moins, étudier visuellement les sons qu'ils émettent, en observant les changements qui se produisent dans la forme du dôme que présente leur front, fortement développé chez ces animaux : il peut s'enfler d'un côté ou de l'autre, et prendre différentes formes liées à la quantité des sons émis. Il suffit donc d'une observation attentive et/ou d'une manipulation habile, pour accomplir beaucoup de choses avec ces animaux, et d'une façon relativement simple.

BATESON : J'ai voulu souligner, tout à l'heure, que chez les mammifères, et même chez les fourmis, tous les organes sensoriels deviennent des organes importants de transmission de messages : « Qu'est-ce qu'il fixe du regard, celui-là ? » ; ou bien : « De quel côté pointe-t-il ses antennes (*pinnae* ? » C'est de cette façon que les organes sensoriels deviennent des organes de transmission de signaux.

Alors, si nous voulons comprendre les dauphins, une des premières choses que nous devons absolument éclaircir, c'est l'interprétation que donne un cétacé de l'utilisation du sonar^b par un autre membre de son espèce. Pour ma part, je crois qu'il existe tout un tas de règles de courtoisie dans cette utilisation : par exemple, il doit être très grossier de se servir de son sonar pour observer trop attentivement ses copains, exactement comme, entre humains, il est très impoli de trop détailler les pieds d'une autre personne. Nous avons, nous humains, de nombreux interdits concernant l'observation des signaux kinesthésiques d'autrui, précisément parce qu'une telle observation fournirait *trop* d'informations sur son comportement.

DR PURVES : A mes yeux, les dauphins et les autres cétacés doivent souffrir d'un désavantage supérieur à celui dont les hommes ont eux-mêmes souffert dans leur passé. Quelqu'un - je ne sais plus quelle autorité - disait que l'origine du langage humain se trouverait dans le langage analogique. Autrement dit, si on utilise le mot « bas », du même coup, on baisse la main et le maxillaire inférieur ; si on dit « haut », on lève la main et le maxillaire inférieur. Si on emploie le mot « table » (surtout en le prononçant en français), la bouche s'élargit et l'on fait un geste horizontal. Quelle que soit sa complexité, le langage humain s'appuie à tout instant sur son origine analogique. Le pauvre cétacé, lui, n'a rien de semblable qui lui serve de point de départ. Il a donc fallu qu'il soit vraiment très intelligent, pour avoir réussi à élaborer un système de communication *à partir de rien*.

BATESON : Ce qui a dû se passer avec eux, c'est que les informations que nous-mêmes, humains, ainsi que les autres mammifères terrestres, pouvons recueillir visuellement, ont été *déplacées dans la voix*. Il n'en demeure pas moins que, pour les comprendre, nous devons commencer par étudier ce qui demeure du matériel visuel.

^b *Sonar* : terme emprunté à la technologie de la navigation sous-marine, désignant l'équipement de détection et de communication sous-marines, analogue au radar, et basé sur la réflexion des ondes sonores ou supersoniques. (NdT.)

une personne et deux ou plusieurs animaux, ou des relations entre un animal et deux ou plusieurs personnes. De tels contextes sont des modèles réduits d'organisation sociale, où l'on doit s'attendre à ce que l'animal montre des comportements spécifiques et fasse des tentatives spécifiques pour modifier les contextes, c'est-à-dire manipuler les humains.

DISCUSSIONS

M. WOOD : Durant les douze années que j'ai passées dans les *Marine Studios* de Floride, j'ai longuement observé la concentration probablement la plus vaste qui existe de *Tursiops* en captivité. Elle comprend des animaux de tous âges, et, la plupart du temps, deux ou trois individus en plein processus de croissance. Or, je dois dire que je n'y ai pas vu grand-chose de ce que vous êtes allé chercher dans un groupe d'animaux beaucoup plus restreint, aux *Virgin Islands*.

En revanche, j'ai assisté, une fois, à une scène très intéressante : un matin de bonne heure, à 6 heures ou 6 heures 30, un adulte mâle, pendant près d'une demi-heure, prit position à côté d'une femelle qui se tenait strictement immobile, dans le courant du bassin. Il remontait de temps à autre à la surface, puis revenait auprès d'elle, et lui donnait des coups répétés sur le côté, à l'aide de sa nageoire droite. Rien n'indiquait, cependant, que ce manège eût une quelconque signification sexuelle : le mâle n'était pas en érection, et l'on ne pouvait observer aucune réponse non plus de la part de la femelle. Il s'agissait là d'un signal non vocal, aussi clair que tous ceux que j'avais jusque-là observés dans le bassin.

BATESON : Je répondrai d'abord en disant qu'il s'échange certainement beaucoup plus de signaux qu'il ne semble à première vue. Bien sûr, il existe - et je suis loin de nier leur importance - nombre de signaux spécifiques. Je veux dire des attouchements et ainsi de suite. Ce qu'il faut surtout remarquer ici, c'est que cette femelle timide, pour ainsi dire « traumatisée », qui demeure immobile à un mètre au-dessous de l'eau, alors que deux autres cétacés lui tournent autour, cette femelle attire leur entière attention précisément en restant immobile. Il est bien possible qu'elle ne transmette pas activement ses messages, mais, en matière de communication corporelle, point n'est besoin d'être actif pour que les autres captent vos signaux. Il suffit d'*être*, et c'est uniquement *en étant* que cette femelle attire toute l'attention des deux mâles qui passent, s'arrêtent un peu, partent et reviennent, etc. On a envie de dire que cette femelle est « repliée » sur elle-même, elle l'est, effectivement, mais à la manière du «schizophrène» qui, parce qu'il est « replié » sur lui-même, devient le centre de gravité de toute sa famille. Dans le cas du cétacé femelle, tous les autres membres du groupe tournent autour de ce *repli*, et elle ne permet à personne de l'oublier.

DR RAY : Je serais plutôt d'accord avec M. Bateson. Au *New York Aquarium*, nous travaillons sur le bélouga^a, et je suis persuadé que ces animaux sont en réalité beaucoup plus expressifs que nous voulons bien le croire. Je pense qu'une des raisons qui explique leur apathie est le fait qu'en captivité, la plupart du temps, ils s'ennuient à mourir. L'environnement constitué par le bassin est fort peu intéressant, et j'estime, pour ma part, que nous devrions organiser leur captivité beaucoup plus intelligemment que nous ne le

l'adaptabilité somatique. Après tout, les mécanismes, les seuils et les limites maximales des changements phénotypiques accomplis par des individus soumis à des stress doivent certainement être déterminés par le génotype.

Au niveau des populations – qui sont soumises à une « économie » des changements potentiels théoriquement différente de celle qui opère au niveau de l'individu –, nous rencontrons une autre difficulté, de nature à peu près semblable. Une population donnée d'espèces sauvages est, en général, considérée aujourd'hui connue hétérogène du point de vue du génotype, quelle que soit la forte ressemblance extérieure que présentent entre eux les phénotypes individuels. Une telle population fonctionne comme un réservoir de possibilités génotypiques. Simmonds, par exemple, a particulièrement insisté sur l'aspect économique de ce réservoir¹. Pour lui, les fermiers et les éleveurs qui cherchent à tout prix à obtenir des individus hautement sélectionnés et parfaitement uniformes, du point de vue phénotypique, ne font, en réalité, que gaspiller la plupart des possibilités génétiques accumulées depuis des centaines de générations par la population sauvage. Ce qui amène Simmonds à réclamer la création d'institutions chargées de « conserver » le réservoir des variations potentielles, en laissant se reproduire librement certaines populations, sans sélection artificielle.

Lerner² lui, a prouvé qu'il existe un certain nombre de mécanismes d'amortissement ou d'autocorrection, dont la fonction est d'assurer la constance de la composition de ces mélanges de génotypes sauvages, et de résister aux effets de la sélection artificielle. Il y a donc des chances pour que cette économie de la variabilité à l'intérieur de la population ait, en définitive, des effets *multiplicatifs*.

A ce stade, il devient évident que la difficulté d'établir une distinction entre les caractères acquis par homéostasie et ces mêmes caractères obtenus (de façon plus économique) par le raccourci génotypique, sera encore accentuée si l'on prend en considération non pas des individus, mais des populations. Dans ce cas, toutes nos expériences devront se faire sur des ensembles de populations, et il sera alors nécessaire de distinguer les effets de l'économie de la *souplesse*, qui opère au niveau de l'individu, des effets de l'économie de la *variabilité*, opérant au niveau des populations. C'est seulement en théorie que ces deux niveaux d'économie sont faciles à distinguer, la vraie difficulté étant de faire ressortir leurs différences dans la pratique de l'observation ou de l'expérience.

Malgré ces difficultés expérimentales, tâchons de recenser les faits déjà connus qui étayeraient quelques-unes des propositions fondamentales de notre hypothèse :

1. Les phénomènes d'adaptation somatique sont décrits de façon adéquate en termes d'une économie de la souplesse. Il est généralement admis qu'un organisme soumis à une tension **A** sera, de ce fait, moins capable de résister à une autre tension **B**. Voilà pourquoi, habituellement, nous protégeons le malade des intempéries. Les bureaucrates ont souvent du mal à escalader une montagne et les montagnards s'adaptent mal à la vie de bureau : de même, la mise à la retraite peut constituer un changement létal pour certains d'entre nous, etc. Reste que les connaissances scientifiques sur cette économie de la souplesse, qu'il s'agisse des hommes ou

1 N. W. Simmonds, « Variability in crop plants, its use and conservation », *Biological Review*, 37, 1962, p. 422-462.

2 I. M. Lerner, *Genetic Homeostasis*, Edimbourg, Olivier & Boyd, 1954.

a Variété de dauphin, aussi appelé « canari de mer ». (NdT.)

bien d'autres organismes, sont actuellement très limitées.

2. Cette économie de la souplesse a la structure logique que nous avons décrite plus haut : chaque recours à la souplesse fractionnera l'ensemble des possibilités disponibles. Cette proposition, bien que vraisemblable, n'a encore jamais été démontrée, mais cela ne nous dispense pas d'examiner ici les critères qui permettent de décider s'il est plus exact de décrire un système « économique » donné, en termes d'addition ou de multiplication. Il semble que ces critères soient au nombre de deux :

a) Un système est *additif* si les unités en circulation à l'intérieur de ses limites sont mutuellement interchangeables et, donc, ne peuvent être classées de façon significative dans des ensembles comme ceux dont nous nous sommes servis, plus haut, pour démontrer que l'économie de la souplesse est multiplicative. Dans l'économie énergétique, les calories sont absolument interchangeables et inclassables, tout comme le sont les dollars dans le budget individuel. Ces deux systèmes sont donc *additifs*. Par contre, les permutations et combinaisons de variables qui définissent l'état d'un organisme sont, elles, classables et, dans cette mesure, ne sont pas interchangeables. Ce système est, par conséquent, *multiplicatif*. Sa mathématique ressemblera donc à celle de la théorie de l'information ou de l'entropie négative, plutôt qu'à celle de l'argent ou de la conservation de l'énergie.

b) Un système est *additif* lorsque les unités en circulation à l'intérieur de ses limites sont mutuellement indépendantes. Sur ce point, il y aura certainement une différence entre un budget individuel, où les problèmes sont additifs (ou plutôt, soustractifs), et le budget d'une nation, où l'ensemble de la distribution et de la circulation des biens se fait selon des systèmes homéostatiques complexes, et peut-être imparfaits. Y aurait-il donc une *économie de l'économie de la souplesse* (une méta-économie) qui serait, elle, multiplicative et semblable à l'économie de la souplesse physiologique que nous venons d'examiner ? On peut, en tout cas, remarquer que l'unité de cette métaéconomie ne serait plus le dollar, mais un quelconque modèle de distribution de la richesse. De même, l'« homéostasie génétique » de Lerner, dans la mesure où elle est vraiment homéostatique, aura elle aussi un caractère *multiplicatif*.

Toutefois, les choses ne sont pas si simples, et il ne faut guère s'attendre à ce que chaque système soit exclusivement additif ou exclusivement multiplicatif. La plupart du temps, il s'agira de cas intermédiaires, combinant ces deux caractères. Ainsi, lorsque plusieurs circuits homéostatiques alternatifs et *indépendants* contrôlent une seule variable, le système présentera évidemment des caractères additifs ; il pourrait même s'avérer bénéfique d'introduire ces voies alternatives dans le système même, à condition cependant qu'elles puissent être convenablement isolées les unes des autres. Ce système à contrôles alternatifs multiples peut offrir des avantages du point de vue de la survie, dans la mesure où la mathématique de l'addition ou de la soustraction se montre plus payante que celle du fractionnement logique.

3. Les changements génotypiques novateurs font couramment appel à la capacité d'adaptation du soma. Cette proposition, bien que classique en biologie, n'a jamais pu être vraiment vérifiée en pratique.

4. Les innovations génotypiques successives ont des effets multiplicatifs sur le soma. Cette proposition – qui fait appel à la fois à la notion d'économie multiplicative de la souplesse, et à l'idée que chaque changement génotypique novateur exige son *prix* du soma – a certaines conséquences intéressantes et probablement vérifiables.

Les humains que nous sommes détestons que quelqu'un se mette à interpréter nos attitudes et nos gestes, et à les traduire en termes de relations interpersonnelles. Nous préférons nettement que nos messages affectifs restent *analogiques*, inconscients et involontaires. Nous avons tendance à nous méfier de tous ceux qui sont capables de *simuler* les messages concernant les relations.

Pour toutes ces raisons, nous n'avons donc aucune idée de ce que pourrait être une espèce pourvue d'un système de communication *digital*, fût-il simple et rudimentaire, et dont l'objet principal serait les fonctions μ . C'est là un système que nous autres, mammifères terrestres, ne pouvons imaginer et pour lequel nous n'avons aucune empathie.

DIRECTIONS DE RECHERCHES

Il nous faut, maintenant, aborder l'étude des moyens permettant de tester et d'augmenter le corpus de nos hypothèses, et cela constituera la partie la plus théorique de cet essai. Pour ce faire, je pose ici les prémisses heuristiques suivantes :

1. L'épistémologie sur laquelle s'appuie notre hypothèse ne fera pas l'objet de nos tests. Empruntée à Whitehead et Russell¹, elle nous sert de fil conducteur. Si ce travail se montrait payant, il ne s'agirait là que d'une vérification bien modeste de cette épistémologie.
2. J'ignore quels peuvent être les aspects d'un système digital primaire, dont l'objet serait la communication sur des modèles de relation ; il y a, cependant, de fortes chances qu'il offre des aspects différents de ceux d'un langage sur les « choses », et sans doute se rapprocherait-il davantage de la musique. Je ne m'attends donc pas à ce que les techniques du décodage du langage humain puissent être immédiatement appliquées à la vocalisation des dauphins.
3. Notre première tâche sera, donc, d'identifier et de classer les formes et les éléments des relations qui existent entre les animaux, au moyen d'études éthologiques de leurs actions, interactions et organisations sociales. Les éléments qui composent ces modèles sont certainement encore présents dans les actions et la kinésie des espèces. Nous commencerons donc par établir une liste de signaux kinésiques utilisés par les dauphins, et nous les rapporterons ensuite aux contextes où ils apparaissent.
4. Il ne fait pas de doute que, tout comme le comportement du chef de la horde nous a appris que, chez les loups, la « domination » est métaphoriquement liée au sevrage, de même les dauphins finiront par nous livrer leurs métaphores kinésiques pour « domination », « dépendance » ou toute autre fonction μ . Peu à peu ce système de signaux s'assemblera, élément par élément, pour constituer un tableau de toutes les formes de relations qui existent, même entre des animaux arbitrairement enfermés dans le même bassin.
5. Lorsque nous commencerons à comprendre le système métaphorique du dauphin, il nous sera alors possible de reconnaître et de classer les contextes de ses vocalisations. C'est à ce stade que les techniques statistiques de décodage deviendront peut-être utiles.
6. L'hypothèse de la structure hiérarchisée du processus d'apprentissage – sur laquelle se fonde l'ensemble de cet essai – fournit le point de départ d'une série d'expériences diverses. On peut ainsi élaborer différents contextes d'apprentissage simple, afin de déterminer les types de contextes dans lesquels certains apprentissages ont le plus de chances de se produire. Nous nous attacherons surtout aux contextes qui impliquent des relations entre

¹ A. N. Whitehead et B. Russell, *op. cit.*

problème, c'est que la communication digitale repose sur l'existence d'un certain nombre de signes purement conventionnels : 1, 2, 3, X, Y, etc., qui sont combinés selon des règles qu'on appelle des algorithmes. Les signes eux-mêmes n'ont pas de rapport simple (rapport de grandeur, par exemple) avec ce qu'ils désignent. Le signe « 5 » n'est pas plus grand que le signe « 3 ». Et, s'il est vrai qu'en enlevant la barre horizontale de « 7 » on obtient « 1 », il est vrai aussi que la barre en question ne désigne nullement le chiffre « 6 ». Un nom n'a, en général, qu'un rapport purement conventionnel et arbitraire avec la *classe* qu'il nomme. Le signe « 5 » n'est que le nom d'une grandeur. Il serait absurde, par exemple, que je me demande si mon numéro de téléphone est plus grand que le vôtre, puisqu'un central téléphonique n'est qu'un ordinateur digital : on ne le nourrit pas de grandeurs, mais seulement de *noms* désignant des positions sur une matrice.

Dans la communication *analogique*, en revanche, on utilise des grandeurs réelles, qui correspondent à des grandeurs réelles au niveau de l'objet du discours. Un bon exemple d'ordinateur analogique est fourni par le télémètre incorporé de l'appareil photographique moderne : il s'agit d'un mécanisme dont le fonctionnement repose sur un angle de grandeur réelle, et qui est réellement sous-tendu, en un certain point de l'objet à photographier, par la base du télémètre. Cet angle contrôle une came, qui, à son tour, fait avancer ou reculer l'objectif de l'appareil. Le secret du télémètre réside dans la forme de cette came, qui doit être une représentation analogique (une image ou une courbe cartésienne) de la relation fonctionnelle entre la distance de l'objet et la distance de l'image.

Le langage verbal, lui, est purement digital dans presque tous ses éléments. Le mot « grand » n'est pas plus grand que le mot « petit ». Et, en général, on ne trouve rien, dans le schéma du mot « table » (c'est-à-dire dans le système des grandeurs qui lui sont corrélatives), qui pourrait correspondre au système de grandeurs corrélatives à l'objet qu'il désigne.

Au contraire, dans la communication kinésique et paralinguistique, l'ampleur du geste, la profondeur de la voix, la longueur de la pause ou la tension du muscle correspondent (directement ou inversement) aux grandeurs de relations qui font l'objet du discours. Le modèle d'action, dans la communication du chef d'une horde de loups, par exemple, est immédiatement intelligible dès qu'on possède des informations sur les pratiques de sevrage chez ces animaux, puisque ces pratiques sont elles-mêmes des signaux kinésiques *analogiques*.

On peut donc logiquement envisager l'hypothèse que la vocalisation des dauphins est une expression *digitale* des fonctions μ . C'est précisément ce que j'avais à l'esprit, lorsque je disais que la communication de ces animaux est, probablement, d'un type qui nous est tout à fait inhabituel. Il est vrai que l'homme dispose, lui aussi, de quelques mots pour exprimer ces fonctions μ , comme, par exemple : « amour », « respect », « dépendance », etc. Mais ces mots n'ont qu'une fonction très pauvre dans la communication sur les relations entre personnes. Si vous dites à une jeune fille : « Je vous aime », elle attachera certainement beaucoup plus d'importance aux signes kinesthésiques et paralinguistiques qui accompagnent votre déclaration, qu'aux mots eux-mêmes.

purement *digitaux*, tandis que les courbes cartésiennes, elles, sont *analogiques*.

a) Il y a tout lieu de penser que les organismes qui accumulent de multiples changements génotypiques récents (soit par sélection, soit par reproduction programmée) sont fragiles, et ont donc besoin d'être protégés contre les tensions de l'environnement. Nous devons donc nous attendre à trouver cette vulnérabilité aux tensions dans les nouvelles lignées de plantes et d'animaux domestiques, ainsi que dans les organismes obtenus expérimentalement et qui sont porteurs soit de plusieurs gènes mutants, soit de combinaisons génotypiques inhabituelles (c'est-à-dire récemment acquises).

b) Nous devons également nous attendre à ce que de nouvelles innovations génotypiques (autres que celles qui ont trait aux changements confirmatifs décrits plus haut) soient, à la longue, nuisibles pour les organismes.

c) Au fur et à mesure que la sélection opère sur des générations successives, en favorisant les individus chez qui l'« assimilation génétique des caractères acquis » est réalisée, les nouvelles lignées devront mieux résister tant aux tensions de l'environnement qu'aux changements génotypiques (proposition 5).

5. *Les caractères acquis déterminés par l'environnement peuvent, sous certaines conditions de sélection, être remplacés par des caractères similaires, déterminés génétiquement.* Waddington¹ a démontré l'existence de ce phénomène pour les phénotypes bithorax de la *Drosophile*. Il l'a appelé : « assimilation génétique des caractères acquis ». Des phénomènes similaires ont certainement dû se produire au cours d'expériences sur l'hérédité des caractères acquis, bien que celles-ci n'aient rien démontré à ce sujet, faute d'un contrôle approprié des conditions de la sélection. Nous ne possédons aucune donnée certaine sur la fréquence de ces phénomènes d'assimilation génétique. Remarquons toutefois que, en vertu des propositions avancées ici même, il devrait, en principe, être impossible d'exclure le facteur de la sélection à partir d'expériences qui chercheraient à démontrer l'« hérédité des caractères acquis ». Ma thèse est précisément celle-ci : la *simulation* de l'hérédité lamarckienne possède une valeur de survie dans une situation de tensions *indéterminées* ou multiples.

6. *Du point de vue de la souplesse, il est plus économique d'acquérir un caractère par des changements génotypiques que par des changements somatiques.* Sur ce point précis, les travaux de Waddington ne nous donnent aucune lumière, parce que, dans ce cas, c'était l'expérimentateur lui-même qui avait opéré la sélection. Pour vérifier cette proposition, nous devrions réaliser des expériences où les populations seraient soumises à une double tension : a) celle, d'abord, qui provoquerait l'apparition du caractère qui nous intéresse ; et b) celle qui décimerait sélectivement la population, favorisant ainsi (du moins, c'est ce que nous espérons) la survie des individus qui, par leur souplesse, sont les plus aptes à répondre à cette seconde tension, après s'être adaptés à la première. Selon cette hypothèse, un tel système devrait favoriser les individus qui réalisent leur adaptation à la première tension par un processus génotypique.

7. Pour terminer, il serait intéressant d'examiner un corollaire qui serait le contraire de notre thèse. Il a été dit plus haut que la *simulation* de l'hérédité lamarckienne aura une valeur de survie, lorsque la population devra s'adapter à une tension qui restera constante sur plusieurs générations successives. Ce cas est, précisément, celui qui a été examiné par tous ceux qui ont voulu démontrer l'hérédité des caractères acquis. Le problème inverse sera posé par des situations – rares dans la nature, mais réalisables en laboratoire – où les tensions changent d'intensité de façon imprévisible, et assez fréquemment, toutes les deux ou trois

¹ C. H. Waddington, « Genetic assimilation of an acquired character », *Evolution*, 7, 1953, 118. Cf. également C. H. Waddington, *The Strategy of Genes*, Londres, Allen & Unwin, 1957

générations, par exemple.

Dans ces circonstances variables, les organismes ont peut-être intérêt, pour survivre, à réaliser le *contraire* de l'assimilation génétique des caractères acquis : c'est-à-dire qu'il serait profitable qu'ils cèdent à des mécanismes somatiques homéostatiques le contrôle des caractéristiques qui avaient été, auparavant, plus rigidement contrôlées par le génotype.

Il est évident, néanmoins, que ce genre d'expérience est extrêmement difficile à réaliser. Rien que pour établir l'assimilation génétique du bithorax, par exemple, il a fallu établir une sélection sur une échelle astronomique : la population finale présentant ce caractère déterminé génétiquement était un échantillon sélectionné sur une population potentielle d'environ 10^{50} ou même 10^{60} individus ! De plus, il est fort peu probable que, après ce processus de sélection, il reste dans l'échantillon assez d'hétérogénéité génétique pour permettre ensuite la sélection inverse, destinée à favoriser les individus qui acquièrent encore le phénotype bithorax par des moyens somatiques.

Il se peut cependant, bien que le laboratoire ne puisse probablement pas nous fournir la démonstration de ce corollaire inverse, que, dans l'ample mouvement de l'évolution, quelque chose de semblable au processus en question se produise souvent. Ce problème des changements d'intensité des tensions externes peut être présenté sous une forme, pour ainsi dire, plus dramatique, en prenant en considération la dichotomie entre « régulateurs » et « adaptateurs »¹. D'après Prosser, lorsque la physiologie interne contient une variable quelconque qui présente les mêmes dimensions qu'une variable de l'environnement externe, il convient de classer les organismes en fonction du degré auquel ceux-ci peuvent assurer la constance de la variable interne, en dépit des modifications de la variable externe. Ainsi, les animaux homoïothermes seront classés comme « régulateurs » de la température, alors que les animaux poïkilothermes seront classés comme « adaptateurs » à ce même égard. On peut étendre cette dichotomie aux animaux aquatiques, selon leur manière d'équilibrer les pressions osmotiques internes et externes.

Il est habituellement admis que, du point de vue de l'évolution, les régulateurs sont, en quelque sorte, placés « plus haut » que les adaptateurs. Essayons cependant de voir ce que cela peut vouloir dire. S'il existe un large courant évolutif favorable aux régulateurs, celui-ci est-il compatible, pour autant, avec les effets bénéfiques du passage au contrôle génotypique, dont nous parlions plus haut ?

Il est évident que non seulement les régulateurs, mais également les adaptateurs ont besoin de recourir à certains mécanismes homéostatiques. Pour que la vie continue, il faut qu'un grand nombre de variables physiologiques essentielles soient maintenues à l'intérieur de limites très étroites : ainsi, par exemple, pour que la pression osmotique interne puisse varier, il faut que certains mécanismes protègent strictement ces variables essentielles. Il s'ensuit que ce qui distingue, en fait, les régulateurs des adaptateurs, c'est uniquement *le lieu où*, dans ce réseau complexe de causes et d'effets physiologiques, opère le processus homéostatique.

Chez les régulateurs, les processus homéostatiques opèrent aux points (ou près des

Personnellement, je ne crois pas que les dauphins possèdent ce qu'en linguistique humaine on pourrait appeler un « langage ». Je ne pense pas qu'aucun animal dépourvu de mains serait assez stupide pour en arriver à un mode de communication aussi inadapté : pourquoi utiliserait-on une syntaxe et un système de catégories ne visant que les choses qu'on peut manipuler, au lieu de communiquer sur des modèles et des possibilités de relations ?

Je vous ferai pourtant observer que c'est là exactement ce qui se passe dans cette salle, en ce moment même. Je suis ici, en train de parler, alors que vous écoutez et attendez. Moi, je m'efforce de vous convaincre, de vous faire regarder les choses à ma façon, de susciter votre respect à mon égard, de vous témoigner le mien, de vous provoquer, et ainsi de suite. En somme, notre enjeu véritable, c'est une discussion sur les modèles et les possibilités de nos relations réciproques, qui adopte les règles d'une conférence scientifique sur les cétacés : voilà ce que c'est que d'être homme.

Je ne crois pas du tout que les dauphins aient un langage dans ce sens-là. Mais ce que je crois, c'est que, comme nous-mêmes et comme les autres mammifères, ils se préoccupent des modèles de leurs relations réciproques. Appelons cette communication sur les modèles des relations, fonction μ du message. Après tout, c'est le chat qui nous a montré l'importance de cette fonction, en miaulant. Lorsqu'ils en ont besoin, les animaux à communication non verbale communiquent sur les choses, en utilisant les signaux qui relèvent d'abord de la fonction μ . Au contraire, les humains se servent du langage, lequel porte d'abord sur les choses, pour parler de relations. Le chat, pour demander du lait, dit : « Dépendance ! », alors que moi, pour attirer votre attention et peut-être votre respect, je vous parle de baleines !

Mais nous ne savons toujours pas si le système de communication des dauphins ressemble au mien où à celui du chat. Ou s'il est encore d'un troisième type.

COMMUNICATION ANALOGIQUE OU COMMUNICATION DIGITALE

Autre aspect du problème : comment se fait-il que les systèmes paralinguistiques et kinésiques des hommes appartenant à des cultures qui nous sont étrangères, et même les systèmes paralinguistiques des autres mammifères terrestres, nous sont au moins en partie intelligibles, alors que le langage verbal des hommes appartenant à des cultures étrangères nous est complètement opaque ?

A cet égard, il semblerait que les vocalisations des dauphins s'apparentent davantage au langage humain qu'aux systèmes kinésiques et paralinguistiques des autres mammifères terrestres.

Bien sûr, nous savons pourquoi les gestes et les intonations nous sont partiellement compréhensibles, et pas les langues étrangères : c'est parce que le langage est *digital*, tandis que la kinésie ou les signaux paralinguistiques sont analogiques¹. Le fond du

1 C. L. Prosser, « Physiological variations in animals », *Biological Review*, n° 30, 1955, p. 222-262.

1 La différence entre les communications *digitale* et *analogique* sera mieux comprise, si l'on prend l'exemple d'un mathématicien de langue anglaise confronté au texte d'un collègue japonais. Il fixera sans les comprendre les idéogrammes japonais, mais il sera capable de comprendre au moins une partie des courbes cartésiennes figurant dans la publication japonaise. Car les idéogrammes, bien qu'à l'origine images *analogiques*, sont à présent

un aveugle, ce n'est pas tant le fait qu'il ne voit pas - après tout, c'est son problème, et nous n'en sommes que vaguement conscients -, mais le fait qu'il ne nous transmet pas, au moyen du mouvement de ses yeux, les messages que nous attendons et dont nous avons besoin pour connaître l'état de nos relations avec lui. Nous ne saurons donc pas grand-chose sur la communication des dauphins, tant que nous ne saurons pas *ce que* un dauphin peut lire dans l'utilisation, la direction, le volume et la tonalité de l'écholocation par un de ses semblables.

Peut-être est-ce cette lacune de notre savoir qui fait que la communication des dauphins nous semble mystérieuse et opaque, mais je ne peux, cependant, m'empêcher de supposer qu'il y a à cela une explication plus profonde.

L'adaptation à la vie dans les océans a dépouillé les cétacés de toute expression faciale. Ils n'ont pas d'oreilles externes à agiter, peu ou pas de poils érectiles ; beaucoup d'espèces ont même les vertèbres cervicales soudées en un seul bloc, et l'évolution a fuselé leur corps, sacrifiant ainsi la force d'expression de chaque partie à la mobilité de l'ensemble. En outre, les conditions de la vie marine sont telles que, même si le dauphin avait un « visage » mobile, les autres dauphins ne pourraient voir les détails de son expression que de très près, même en eaux claires.

Il est donc vraisemblable que, chez ces animaux, la vocalisation ait remplacé la fonction de communication qui est assumée, chez les autres animaux, par l'expression faciale, le remuement de la queue, le serrement du poing, la supination de la main, le gonflement des narines, etc. Nous pourrions même dire que, du point de vue de la communication, le cétacé est le contraire de la girafe : il n'a pas de cou, mais il a une voix. Cette hypothèse, à elle seule, justifie pleinement le grand intérêt théorique porté à la communication des dauphins. Il serait, par exemple, fascinant de savoir si les mêmes structures catégorielles se sont maintenues ou non, à travers le mouvement évolutif qui va de la kinésie à la vocalisation.

Mon impression - qui n'est cependant pas étayée sur des tests -, lorsque j'entends les sons émis par les dauphins, est qu'il n'y a pas vraiment eu de passage de la kinésie à des formes paralinguistiques, comme on le suppose d'habitude. Nous autres, en tant que mammifères terrestres, nous sommes familiarisés avec la communication paralinguistique ; nous l'utilisons nous-mêmes par des gémissements, grognements, rires, pleurs, modulations de la respiration, et ainsi de suite. Pour cette raison, les signaux paralinguistiques des autres mammifères ne nous paraissent pas complètement obscurs. Nous apprenons assez facilement à y reconnaître certaines sortes de salut, de pathos, de rage, de persuasion ou de territorialité, même s'il arrive que nous nous trompions. Mais, dans les sons émis par les dauphins, nous ne pouvons rien deviner.

Je ne suis guère convaincu par ceux qui croient que les sons des dauphins représentent une forme élaborée du système paralinguistique des autres mammifères. Il faut, néanmoins, souligner que raisonner ainsi, à partir de notre incapacité de comprendre, est une plus « faible » méthode théorique qu'une approche positive, s'appuyant sur des éléments connus.

points) d'entrée et de sortie de ce réseau qu'est l'organisme individuel. Chez les adaptateurs, les variables de l'environnement sont autorisées à pénétrer dans le corps, et l'organisme doit alors répondre à leurs effets, en utilisant des mécanismes qui mettent en jeu des boucles plus profondes par rapport à l'ensemble du réseau.

Cette analyse nous permet, à présent, d'introduire par extrapolation une troisième classe d'organismes : celle des « extra-régulateurs », ou organismes qui parviennent à exercer un contrôle homéostatique à l'extérieur de leur corps, par des modifications et un contrôle de l'environnement, l'être humain étant l'exemple typique de cette classe.

Au début de cet article, nous avons soutenu que, du point de vue d'une économie de la souplesse, il est bénéfique de passer, par exemple, du halètement à des changements d'acclimatation plus profonds et moins réversibles ; autrement dit, que l'habitude est plus économique que la méthode d'essais-et-erreurs, et que le contrôle génotypique est plus économique que l'acclimatation. Toutes ces modifications sont des changements *centripètes* dans la localisation du contrôle.

Or, il semble que, dans le mouvement d'ensemble de l'évolution la tendance soit inverse : à la longue, la sélection naturelle favorise les régulateurs plus que les adaptateurs, et les extra-régulateurs plus que les régulateurs. Ce qui semble bien indiquer que, à cette échelle plus vaste, ce sont les changements *centrifuges* de la localisation du contrôle qui s'avèrent les plus avantageux.

Il est peut-être romantique de s'adonner à des spéculations d'une telle envergure, mais il serait néanmoins utile de remarquer que c'est, précisément, cette contradiction entre la tendance d'ensemble de l'évolution et la tendance qu'on peut observer dans une population confrontée à une tension constante, dont rend compte le corollaire inverse examiné plus haut. Si la tension constante favorise les changements *centripètes*, alors que la tension variable favorise les changements *centrifuges*, il devrait s'ensuivre que, sur des longues périodes de temps et à l'échelle des vastes changements qui caractérisent l'évolution, ce sont bien les changements *centrifuges* qui l'emportent.

RÉSUMÉ

Nous avons utilisé ici une méthode déductive. Partant des prémisses classiques de la physiologie et de l'évolution, et leur appliquant les modèles fournis par la cybernétique, nous avons montré qu'il existe à coup sûr une *économie de la souplesse somatique*, et que cette économie devient, à la longue, coercitive pour le processus d'évolution. L'adaptation à l'environnement par mutation ou par redistribution des gènes, telle qu'on la conçoit habituellement, épuiserait inévitablement la souplesse somatique dont dispose l'organisme. Dans ce cas, et si l'évolution doit être continue, il doit exister également une autre classe de changements génotypiques, qui augmentent la souplesse somatique.

En général, les changements obtenus par la voie somatique sont peu économiques, parce qu'ils recourent à l'homéostasie, c'est-à-dire à l'ensemble des circuits de variables inter-dépendantes. Il s'ensuit que l'hérédité des caractères acquis serait létale pour le système évolutif, parce qu'elle *fixerait* les valeurs des variables, tout au long des circuits. En

revanche, les organismes ou les espèces trouveraient des avantages (du point de vue de la survie) à des modifications génotypiques qui simuleraient l'hérédité lamarckienne, c'est-à-dire à des modifications qui feraient apparaître la composante adaptative de l'homéostasie somatique, sans faire appel à l'ensemble du circuit homéostatique. Une telle modification (appelée à tort l'« effet Baldwin ») accroîtrait la souplesse somatique et aurait, ainsi, une grande valeur de survie.

Pour finir, nous avons émis l'idée que c'est exactement le contraire qui se produit lorsqu'une population doit s'acclimater à des tensions *variables*. Dans ce cas, la sélection naturelle devrait favoriser un anti-effet Baldwin.

Les problèmes méthodologiques seront totalement différents lorsque le sujet n'est justement pas coopératif : lorsqu'il est psychopathe, schizophrène, enfant « inadapté » ou dauphin. Ce qu'il y a, sans doute, de plus fascinant chez cet animal est sa capacité - qui reste encore à démontrer théoriquement - à opérer à ce niveau relativement élevé de la hiérarchie des étapes.

Réfléchissons, en effet, à ce qu'est l'art du dresseur. Mes conversations avec ces personnes hautement qualifiées que sont les dresseurs de dauphins et de chiens d'aveugles, m'ont amené à la conclusion que la première qualité d'un dresseur consiste à empêcher l'animal d'exercer son choix au niveau de l'étape (4). Il faut continuellement que l'animal sache que le seul « choix » qui lui reste, s'il ne veut pas s'attirer d'ennuis, c'est de faire la chose qu'il a appris à reconnaître comme « juste » dans un contexte donné. Autrement dit, la première condition d'un numéro de cirque réussi, c'est que l'animal renonce à se servir des niveaux supérieurs de son intelligence. L'art de l'hypnotiseur repose sur un principe similaire.

Cela me rappelle une histoire que raconte le Dr Samuel Johnson. Une dame assez stupide fit accomplir quelques tours à son chien en sa présence. Le docteur ne parut nullement impressionné. « Mais enfin, docteur, dit la dame, vous ne pouvez pas imaginer comme c'est difficile pour un chien ! - Difficile, madame ? répondit le docteur. Si seulement ça pouvait être impossible ! ».

L'étonnant, dans les numéros de cirque, c'est que, après avoir renoncé à utiliser autant d'intelligence, l'animal en possède encore assez pour faire son tour.

A mes yeux, l'intelligence consciente est le plus bel ornement de l'esprit humain. Cependant, de grands penseurs, depuis les maîtres zen jusqu'à Sigmund Freud, ont insisté sur l'ingéniosité des formes d'Intelligence moins conscientes et sans doute plus archaïques.

COMMUNICATION CONCERNANT LES RELATIONS

J'ai dit, tout à l'heure, que je m'attendais à ce que la communication chez les dauphins soit d'un type qui nous est très peu familier. Je voudrais m'étendre ici sur ce point. En tant que mammifères, ce qui nous est familier, et en même temps très souvent inconscient, c'est l'habitude de communiquer sur nos relations. Comme tous les autres mammifères terrestres, nous communiquons la plupart du temps au moyen de signaux kinésiques et paralinguistiques : mouvements du corps, tensions involontaires dans les muscles contrôlables, changements dans l'expression du visage, hésitations, modifications du rythme de la parole et du mouvement, nuances de la voix, irrégularités respiratoires. Si vous voulez comprendre ce que « signifie » l'aboïement d'un chien, regardez ses babines, les poils de son cou, sa queue, etc. Ces parties « expressives » de son corps vous indiqueront quel est l'objet qui provoque l'aboïement, et quel modèle de relations avec cet objet il est susceptible d'adopter dans les secondes qui suivent. Ce qu'il faut surtout regarder, ce sont les organes sensoriels : les yeux, les oreilles, le nez.

Chez tous les mammifères, les organes sensoriels deviennent aussi des organes de transmission de messages à propos des relations. Ce qui nous met parfois mal à l'aise chez

qu'ils sont sociables et pourvus d'un cerveau de grand volume, nous pouvons nous attendre à un haut degré de complexité dans leur communication.

CONSIDÉRATIONS MÉTHODOLOGIQUES

L'hypothèse que nous venons de formuler introduit des difficultés très particulières dans la façon de tester ce qu'on appelle, d'habitude, la « psychologie » des animaux dotés d'individualité : intelligence, ingéniosité, faculté de discrimination, etc. Rien que le simple test de la faculté de discrimination, tel qu'il a été mis au point dans les laboratoires du Dr Lilly, et sans doute ailleurs, comporte toute une série d'étapes :

1. Le dauphin peut ou non percevoir une différence entre deux objets stimulus, X et Y.
2. Le dauphin peut ou non voir dans cette différence une indication sur le comportement qu'il lui faut adopter.
3. Le dauphin peut ou non percevoir que le comportement en question est un renforcement positif (ou négatif), autrement dit que le comportement « juste » est conditionnellement suivi d'une récompense (poisson).
4. Le dauphin peut ou non choisir d'agir de la façon « juste », même lorsqu'il a appris ce qui est « juste ».

Le succès dans l'accomplissement des trois premières étapes ne fait que confronter le dauphin à un nouveau choix. Pour des raisons méthodologiques, c'est justement ce degré supplémentaire de liberté qui doit être l'objet *premier* de nos investigations.

Considérons, en effet, les conclusions qui sont habituellement tirées de ce genre d'expériences. Le raisonnement va toujours de la dernière à la première étape, et se formule ainsi : « Si l'animal a réussi à accomplir la deuxième étape, c'est qu'il a été capable d'accomplir la première ». Si l'animal a réussi à apprendre à se comporter de façon à obtenir la récompense, c'est donc qu'il possède l'acuité sensorielle nécessaire pour distinguer X de Y, et ainsi de suite.

Or, précisément parce que nous cherchons à tirer, du succès de l'animal à accomplir la dernière étape, des conclusions sur les étapes plus élémentaires, il devient d'une importance capitale de savoir si l'organisme en question est capable d'accomplir la quatrième étape. S'il en est capable, alors tous les raisonnements concernant les étapes (1) à (3) sont invalidés, à moins qu'on ne puisse intégrer au schéma expérimental des méthodes adéquates pour contrôler la quatrième étape. Fait bien significatif de ce point de vue, les spécialistes en psychologie humaine ont étudié les étapes (1) à (3), sans prendre aucune précaution pour dissiper les ambiguïtés liées à la possibilité de l'étape (4), dont les êtres humains sont pourtant pleinement capables. Les choses se passent ainsi : si le sujet humain est « coopératif » et « sain », il répond, en général, à la situation expérimentale en réprimant la plupart de ses impulsions, pour modifier son comportement en fonction de son point de vue personnel sur ses relations avec l'expérimentateur. Les mots « coopératif » et « sain » impliquent, précisément, une certaine constance au niveau (4). De sorte que le psychologue opère, en fait, une sorte de *petitio principii* : *si le sujet est coopératif et sain, c'est-à-dire si les règles relationnelles sont stables, le psychologue n'aura pas à se soucier du changement de ses règles.*

IV.3 - PROBLÈMES DE COMMUNICATION CHEZ LES CÉTACÉS ET AUTRES MAMMIFÈRES

La communication préverbale chez les mammifères*

Au cours de mes recherches, j'ai rarement eu l'occasion de travailler avec des cétacés. J'ai disséqué, un jour, dans les laboratoires zoologiques de Cambridge, un spécimen de *Phocoena* acheté à la poissonnerie du coin et, depuis, plus rien jusqu'à cette année, où j'ai eu l'occasion de connaître les dauphins du Dr Lilly. J'espère que l'examen des questions qui me sont venues à l'esprit, lors de mes recherches sur les mammifères singuliers, vous aidera dans vos propres travaux concernant cette question ou des questions connexes.

Mes études antérieures en anthropologie, éthologie animale et psychiatrie m'ont permis de dégager une théorie de l'analyse transactionnelle du comportement. Les prémisses d'une telle position théorique peuvent être brièvement résumées ainsi :

1. Une relation entre deux (ou plusieurs) organismes est, en fait, une séquence des séquences S-R (stimulus-réponse), à savoir un contexte où se réalise l'apprentissage primaire (*proto-learning*).
2. L'apprentissage du deuxième degré (*deutero-learning*), ou « apprendre à apprendre », consiste à acquérir des informations sur les modèles possibles de contextes où se réalise l'apprentissage primaire.
3. Le « caractère » de l'organisme est le résultat de l'ensemble de son apprentissage de deuxième degré et reflète, par conséquent, les modèles contextuels de l'apprentissage primaire antérieur¹.

Ces prémisses ne sont qu'une structuration hiérarchisée de la théorie de l'apprentissage, selon des critères fournis par la Théorie des types logiques de Russell², qui n'avait prévu d'appliquer ces prémisses qu'à l'étude de la communication *digitale*. On peut se demander jusqu'à quel point elles sont applicables à la communication *analogique* ou aux systèmes qui combinent le digital et l'analogique. Je pense que l'étude de la communication chez les dauphins apportera quelques éclaircissements sur ce point. Le problème, disons-le tout de suite, n'est pas de découvrir, par exemple, que les dauphins possèdent un langage complexe, ou de leur apprendre l'anglais, mais simplement d'essayer de combler les lacunes de notre savoir théorique sur la *communication*, en étudiant un système d'un type qui, qu'il soit rudimentaire ou complexe, nous est sans doute complètement étranger.

Je commencerai par rappeler le fait bien connu que le dauphin est un mammifère. Ce fait implique, bien sûr, toutes sortes de choses quant à son anatomie et à sa physiologie, mais ce ne sont pas ces aspects-là auxquels je m'arrêterai ici. Ce mammifère m'intéresse plutôt

* Cet article constitue le 25^e chapitre du livre *Whales, Dolphins and Porpoises*, édité par K. S. Norris, Berkeley and Los Angeles, University of California Press, 1966, p. 569-799.

¹ J. Ruesch et G. Bateson, *Communication : The Social Matrix of Psychiatry*, New York, Norton, 1951.

² A. N. Whitehead et B. Russell, *op. cit.*

par son système de communication et par ce que nous appelons son « comportement », considéré comme un ensemble de données *perceptibles* et *signifiantes* pour les autres membres de son espèce. Ce comportement est *signifiant*, d'abord, dans la mesure où il affecte le comportement d'un animal « récepteur » et, ensuite, dans celle où un échec manifeste dans la transmission de cette « signification » affectera le comportement des deux animaux. Par exemple, les propos que je vous adresse en ce moment peuvent n'avoir aucun effet sur vous, mais si cette *absence d'effet* devient perceptible, elle vous affectera, vous comme moi. J'insiste sur ce point, parce que, dans toute relation entre homme et animal, et particulièrement lorsqu'il s'agit du dauphin, c'est bien cette « absence d'effet » qui détermine une grande partie du comportement des deux.

Quand je considère le comportement des dauphins comme de la communication, leur qualité de mammifère implique, à mon avis, quelque chose de tout à fait spécifique. Pour illustrer cela, je prendrai l'exemple d'une scène filmée au zoo de Brookfield, parmi la horde des loups de Benson Ginsburg.

Chez les canidés, c'est la mère qui se charge du sevrage : lorsque le petit réclame du lait, elle le presse par terre, en le poussant sur le cou avec sa gueule ouverte. Elle répète cette manœuvre jusqu'à ce que le petit cesse sa demande. C'est la méthode que pratiquent les coyotes, les chiens Dingo et les chiens domestiques. Cependant, chez les loups, le système est différent. Leurs petits passent progressivement de la mamelle à la nourriture régurgitée par les adultes : la horde revient à la tanière le ventre plein, tous les adultes régurgitent ce qu'ils ont avalé et, ensuite, ils remangent le tout ensemble. Le moment venu, les adultes sèvrant les petits, en les privant de ce genre de repas collectif et, à ce stade, ils retrouvent la méthode de tous les autres canidés : l'adulte presse le petit par terre, en lui appuyant sur le cou avec sa gueule ouverte. Toutefois, chez les loups, ce rôle n'est pas réservé aux mères, mais incombe aux adultes des deux sexes.

Le chef de la horde des loups de Chicago est un animal superbe qui passe son temps à patrouiller le territoire où est confinée la horde. Il trotte élégamment et semble infatigable, alors que les huit ou neuf autres membres de la horde sont presque tout le temps assoupis. Lorsque les femelles sont en chaleur, elles tentent de séduire le chef, en butant contre lui avec leur arrière-train. D'habitude celui-ci ne réagit pas, si ce n'est qu'il empêche d'autres mâles de posséder les femelles. Cependant, l'année dernière, l'un des mâles parvint à copuler avec une femelle. Le loup étant, comme tous les autres canidés, coincé dans la femelle pendant le coït et incapable d'en retirer son pénis, le rival du chef de la horde était ainsi sans défense. Sur ces entrefaites arriva le chef. Que croyez-vous qu'il fit au mâle sans défense qui avait osé usurper ses prérogatives ? Qu'il le mit en pièces ? C'est ce que nous ferait conclure notre anthropomorphisme. Eh bien, non : le film montre que, de sa gueule ouverte, le chef abaissa quatre fois la tête du mâle qui l'avait offensé et s'en alla calmement.

Quelles sont les implications théoriques de cette histoire ? Premièrement, que le comportement du chef de la horde ne peut être décrit (ou ne peut être qu'imparfaitement décrit) en terme S-R (stimulus-réponse). Il ne « renforce pas négativement » l'activité sexuelle de l'autre mâle. Il définit, ou affirme, la nature de ses relations avec lui. S'il fallait

traduire en mots son geste, ces mots ne seraient pas : « Ne fais pas ça ! » Ils devraient plutôt traduire une action métaphorique du genre : « Je suis ton aîné, un mâle adulte ; toi, tu n'es qu'un bébé ». Vous voyez que je cherche à montrer que, chez les loups, en particulier, et chez les mammifères à communication préverbale, en général le discours porte d'abord sur les règles et les aléas des relations.

Pour vous faire admettre la généralité de cette idée - totalement hérétique pour les éthologues -, je prendrai un exemple qui doit vous être familier. Lorsque votre chat vous demande à manger, comment s'y prend-il ? Il n'a pas de mots pour dire nourriture ou lait. Ce qu'il fera, ce seront les mouvements et les sons qu'adresse toujours un chaton à sa mère. Et, ici encore, si nous devons traduire ce message en mots, il serait incorrect de dire que le chat crie : « Lait » ; il exprime plutôt quelque chose comme : « Maman » ; ou, mieux encore, nous pourrions dire qu'il crie : « Dépendance ! Dépendance ! » Car le chat s'exprime en termes de modèles et de possibilités de relations, et ce sera à vous de faire, à partir de là, une *déduction* et de deviner que le chat veut du lait. On voit donc que c'est la nécessité de l'étape déductive qui distingue la communication préverbale des mammifères de celle *tout à la fois* des abeilles et de l'homme.

Le fait exceptionnel - la grande nouveauté - qui a caractérisé la fondation et l'évolution du langage humain n'a pas été l'abstraction ou la généralisation, mais la découverte du moyen de parler de manière spécifique d'autre chose que des relations. Bien sûr, cette découverte, quoique effective, n'a que fort peu modifié le comportement des êtres humains. Si A dit à B : « L'avion doit décoller à 6 heures 30 », il est rare que A y voie purement et simplement un énoncé sur un fait concernant l'avion. Le plus souvent, il consacrerait quelques neurones à chercher une réponse à la question : « Qu'est-ce qu'un tel énoncé venant de A signifie quant à ma relation avec lui ? » En somme, quoique nous ayons appris depuis peu quelques trucs linguistiques, notre héritage de mammifère n'est pas très profondément enfoui.

Cette réserve étant faite, le premier résultat à attendre d'une étude de la communication chez les dauphins est de prouver qu'elle possède la propriété, commune à tous les mammifères, d'avoir pour tout premier objet la relation.

Cette prémisse suffit peut-être en elle-même à rendre compte du développement sporadique, parmi les mammifères, de cerveaux de grand volume. Il est donc inutile que nous nous lamentions en croyant que, puisque les éléphants ne parlent pas et que les baleines n'ont pas inventé de pièges à rats, ces animaux ne sont pas manifestement intelligents. Contentons-nous de supposer que, à un certain stade de l'évolution, certains êtres vivants pourvus d'un cerveau d'un volume important furent assez fous pour se lancer dans le jeu des relations ; une fois l'espèce entière prise à ce jeu d'interprétation du comportement d'autrui - interprétation devenue complexe et vitale -, les individus les plus aptes à jouer le jeu avec ingéniosité et opportunité sont devenus les plus aptes à survivre. Nous pouvons donc nous attendre à ce que, chez les cétacés, la communication concernant les relations soit très complexe : étant donné qu'il s'agit de mammifères, nous pouvons supposer que leur communication traite de modèles et de possibilités de relations et, fondamentalement, s'exprime en de tels termes ; étant donné, également,