

Gregory Bateson

La nature  
et la pensée



Seuil



DU MÊME AUTEUR

AUX MÊMES ÉDITIONS

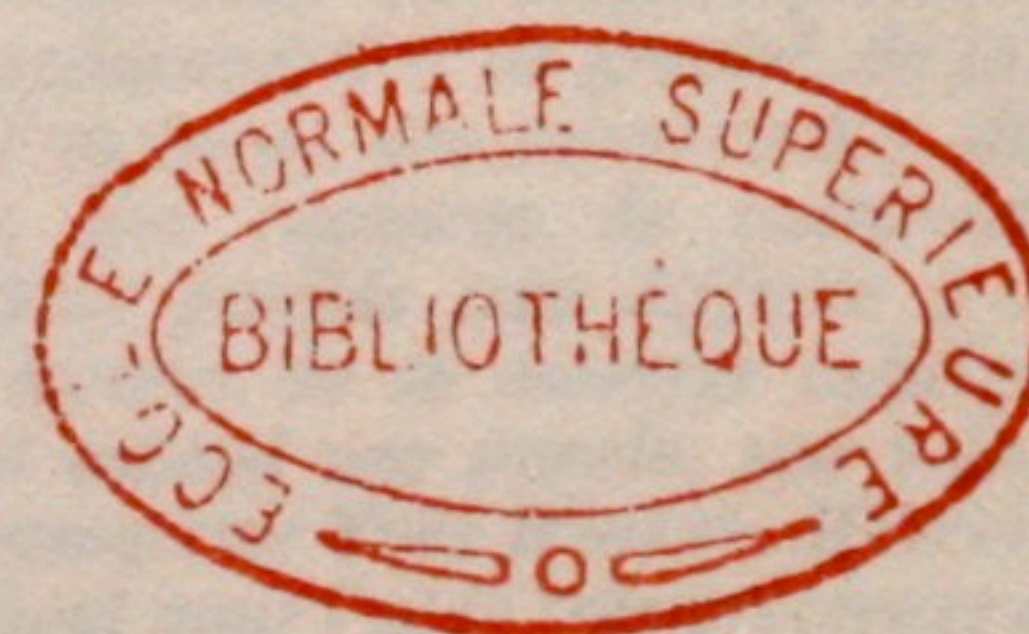
Vers une écologie de l'esprit  
*tomes I et II*

GREGORY BATESON

HU 265 C (13)

8° LA NATURE  
ET LA PENSÉE

TRADUIT DE L'ANGLAIS  
PAR ALAIN CARDOËN  
MARIE-CLAIRE CHIARIERI  
ET JEAN-LUC GIRIBONE



ÉDITIONS DU SEUIL

27, rue Jacob, Paris VI<sup>e</sup>



CE LIVRE EST PUBLIÉ DANS LA COLLECTION  
RECHERCHES ANTHROPOLOGIQUES  
DIRIGÉE PAR REMO GUIDIERI  
SOUS LA RESPONSABILITÉ DE JEAN-LUC GIRIBONE

LA NATURE  
ET LA PENSÉE



Titre original : *Mind and Nature. A Necessary Unity.*

ISBN 2.02.006794.3  
(ÉDITION ORIGINALE : ISBN 0-553-13724-7)

© GREGORY BATESON, 1979.  
© ÉDITIONS DU SEUIL, AVRIL 1984 POUR LA TRADUCTION FRANÇAISE.

La loi du 11 mars 1957 interdit les copies ou reproductions destinées à une utilisation collective. Toute représentation 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 425 et suivants du Code pénal.

DON  
N° 28755

#### NOTE DES TRADUCTEURS

*Les notes de l'auteur sont numérotées ; celles des traducteurs sont signalées par une lettre ; l'astérisque indique qu'un terme figure dans le glossaire, auquel le lecteur pourra se reporter.*

*L'auteur fait allusion, dans ses « Remerciements », aux circonstances particulières dans lesquelles a été écrit le livre. Atteint d'un cancer, et se sachant condamné, Gregory Bateson a voulu livrer au grand public un bilan de sa recherche : pressé par le temps, il l'a fait sous forme parlée, travaillant avec sa fille et s'enregistrant au magnétophone. D'où ce mélange étonnant de spontanéité et de gravité, de fantaisie et d'extrême rigueur. D'où aussi des incertitudes, des redondances, des ellipses, des ruptures de construction, qui rendent le texte anglais parfois très difficile à traduire : nous prions donc le lecteur de se montrer indulgent et de garder à l'esprit qu'il entend une parole, une voix.*

*Enfin, nous tenons à remercier Yves Winkin, Marcel Blanc et Jean-Marc Lévy-Leblond pour l'aide très précieuse qu'ils ont bien voulu nous donner dans la révision scientifique de la traduction.*



## Remerciements

Le travail et la pensée qui ont conduit à la rédaction de ce livre se sont échelonnés sur tant d'années que mes remerciements s'adressent à nouveau à tous ceux que j'ai déjà mentionnés dans mon livre précédent, *Vers une écologie de l'esprit*<sup>a</sup>. Cependant, je me suis efforcé d'écrire un livre qui soit compréhensible pour ceux qui n'auraient pas lu *Vers une écologie...* et je me limiterai ici aux seules dettes que j'ai contractées depuis.

Celles-ci sont néanmoins très nombreuses. Pour respecter une certaine chronologie, il me faut remercier en premier lieu mes collègues de l'Université de Californie à Santa Cruz et en particulier mes amis du *Kresge College* : Mary Diaz, Robert Edgar, Carter Wilson, Carol Proudfoot et le secrétariat.

Je dois ensuite remercier la *Lindisfarne Association* où j'ai été chercheur en résidence durant six mois, pendant la rédaction de ce livre. Bill Irwin Thompson, Michael Katz, Nina Hagen, Chris et Diane Bamford, nos hôtes on su manifester autant de générosité que d'intelligence. Sans eux, cet ouvrage n'aurait jamais vu le jour.

De la même façon, au cours des dernières phases de la rédaction du livre, je fus accueilli comme invité à la suite de graves problèmes de santé, par l'*Esalen Institute*, et je pus y concilier écriture et convalescence. Je remercie Janet Lederman, Julian Silverman, Michael Murphy, Richard Price et beaucoup d'autres. Tant à Esalen qu'à Lindisfarne, c'est à la communauté tout entière que je dois ma reconnaissance.

Au début de l'année 1978, je dus subir une opération chirurgicale grave, et l'on me prévint que peut-être il ne me restait que peu de temps à vivre. Dans ces circonstances, Stewart Brand et la *Point Foundation* sont venus à mon secours. Grâce à Stewart, ma fille Catherine put revenir de Téhéran et passer un mois avec moi en Californie pour travailler sur le manuscrit. Son employeur, l'Université *Reza Shah Kabir*, lui accorda généreusement un congé professionnel. Je dois les cinq premiers chapitres à ses critiques constructives et à sa grande persévérance. Je remercie aussi Stewart d'avoir fait publier des extraits du manuscrit dans *Co-evolution Quarterly* et d'en avoir permis la reproduction ici.

a. Gregory Bateson, *Vers une écologie de l'esprit*, t. I et II, Éd. du Seuil, Paris, 1977 et 1980 (trad. fr. par Ferial Drosso, Laurencine Lot et Eugène Simion avec le concours de Christian Cler).



Deux de mes étudiants, Rodney Donaldson et David Lipset, ont été pour moi des critiques particulièrement appréciables : bien d'autres, par leur seule écoute, m'ont permis d'éviter bien des absurdités.

Mon éditeur, Bill Whitehead, et son agent, John Brockman, m'ont harcelé patiemment pour que je termine le livre.

Judith Van Slooten, ma secrétaire, a assuré, dans une très large mesure, la partie la plus fastidieuse du travail, et m'a aidé à composer l'index. De nombreuses autres personnes m'ont aidé également à Lindisfarne, à Esalen et tout au long du chemin.

Merci enfin à ma femme, Lois, pour m'avoir soutenu, critiqué, encouragé, et patiemment supporté, avec mes périodes d'enthousiasme et mes dépressions, selon le flux et le reflux des idées.

1

Introduction <sup>1</sup>

Le platonicien Plotin, dans son traité *Sur la Providence*, prouve par la beauté des moindres fleurs et feuilles que cette providence descend du Dieu très-haut dont la beauté est intelligible et ineffable jusqu'aux êtres les plus infimes de la terre. Tous ces êtres, assure-t-il, si bas, si rapidement détruits, ne pourraient avoir dans leurs formes ces proportions harmonieuses s'ils n'en avaient reçu l'empreinte de la source où réside la forme intelligible et immuable qui contient en elle à la fois toutes les perfections.

Saint Augustin, *La Cité de Dieu* <sup>a</sup>.

En juin 1977, je croyais être au point de départ de deux livres : le premier se serait intitulé *l'Idée d'évolution (The Evolutionary Idea)* et le second *Ce que tout élève sait* <sup>2</sup> (*Every schoolboy knows*). Dans le premier, je comptais réexaminer les théories de l'évolution biologique à la lumière de la théorie de l'information et de la cybernétique. Mais je m'aperçus dès le début qu'il était difficile en écrivant de penser à un public réel capable de comprendre, comme je le souhaitais, les présuppositions formelles, donc simples, de ce que j'avais. Une évidence énorme s'imposa alors à moi : je me rendis compte que, comme l'enseignement (que ce soit aux États-Unis, en Angleterre ou, probablement, dans l'ensemble du monde occidental) évite si soigneusement toutes les questions qui sont vraiment cruciales, il me faudrait écrire un deuxième livre pour exposer et clarifier un certain nombre d'idées qui me paraissaient élémentaires sur l'évolution et, en fait, sur presque toute la pensée biologique et sociale, à commencer par les choses de la vie quotidienne et le petit déjeuner du matin. L'ensei-

1. Une grande partie de ce chapitre a d'abord été une conférence, donnée le 17 novembre 1977 à la cathédrale Saint John the Divine à New York.

2. *Ce que tout élève sait* : une des expressions favorites de Lord Macaulay <sup>b</sup>. C'est à lui qu'on attribue : « Tout élève sait qui a emprisonné Montezuma et qui a étranglé Atahualpa. »

<sup>a</sup>. Livre X, chap XIV, trad. fr. de G. Combès, Paris, Desclée de Brouwer, 1959.

<sup>b</sup>. Lord Macaulay : historien et homme politique britannique (1800-1859); il est notamment l'auteur d'une *Histoire d'Angleterre*.



gnement officiel n'accorde presque aucune place à la nature de ce qui se passe au bord de la mer et dans les forêts de séquoias, dans les déserts et dans les plaines. Même des personnes adultes, et qui ont su élever des enfants, sont incapables de donner une définition acceptable de concepts comme *entropie, sacrement, syntaxe, nombre, quantité, structure, relation linéaire, nom, classe, pertinence, énergie, redondance, force, probabilité, parties, tout, information, tautologie, homologie, explication, description, règle des dimensions, types logiques, métaphore, topologie, masse* (et même *messe*)...

Qu'est-ce que les papillons? les étoiles de mer? Qu'est-ce que la beauté et qu'est-ce que la laideur?

Je pensais qu'un ouvrage sur quelques-unes de ces idées très élémentaires aurait pu s'intituler, avec une petite pointe d'ironie : *Ce que tout élève sait*.

Pourtant, alors que je séjournais à Lindisfarne, travaillant sur ces deux manuscrits, apportant une nouvelle touche tantôt à l'un, tantôt à l'autre, les deux livres se sont progressivement rejoints et le produit de leur réunion a donné ce qu'on appelle, je crois, une vision platonicienne<sup>1</sup>. Dans l'*Élève*, j'avais l'impression d'exposer des idées très élémentaires sur l'*épistémologie*\*, c'est-à-dire sur *la façon dont nous pouvons connaître les choses, quelles qu'elles soient*. Dans le pronom *nous*, je mettais, bien entendu, l'étoile de mer et la forêt de séquoias, l'œuf qui se segmente et le Sénat des États-Unis.

Dans *les choses* que ces êtres vivants connaissent d'une façon ou d'une autre, j'inclusais « comment se développer selon une symétrie quintuple », « comment survivre à un incendie de forêt », « comment grandir tout en conservant la même forme », « comment apprendre », « comment rédiger une constitution », « comment inventer une voiture et la conduire », « comment compter jusqu'à sept », etc. : bref, ces êtres étaient des créatures merveilleuses dotées de connaissances et de savoir-faire quasi miraculeux.

J'inclusais surtout dans *les choses* « comment évoluer », parce qu'il

1. La plus célèbre découverte de Platon concerne la « réalité » des idées. On admet communément qu'un plat est « réel », mais que sa circularité « n'est qu'une idée ». Pourtant, Platon a fait remarquer que, en premier lieu, le plat n'est pas à proprement parler circulaire et que, en second lieu, on pouvait voir dans le monde une quantité d'objets qui imitaient la circularité, s'en rapprochaient ou s'efforçaient d'y parvenir. Il en conclut que la circularité était *idéale* (adjectif formé sur *idée*) et que de tels composants idéaux de l'univers étaient la base réelle d'une explication de ses formes et de sa structure. Pour lui, comme pour William Blake et beaucoup d'autres, cet « univers sensible » que nos journaux considèrent comme « réel » était une sorte de dérivé de la vraie réalité – les formes et les idées. Au commencement était l'idée.

me semblait que l'évolution et l'apprentissage devaient se conformer aux mêmes règles formelles, aux mêmes « lois », comme on les appelle. Je commençais donc à me servir des idées de l'*Élève* pour me pencher non sur notre savoir, mais bien sur un *savoir plus large*, sur ce ciment qui fait tenir ensemble les étoiles de mer, les anémones, les forêts de séquoias et les commissions parlementaires.

Mes deux manuscrits commençaient à ne plus former qu'un seul livre parce que c'est le même savoir qui caractérise l'évolution et les *ensembles* de personnes, même si comités et nations peuvent paraître parfois bien stupides à des génies bipèdes comme vous et moi.

Je franchissais cette frontière qu'on imagine parfois autour de l'être humain. En d'autres termes, au fur et à mesure que j'écrivais, l'esprit devenait pour moi le reflet des vastes et nombreux ensembles du monde naturel, extérieur au sujet pensant.

En somme, ce n'étaient pas les aspects les plus bruts, les plus simples, les plus animaux et les plus primitifs de l'espèce humaine qui se réfléchissaient dans les phénomènes naturels; c'était plutôt la nature qui se reflétait dans les aspects complexes, esthétiques et raffinés des hommes. Ce n'était pas mon avidité, ou la détermination de mes conduites par un objectif à atteindre, ma partie « animale », « instinctive », comme on dit, que je reconnaissais de l'autre côté du miroir, là-bas, dans la « nature »; j'y voyais plutôt les fondements de la symétrie humaine, la beauté, la laideur, l'esthétique, le principe de vie même de l'être humain, et son petit brin de sagesse. Sa sagesse, son élégance physique et même sa propension à créer de beaux objets sont simplement aussi « animales » que sa cruauté; et le mot « animal », après tout, signifie au départ « doué d'un esprit ou d'une âme » (*animus*).

A partir de là, toutes ces théories de l'homme fondées sur une psychologie maladroite et zoomorphique apparaissent finalement comme des prémisses de départ peu vraisemblables si l'on tente de donner une réponse à la question du Psalmiste : « Seigneur, qu'est-ce que l'homme? »

Je n'ai jamais pu accepter le début du récit de la Genèse : « Au commencement, la terre était déserte et vide... » Cette *tabula rasa* originelle aurait soulevé un énorme problème de thermodynamique pour le milliard d'années suivant! Peut-être la terre n'a-t-elle jamais été davantage une *tabula rasa* que le zygote humain un simple œuf fécondé.

Il commençait en fait à m'apparaître que les idées surannées, mais encore bien établies, que nous avons sur l'épistémologie, en particulier



sur l'épistémologie humaine, étaient le reflet d'une physique obsolète, et qu'elles contrastaient étrangement avec les quelques connaissances que nous semblions avoir sur les choses qui vivent. Un peu comme si les membres de l'espèce *homme* étaient censés être absolument uniques et matériels dans un univers vivant multiple (plutôt qu'unique) et spirituel (plutôt que matériel).

L'évolution de la culture obéit, semble-t-il, à une sorte de loi de Gresham<sup>a</sup> : ce sont toujours des idées simplifiées à l'extrême qui finissent par supplanter celles qui sont complexes, tandis que le vulgaire et le détestable chassent inmanquablement le beau. Et pourtant le beau subsiste.

J'avais peu à peu le sentiment que la matière organisée – je ne connais rien sur la matière inorganisée, si tant est qu'il y en ait – même dans un système de relations aussi simple que celui d'une machine à vapeur autoréglable, était à la fois sage et complexe, face à l'image de l'esprit humain couramment donnée par le matérialisme orthodoxe et une grande partie de la religion officielle.

Ces idées germaient dans mon esprit depuis mon enfance. Mais partons plutôt du double contexte où elles commencèrent à me hanter avec insistance. Dans les années cinquante, j'occupais deux postes d'enseignant. Je donnais des cours, d'une part, à des étudiants en psychiatrie à l'hôpital de la *Veterans Administration*<sup>b</sup> à Palo Alto et, d'autre part, à de jeunes *beatniks* de l'Académie des beaux-arts de Californie, à San Francisco. Je voudrais vous raconter comment ces deux cours ont commencé et de quelle façon j'ai abordé ces deux auditoires si différents. Si vous mettez côte à côte ces deux débuts de cours, vous comprendrez aisément ce que j'essaie de vous dire.

Aux psychiatres, je proposai un petit examen écrit, en leur disant qu'ils devraient être capables à la fin de l'année d'en comprendre les questions. La première question consistait à donner une brève définition des mots « sacrement » et « entropie ».

Les jeunes psychiatres des années cinquante n'étaient pour la plupart capables de répondre ni à l'une ni à l'autre de ces questions. Aujourd'hui, il y en a un peu plus qui pourraient dire quelques mots

a. Loi économique d'après laquelle « lorsque dans un pays circulent deux monnaies dont l'une est considérée par le public comme bonne et l'autre comme mauvaise, la mauvaise monnaie chasse la bonne » (*Grand Larousse encyclopédique*).

b. Créée après la Première Guerre mondiale, la *Veterans Administration* (administration des anciens combattants) gère à travers les États-Unis un ensemble important d'hôpitaux généraux et psychiatriques réservés aux anciens soldats.

sur l'entropie\*. Et je suppose qu'il existe encore quelques chrétiens qui pourraient expliquer ce qu'est un sacrement.

J'allais présenter à mes étudiants les notions clefs de 2 500 années de pensée sur la religion et sur la science. J'étais persuadé que, puisqu'ils devaient devenir des docteurs (en médecine) de l'âme humaine, il fallait qu'ils aient un pied de chaque côté des raisonnements anciens : ils devaient donc se familiariser avec les notions centrales et de la religion et de la science.

Avec les étudiants en art, je fus plus direct. Ils formaient un petit groupe de dix ou quinze environ, et je savais que je devrais évoluer dans un monde de scepticisme, proche de l'hostilité. Le premier jour de cours, nul doute qu'ils s'attendaient à trouver en moi une incarnation du diable, prête à discourir sur le bien-fondé de la guerre atomique et des pesticides. A cette époque (et peut-être toujours à l'heure actuelle), on pensait que la science était « exempte de valeurs » et qu'elle n'était pas guidée par les « émotions ».

J'étais préparé à cela. J'avais emporté avec moi deux sachets en papier. Du premier, je sortis un crabe qui venait d'être cuit. Je le plaçai sur la table, puis je défiai la classe à peu près en ces termes : « Je voudrais que vous me donniez des arguments qui me convainquent que cet objet *a été une chose vivante*. Vous pouvez imaginer, si vous voulez, que vous êtes des Martiens et que, sur Mars, vous êtes habitués aux choses vivantes, puisque, de fait, vous êtes vous-mêmes vivants. Mais vous n'avez, bien entendu, jamais vu ni crabes ni homards. Un certain nombre de ces objets, surtout des fragments, vous sont parvenus, disons par météore. Vous devez les examiner et arriver à la conclusion qu'il s'agit bien de restes d'êtres vivants. Comment parviendrez-vous à cette conclusion? »

La question destinée aux psychiatres était bien sûr la même que celle posée aux artistes : y a-t-il un type biologique d'entropie?

Les deux questions avaient trait à la notion sous-jacente d'une démarcation entre le monde du vivant (où des *distinctions* sont faites, et où la *différence* peut être une cause) et le monde non vivant des boules de billard et des galaxies (où les « causes » des événements ont la nature de forces et d'impacts). Ce sont les deux mondes que Jung, après les Gnostiques, nomme *creatura* (le vivant) et *pleroma* (le non-vivant). Je me demandais donc : « Quelle différence y a-t-il entre le monde physique du *pleroma*, où les forces et les impacts fournissent une base d'explication suffisante, et la *creatura*, où rien ne peut être compris si l'on n'évoque les *différences* et des *distinctions*? »

Au cours de mon existence, j'ai mis les descriptions de briques et de



brocs, de boules de billard et de galaxies dans une boîte, le *pleroma*, et je les y ai laissées en paix. Dans une autre boîte, j'ai mis les choses vivantes : les crabes, les hommes, les problèmes de beauté et les problèmes de différence. C'est le contenu de la seconde boîte qui constitue la matière de ce livre.

Je m'en prenais récemment aux insuffisances de l'éducation occidentale : dans une lettre à mes confrères du Conseil d'administration de l'Université de Californie, j'avais glissé la phrase suivante : « Si l'on brise la structure<sup>a</sup> qui relie entre eux les éléments de l'apprentissage, on en détruit nécessairement toute la qualité. »

Je vous propose cette expression, *la structure qui relie*, comme un autre titre possible pour ce livre.

*La structure qui relie*. Pourquoi les écoles n'enseignent-elles presque rien de la structure qui relie? Est-ce parce que les professeurs se savent porteurs du baiser de la mort, qui ôte la saveur à tout ce qu'ils touchent, qu'ils refusent ainsi d'aborder ou d'enseigner les choses réellement importantes de la vie? Ou bien sont-ils porteurs du baiser de la mort justement parce qu'ils n'osent rien enseigner de ces choses-là? Quel est donc leur problème?

Quelle est la structure qui relie le crabe au homard et l'orchidée à la primevère? Et qu'est-ce qui les relie, eux quatre, à moi? Et moi à vous? Et nous six à l'amibe, d'un côté, et au schizophrène qu'on interne, de l'autre?

Je voudrais vous expliquer pourquoi j'ai été biologiste toute ma vie, et ce que j'ai essayé d'étudier; quelles sont les idées que je peux partager sur le monde biologique où nous habitons et menons notre existence. Comment tout cela tient-il ensemble?

La réponse à ces questions est difficile et peut sembler tout à fait *vide*; elle est pourtant d'une importance capitale pour vous et pour moi. A ce tournant de l'histoire, je crois même qu'elle est importante pour la survie de la biosphère tout entière qui, comme vous le savez, est menacée.

Quelle est la structure qui relie toutes les créatures vivantes?

Revenons-en, si vous le voulez bien, à mon crabe et à ma classe de beatniks. J'avais cette chance d'enseigner à des gens qui n'étaient pas des scientifiques et dont le penchant naturel était même antiscienti-

a. *The pattern which connects*. C'est le terme de « structure » qui nous a semblé le plus propre à rendre l'anglais *pattern* tel que l'emploie Bateson ici et dans la suite de l'ouvrage. Lorsque nous avons dû choisir une autre traduction (telle que « configuration », par exemple), nous le signalons en note.

fique. Malgré leur inexpérience, ils avaient une inclination pour l'esthétique. Pour définir ce mot, je dirai pour l'instant qu'ils *n'étaient pas* comme Peter Bell, personnage qui faisait dire à Wordsworth :

Une primevère au bord de la rivière :  
Pour lui, ce n'était qu'une primevère jaune;  
Et ce n'était rien de plus.

Eux, au contraire, auraient donné à cette primevère empathie et reconnaissance. Par *esthétique*, il faut entendre : sensible à la *structure qui relie*. Comme vous voyez, j'avais de la chance. Pour entrer en contact avec eux, je leur avais posé, peut-être par pure coïncidence, une question d'esthétique (sans en être moi-même conscient) : *comment vous apparentez-vous à cette créature? Quelle est la structure qui vous relie à elle?*

En les plaçant sur une planète imaginaire, « Mars », je les débarrassais de toute idée de homards, d'amibes ou de choux-fleurs, pour qu'ils ne puissent reconnaître la vie que par identification avec le vivant : « C'est *en vous* que sont les repères, les critères qui vous permettront de voir que le crabe, lui aussi, porte les mêmes repères. » Ma question allait en fait bien plus loin que je ne l'imaginais.

Ils examinèrent donc le crabe, et leur première observation fut qu'il était *symétrique*, c'est-à-dire que le côté droit ressemblait au côté gauche.

« Très bien. Vous voulez dire par là qu'il est *composé*, comme on compose un tableau? » (Pas de réponse.)

Ils firent ensuite remarquer qu'une pince était plus grosse que l'autre : il *n'était* donc *pas* symétrique.

Je suggérai alors que si plusieurs de ces choses nous étaient parvenues par météore, ils s'apercevraient que, dans presque tous les spécimens, c'était du même côté que se trouvait la pince la plus grosse. (Pas de réponse. « Où Bateson veut-il en venir? »)

Revenant à la symétrie, quelqu'un déclara : « Effectivement, une pince est plus grosse que l'autre, mais elles sont constituées toutes les deux des mêmes éléments. »

Ah! Noble et belle déclaration que celle-là! Et cette façon qu'avait l'orateur de flanquer poliment à la poubelle l'idée que la *taille* avait une importance capitale et fondamentale pour aller directement à la *structure qui relie*! Il abandonnait une asymétrie de taille au profit d'une symétrie plus profonde dans les relations formelles.

En effet, ce qui caractérise (vilain mot!) les deux pinces, c'est



qu'elles présentent des *relations similaires entre leurs éléments constitutifs*. Non pas des quantités, mais des formes, des configurations et des relations... C'était là, de fait, ce qui donnait au crabe sa qualité de membre de la *creatura*, de chose vivante.

Il apparut ensuite que non seulement les pinces étaient construites sur le même « plan de base », (c'est-à-dire sur des systèmes de relations semblables entre des éléments semblables), mais aussi que ces systèmes de relations entre les éléments se retrouvaient dans l'ensemble des pattes. Nous pouvions reconnaître dans toutes les pattes des éléments qui correspondaient aux pinces.

Et, dans votre corps à vous, bien entendu, c'est la même chose. L'humérus de l'avant-bras correspond au fémur de la cuisse, le radius-cubitus au tibia-péroné, les os carpiens du poignet aux os tarsiens du pied et les doigts aux orteils.

L'anatomie du crabe est à la fois répétitive et rythmique : elle se répète, avec des modulations, comme la musique. De fait, la direction de la tête vers la queue correspond à une séquence dans le temps : en embryogenèse, la tête est plus vieille que la queue. Un courant d'informations ne peut se produire que de l'avant vers l'arrière.

Les biologistes professionnels parlent d'*homologie phylogénétique* \* à propos de cette classe de faits; on pourrait en donner comme exemple la ressemblance formelle entre les os de mes membres à moi avec ceux des membres d'un cheval; un autre exemple serait la ressemblance entre les appendices du crabe et ceux du homard.

Voilà une classe de faits. Une autre classe (semblable en quelque façon (?)) est ce qu'on appelle l'*homologie sérielle*. Exemple : la répétition rythmique, accompagnée de changements, que l'on peut suivre d'un appendice à l'autre sur le corps d'un animal (que ce soit un crabe ou un homme). Un autre exemple (peut-être moins comparable à cause de la différence dans la relation avec le temps) serait la symétrie bilatérale de l'homme, ou du crabe<sup>1</sup>.

1. Dans le cas de la série, on peut aisément imaginer que chaque segment antérieur puisse transmettre des informations au segment qui se développe directement derrière lui. Ces informations peuvent déterminer l'orientation, la taille et même la forme du nouveau segment. Après tout, l'antérieur est aussi antécédent dans le temps et pourrait être l'antécédent quasi logique ou modèle pour son successeur. La relation entre antérieur et postérieur serait donc asymétrique et complémentaire. Il est concevable et même probable que la relation symétrique entre la gauche et la droite soit doublement asymétrique, c'est-à-dire que chacune d'entre elles ait un certain contrôle complémentaire sur le développement de l'autre. Elles constitueraient donc à elles deux un circuit de contrôle *réciproque*. Il est assez surprenant que nous n'ayons pratiquement aucune connaissance du vaste système de communication qui doit sûrement exister pour contrôler la croissance et la différenciation.

Reprenons depuis le début. Les parties du crabe sont reliées entre elles par différentes structures de symétrie bilatérale, d'homologie sérielle, etc. Ces structures qui sont à l'intérieur du crabe en cours de croissance pris individuellement, nous les appellerons *relations du premier ordre*<sup>a</sup>. Si, d'autre part, nous comparons le crabe et le homard, nous retrouvons une nouvelle relation touchant la structure : nous l'appellerons *relation du deuxième ordre* ou homologie phylogénétique.

Considérons à présent l'homme et le cheval : ici encore nous pouvons observer des symétries et des homologies sérielles. Si nous regardons ensemble un homme et un cheval, nous trouvons qu'ils partagent la même structure commune à plusieurs espèces différentes, avec une différence (homologie phylogénétique). Et, naturellement, nous voyons ici aussi que ce n'est pas la taille qui compte, mais la forme, la structure, la relation. Autrement dit, de la façon dont sont distribuées les ressemblances formelles, il apparaît que, globalement, l'anatomie peut être décrite par des propositions relevant de trois niveaux ou types logiques différents :

1. Si on compare entre elles les parties d'un membre de la *creatura*, on obtient des relations du premier ordre.
2. Il faut comparer les crabes avec les homards et les hommes avec les chevaux pour trouver des relations semblables entre les parties (c'est-à-dire pour obtenir des relations du deuxième ordre).
3. Il faut comparer la *comparaison* crabe-homard avec la comparaison homme-cheval pour obtenir des relations du troisième ordre.

Nous avons construit une échelle qui nous permet de réfléchir sur — sur quoi déjà? Ah oui! sur la structure qui relie.

On peut maintenant approcher avec des mots ma thèse centrale : *la structure qui relie est une métastructure*. C'est une structure de structures. C'est cette métastructure qui définit la vaste généralisation qui permet en fait de parler de *structures qui relient*.

Je vous avais prévenu quelques pages plus haut que nous rencontrerions le vide, et nous le rencontrons en effet. L'esprit est vide. Il n'est rien<sup>b</sup>. Il n'existe que dans ses idées et celles-ci ne sont rien non plus. Les idées n'ont de présence qu'incarnées dans des exemples. Et les exemples, à leur tour, ne sont rien. La pince, *en tant qu'exemple*, n'est pas le *Ding an sich*; ce n'est pas à proprement parler la *chose en soi*, mais plutôt ce que l'esprit en fait, c'est-à-dire précisément l'exemple d'une chose ou d'une autre.

a. *First-order connections*.

b. *It is no-thing*, c'est une « non-chose ».



Mais revenons-en à ma classe de jeunes artistes.

J'avais, vous vous le rappelez, deux sachets en papier. Dans le premier, il y avait donc le crabe; dans l'autre se trouvait une superbe conque. « Quel est l'indice, leur demandai-je, qui vous montre que cette coquille en spirale a fait partie d'une chose vivante? »

On avait offert à ma fille Cathy, alors qu'elle avait environ sept ans, un œil-de-chat monté en bague. Un jour qu'elle le portait, je lui demandai ce que c'était. Elle répondit que c'était un œil-de-chat.

- Mais qu'est-ce que *c'est*? lui demandai-je.

- Eh bien, je sais que ce n'est pas l'œil d'un chat. Je pense que c'est une sorte de pierre.

- Enlève-la et regarde au dos, lui dis-je.

Ce qu'elle fit.

- Oh! s'exclama-t-elle alors, il y a une spirale dessus! Ça devait sûrement appartenir à quelque chose de vivant.

En fait, ces petits disques verdâtres sont les opercules (couverts) d'escargots marins vivant aux tropiques. Des soldats en ont rapporté un grand nombre du Pacifique, à la fin de la Seconde Guerre mondiale.

Cathy avait raison dans sa prémisse principale que toutes les spirales du monde (à l'exception des tourbillons, des galaxies et des cyclones) sont créées par des êtres vivants. Il y a à ce propos une littérature abondante qui ne manquera pas d'intéresser certains lecteurs (les mots clés en sont *série de Fibonacci* et *section d'or*).

Ce qui ressort de cette histoire, c'est que la spirale est une figure qui garde sa forme (*c'est-à-dire ses proportions*) alors qu'elle grandit dans une seule dimension, par adjonction à son extrémité libre: il n'y a pas à proprement parler de spirales statiques, comme vous voyez.

Mais la classe éprouvait des difficultés. Ils cherchaient tous les caractères formels de la beauté qu'ils avaient trouvés avec ravissement chez le crabe. Ils s'imaginaient que la symétrie formelle, la répétition des parties, la répétition modulée, etc., c'était ça qu'il fallait ressortir au prof. Seulement la spirale n'était pas bilatéralement symétrique; elle n'était pas non plus segmentée.

Ils devaient découvrir:

- que toute symétrie et que toute segmentation étaient une sorte d'effet, une résultante de la croissance;

- que la croissance avait ses exigences formelles;

- que l'une d'elles pouvait être remplie mathématiquement, idéalement, par la forme spirale.

La coquille porte donc en elle le *prochronisme*\* de l'escargot;

elle rappelle comment l'escargot a successivement résolu *dans son passé propre* le problème formel de la formation d'une *structure*. Elle aussi proclame l'appartenance de l'escargot à la *structure des structures qui relie*.

Les exemples que j'ai donnés jusqu'à présent - les structures qui ont qualité de membres de la structure qui relie, l'anatomie du crabe et du homard, la conque, celle de l'homme et du cheval - sont apparemment statiques: ce sont des formes figées, le fruit de changements réguliers, certes, mais qui finalement se sont fixées, comme les personnages de Keats dans l'« Ode sur une urne grecque »:

Bel adolescent, à l'ombre de ces arbres, tu ne saurais  
Quitter ta chanson, ni ces arbres se dénuder jamais;  
Amant hardi, jamais, jamais tu n'auras son baiser.  
Si près du but pourtant; mais ne t'afflige pas;  
Elle ne pourra se flétrir, encore que tu ne goûtes pas ton bonheur,  
A jamais tu l'aimeras et toujours elle sera belle<sup>a</sup>!

On nous a appris à considérer les structures comme des affaires fixées une fois pour toutes, sauf peut-être les structures musicales. C'est plus simple et plus commode ainsi, mais tout à fait absurde, bien entendu. En réalité, la manière correcte d'aborder l'étude de la structure qui relie, c'est de se dire qu'elle est, primordialement (quel que soit ce qu'on met derrière ce mot), une danse d'éléments en interaction, et que c'est seulement de façon seconde qu'elle se trouve restreinte par diverses sortes de contraintes physiques, et par celles qu'imposent les différents organismes, chacun de la façon qui lui est caractéristique.

Voici une anecdote que j'ai déjà utilisée maintes fois, et dont je vais me servir une fois de plus. Un homme s'interrogeait sur l'esprit présent non pas dans la nature, mais dans son grand ordinateur personnel. Aussi lui demanda-t-il, un jour, dans son meilleur Fortran: «*Computez-vous qu'un jour vous penserez comme un être humain?* » La machine se mit alors au travail pour analyser quelles étaient ses façons à elle de computer. Enfin, elle imprima sa réponse sur un morceau de papier, comme font ces machines-là. L'homme se précipita alors pour lire cette réponse et découvrit ces mots, impeccablement imprimés:

## CELA ME RAPPELLE UNE HISTOIRE

a. John Keats, *Poèmes choisis*, Paris, Aubier, 1960, p. 286-287, trad. fr. d'Albert Laffay.



Qu'est-ce qu'une histoire? Un petit nœud ou un complexe de cette façon d'être relié<sup>a</sup> que nous appelons la *pertinence*. Dans les années soixante, les étudiants se battaient pour que l'Université colle plus à la réalité, que son enseignement soit plus « pertinent »; quant à moi, j'avancerais que A est pertinent à B quels que soient A et B s'ils sont tous deux des parties ou des composants de la même « histoire ».

Nous nous trouvons de nouveau face à une façon d'être relié qui se situe à plus d'un niveau :

D'abord, la relation entre A et B, du fait qu'ils sont des composants de la même histoire.

Ensuite, la relation entre les gens du fait qu'ils pensent tous en termes d'histoire. (Car l'ordinateur avait tout à fait raison : c'est bien la façon dont ils pensent.)

Je voudrais maintenant montrer que, quel que soit le sens que l'on donne au mot *histoire* dans l'histoire que je vous raconte, le fait de penser par histoires ne différencie pas l'être humain de l'anémone, de l'étoile de mer, du cocotier ou de la primevère. Au contraire, à supposer que les éléments qui composent le monde soient reliés et que j'aie fondamentalement raison dans mes assertions, alors la *pensée par histoires* serait commune à tout esprit ou à tous les esprits, que ce soient les nôtres, ceux des forêts de séquoias ou ceux des anémones de mer.

Le contexte et la pertinence doivent être caractéristiques non seulement de tout ce qu'on appelle « comportement » (ces histoires qui sont projetées au-dehors sous forme d'« actions »), mais aussi de toutes ces histoires internes que sont les étapes de la formation de l'anémone de mer. Son embryogenèse, d'une certaine façon, doit être faite de la matière de ces histoires. Et, derrière elle, il y a aussi tout le processus de l'évolution poursuivi pendant des millions de générations, auquel l'anémone de mer, comme vous et comme moi, doit son existence. La matière de ce processus, elle aussi, doit être faite d'histoires; il faut qu'il y ait de la *pertinence* dans chaque étape de la phylogénèse, ainsi qu'entre les étapes.

Prospero disait : « Nous sommes de l'étoffe dont les rêves sont faits », et il ne devait pas être loin de la vérité. Mais il m'arrive parfois de penser que les rêves ne sont que des fragments de cette étoffe; comme si la matière dont nous sommes faits était transparente, donc imperceptible, et que les seuls aspects visibles dont nous puissions être conscients soient les fentes et les fêlures de ce moule transparent. Les

a. *Connectedness*.

rêves, les objets perçus, les histoires seraient les irrégularités, les craquelures d'un moule uniforme, intemporel. Est-ce là ce que Plotin entendait par cette « beauté invisible et immuable qui envahit toute chose »?

En quoi consiste une histoire qui *relie* les A et les B, ses éléments constitutifs? Le fait général que des éléments constitutifs soient reliés entre eux de cette façon peut-il être la racine même de tout être vivant? Ces questions m'amènent à vous proposer la notion de *contexte*, de *structure dans le temps*.

Que se passe-t-il quand, par exemple, je me rends chez un psychanalyste? J'entre dans quelque chose et je crée quelque chose que nous appellerons un contexte, et qui est, au moins symboliquement (comme élément du monde des idées), isolé et limité par le fait de fermer la porte : la géographie de la chambre et la porte agissent comme représentation d'un message étrange, non géographique.

Mais j'arrive avec des histoires; non pas seulement avec une provision d'histoires à livrer au psychanalyste, mais bien avec des histoires faisant partie intégrante de mon être. Les structures et les séquences de mon expérience d'enfant sont imbriquées en moi : mon père faisait telle et telle chose; ma tante faisait ceci ou cela. Ce qu'ils ont fait se situe en dehors de moi, mais, quel que soit ce que j'ai appris, mon apprentissage s'est produit à l'intérieur de l'expérience que j'ai eue des actes de ces autres qui ont pour moi une importance essentielle, mon père ou ma tante.

Me voici chez le psychanalyste, ce nouvel autre, désormais essentiel pour moi, et que je ne peux voir que comme un père (ou peut-être un anti-père), parce que rien n'a de sens qui n'est vu dans un contexte. Cette vision s'appelle le *transfert*, c'est un phénomène général dans les relations humaines. C'est une caractéristique universelle de toute interaction, puisque, après tout, la tournure des événements qui se sont produits hier entre vous et moi donne sa forme à la façon dont nous réagissons l'un vis-à-vis de l'autre aujourd'hui. Ce report est, dans son principe, un *transfert* de notre apprentissage passé.

Ce phénomène de transfert illustre bien la vérité que percevait l'ordinateur : que notre pensée procède par histoires. Le psychanalyste doit être raccourci ou étiré sur ce lit de Procuste<sup>a</sup> que sont les histoires de l'enfance du patient. En faisant allusion au psychanalyste,

a. Procuste, selon la légende, était un brigand qui vivait près d'Athènes; il possédait un grand lit et un petit lit, et contraignait les voyageurs à s'y étendre, coupant les pieds des grands pour les ajuster au petit lit et étirant violemment les petits pour les ajuster au grand. Thésée en débarrassa la Grèce.



j'ai restreint la notion d' « histoire », mais j'ai laissé entendre qu'elle se rattache à celle de *contexte*, qui est extrêmement importante, en partie non définie, et qu'il convient donc d'examiner.

Le « contexte » est associé à une autre notion non définie, celle du « sens ». Sans contexte, les mots, les actes n'ont aucun sens. C'est vrai non seulement de la communication humaine par les mots, mais aussi de toute communication, quelle qu'elle soit, de tout processus mental, de tout esprit, y compris celui qui dicte à l'anémone de mer sa façon de croître et qui dit à l'amibe comment elle doit continuer.

J'établis une analogie entre le contexte au niveau superficiel et partiellement conscient des relations personnelles et le contexte au niveau plus archaïque, plus profond des processus d'embryogenèse et d'homologie. Je prétends que, quel que soit le sens du mot *contexte*, il constitue un terme approprié, le terme *nécessaire*, pour décrire tous ces processus qui n'ont qu'un rapport lointain entre eux.

Revenons encore à l'homologie. Car, généralement, on donne comme preuve de l'évolution des cas d'homologie. Or, permettez-moi de faire l'inverse, et de commencer en supposant que l'évolution s'est produite, puis de poursuivre en m'interrogeant sur la nature de l'homologie. Demandons-nous ce qu'est un organe dans l'éclairage de la théorie de l'évolution.

*Qu'est-ce qu'une trompe d'éléphant? Qu'est-elle d'un point de vue phylogénétique? Qu'est-ce que la génétique lui a dicté?*

La réponse est, comme on sait, que la trompe de l'éléphant, c'est son « nez ». (Même Kipling le savait!) Je mets le mot « nez » entre guillemets parce que la trompe est définie dans un processus de communication interne à la croissance de l'éléphant. Car la trompe est un « nez » par un processus de communication : c'est le contexte de la trompe qui l'identifie à un nez; ce qui se situe entre des yeux et au-dessus d'une bouche est un « nez », c'est comme ça. C'est le *contexte* qui détermine la signification, et c'est probablement le contexte récepteur qui donne son sens aux instructions génétiques. Lorsque j'appelle ceci un « nez » et cela une « main », je cite (ou je me trompe en citant) les instructions de croissance de l'organisme en question, ainsi que la signification que les tissus récepteurs du message ont prêtée au message.

Certains préféreront définir le nez par sa « fonction », l'odorat. Mais, si vous analysez ce genre de définition plus attentivement, vous apercevez que vous arrivez au même point en recourant à un contexte temporel plutôt que spatial : on donne en effet dans ce cas sa signification à un organe en le voyant jouer un rôle donné dans des

séquences d'interaction entre l'organisme et le milieu – c'est là ce que j'appelle le contexte *temporel*. Cette classification temporelle recoupe la classification spatiale des contextes. Mais, en embryologie, la définition primordiale doit se faire en termes de relations formelles : la trompe du fœtus, en général, ne sent rien. L'embryologie est *formelle*.

Je voudrais illustrer davantage cette espèce particulière de relation, cette structure qui relie, en rapportant une découverte de Goethe. Goethe était un botaniste remarquable qui avait le don particulier de reconnaître ce qu'il y avait d'essentiel (c'est-à-dire les structures qui relient). Il rectifia le vocabulaire de l'anatomie comparée des plantes à fleurs, discipline encore grossière à l'époque : il découvrit qu'on ne pouvait de façon satisfaisante définir une « feuille » comme « une chose verte et plate » et une « tige » comme « une chose cylindrique ». Pour accéder à une définition valable – qui d'ailleurs rejoint certainement la façon dont le problème est traité dans les profondeurs des processus mêmes de la croissance de la plante –, il faudrait noter que les bourgeons (c'est-à-dire les futures tiges) prennent forme au point d'attache des feuilles; et le botaniste pourrait construire ses définitions à partir des relations qui existent entre la tige, la feuille, le bourgeon, l'aisselle, etc. :

La tige est ce qui porte la feuille

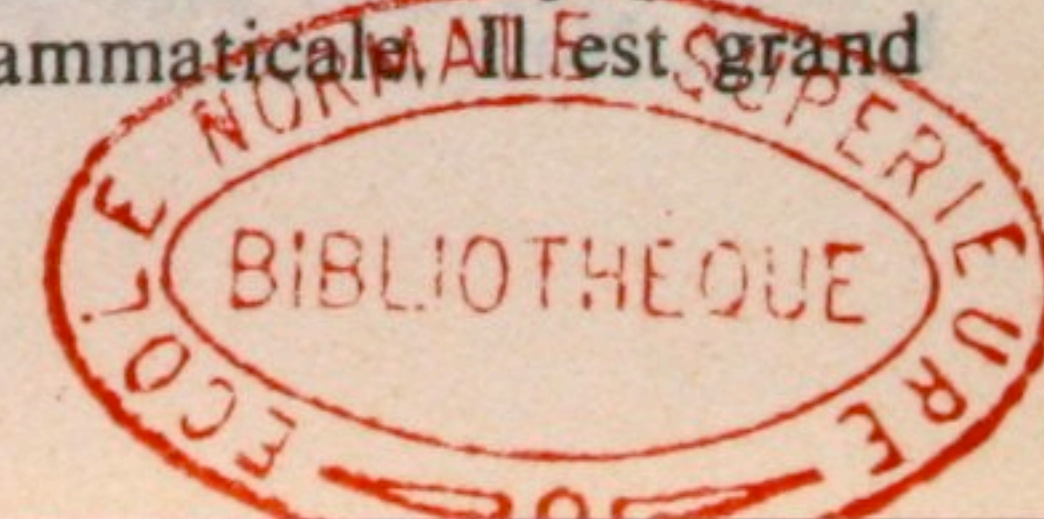
La feuille est ce qui a un bourgeon à son aisselle

La tige est ce qui était auparavant un bourgeon à cet endroit.

Tout cela est bien connu, ou devrait l'être. L'étape suivante, en revanche, est peut-être nouvelle.

Il existe une confusion du même genre dans l'enseignement du langage, qui n'a jamais été clarifiée. Si les linguistes professionnels savent à l'heure actuelle de quoi ils parlent, on continue cependant dans les écoles à apprendre des absurdités aux élèves. On leur apprend qu'un « substantif » est le « nom d'une personne, d'un lieu ou d'une chose », qu'un « verbe » est un « mot exprimant une action », etc. Dès leur plus jeune âge, on leur apprend à définir une chose par ce qu'elle est censée *être* et non par ses relations avec les autres éléments.

La plupart d'entre nous se rappellent avoir appris qu'un « substantif » est le « nom d'une personne, d'un lieu ou d'une chose ». Nous nous souvenons aussi de l'extrême ennui éprouvé au découpage de la phrase en propositions et à son analyse grammaticale. Il est grand





temps que tout cela change. On pourrait dire aux enfants qu'un nom est un mot ayant une certaine relation avec un prédicat; qu'un verbe a une certaine relation avec un nom, qui est son sujet, et ainsi de suite. On pourrait très bien se servir des relations comme base des définitions, et tout écolier aurait tôt fait de s'apercevoir qu'il y a quelque chose qui ne va pas dans la formule « *aller* est un verbe ».

Je me souviens combien l'analyse grammaticale me faisait mourir d'ennui et plus tard, à Cambridge, le cours d'anatomie comparée. Ces deux matières, telles qu'on les enseignait, étaient affreusement irréelles. On aurait pu tout aussi bien, à la place, nous parler de *la structure qui relie*, nous dire que toute communication nécessite un contexte, que sans contexte il n'y a pas de sens, et que les contextes confèrent le sens parce qu'il y a une classification des contextes. Le professeur *aurait pu* expliquer comment croissance et différenciation doivent être contrôlées par la communication. Les formes des animaux et des végétaux sont des messages transformés. Le langage est lui-même une forme de communication. La structure d'entrée doit se retrouver de quelque façon dans la structure de sortie. L'anatomie *doit* présenter une analogie avec la grammaire parce que toute l'anatomie est une transformation de la matière d'un message, et qu'un message prend forme en vertu d'un contexte. Après tout, cette *formation par un contexte* n'est qu'une façon différente de désigner la *grammaire*.

Revenons maintenant aux structures de relation et à la proposition plus abstraite, plus générale (et plus vide) qu'il y a bien une structure des structures de relation.

Ce livre est bâti sur le principe que nous faisons partie d'un monde vivant. J'ai mis en épigraphe de ce chapitre un passage de saint Augustin qui montre clairement l'épistémologie du saint. De telles déclarations éveillent, à l'heure actuelle, de la nostalgie : la plupart d'entre nous ont perdu ce sens de l'unité de la biosphère et de l'humanité, qui nous réunirait et nous rassurerait tous dans une affirmation de la beauté. La plupart d'entre nous ne croient pas aujourd'hui que, en dépit de ces hauts et ces bas sensibles dans notre expérience, mais qui finalement n'affectent que des détails, le grand ensemble est primordialement beau.

Nous avons perdu l'essence de l'événement chrétien. Nous avons perdu Shiva, dans la Trinité hindoue, dont la danse est à première vue création et destruction, mais qui, prise dans son ensemble, se révèle beauté. Nous avons perdu Abraxas, le dieu du jour et de la nuit des

gnostiques, dieu terrible et beau. Nous avons perdu le totémisme, le sens du parallélisme entre l'organisation humaine et celle des animaux et des plantes. Nous avons même oublié le Dieu agonisant.

Nous commençons à jongler avec des idées d'écologie et, bien que nous banalisions immédiatement ces idées en les faisant entrer dans la politique ou dans le commerce, il n'en reste pas moins, au fond de notre cœur, un désir d'unifier, donc de sanctifier l'ensemble du monde naturel, dont nous sommes.

Remarquez cependant qu'il y a eu au monde, et qu'il y a encore, un grand nombre d'épistémologies différentes et même opposées qui ont été unanimes à faire ressortir une unité ultime et qui ont fait valoir, bien que ce soit moins sûr, que cette unité ultime était d'ordre *esthétique*. L'unanimité de ces vues fait espérer qu'un jour l'autorité souveraine de la science quantitative ne pourra peut-être plus nier cette ultime beauté qui unifie.

Je reste fidèle à l'hypothèse que notre perte du sens de l'unité esthétique a été, tout simplement, une erreur épistémologique. Je crois que cette erreur peut se révéler beaucoup plus grave que les incongruités mineures propres aux épistémologies plus anciennes qui admettaient une unité fondamentale.

L'histoire de la perte de notre sens de l'unité nous est racontée en partie par A. Lovejoy dans *The Great Chain of Being*<sup>1</sup>, qui retrace très élégamment cette histoire de la Grèce classique jusqu'à Kant et aux débuts de l'idéalisme allemand, au XVIII<sup>e</sup> siècle : l'histoire de l'idée d'un monde éternellement créé sur le fondement d'une *logique déductive*. Cette idée est claire dans la citation que j'ai extraite de *la Cité de Dieu* : l'Esprit suprême, ou Logos, se trouve à la tête de la chaîne déductive ; au-dessous sont les anges, puis les hommes, puis les singes, et ainsi de suite jusqu'aux végétaux et aux minéraux. Le tout, en ordre déductif, est lié dans cet ordre par une prémisse qui préfigure notre seconde loi de la thermodynamique : cette prémisse veut que du « plus parfait » ne puisse jamais être engendré par du « moins parfait » que lui.

Dans l'histoire de la biologie, c'est Lamarck<sup>2</sup> qui a inversé la grande chaîne de l'être. En soutenant que l'esprit était immanent aux

1. Arthur O. Lovejoy, *The Great Chain of Being: A Study of the History of an Idea* (« La Grande Chaîne de l'Être : étude de l'histoire d'une idée »), Cambridge, Harvard University Press, 1936.

2. J.-B. Lamarck, *Philosophie zoologique*, chez Dentu, rue du Pont-de-Lodi, et chez l'auteur, au Musée d'histoire naturelle, Paris, 1809 (rééd. Paris, UGE, coll. « 10/18 », 1968).



créatures vivantes et pouvait en déterminer les transformations, il s'est détaché de la prémisse directionnelle négative selon laquelle le parfait devait absolument précéder l'imparfait. Il a proposé ensuite une théorie du « transformisme » (que nous appellerions aujourd'hui *évolution*) qui, à partir des infusoires (les protozoaires), allait jusqu'à l'homme et la femme.

La biosphère lamarckienne était toujours une *chaîne*. Bien que le centre de gravité fût déplacé du Logos transcendant à l'esprit immanent, l'unité de l'épistémologie était maintenue.

Les cinquante années qui suivirent virent la montée en flèche de la révolution industrielle, le triomphe de la Machine sur l'Esprit, si bien que l'épistémologie culturellement appropriée à l'*Origine des espèces*, de Darwin (1859) fut une tentative d'exclure l'esprit comme principe explicatif – un combat contre des moulins à vent.

Il y eut des protestations plus sérieuses que les hurlements des fondamentalistes : Samuel Butler, le plus habile critique de Darwin, comprenant que le rejet de l'esprit comme principe explicatif était impensable, tenta de ramener la théorie évolutionniste au lamarckisme. Mais cela ne pouvait rien donner à cause de l'hypothèse (partagée même par Darwin) d'une hérédité des caractères acquis. Or, cette hypothèse était erronée, selon laquelle les réponses d'un organisme à son milieu pouvaient s'incorporer au patrimoine génétique des descendants. J'ajouterai que cette erreur était spécifiquement épistémologique : elle consistait en une confusion de types logiques différents, et je donnerai pour ma part une définition de l'*esprit* très différente des notions vagues partagées par Lamarck et Darwin. En particulier, j'avancerai que la pensée ressemble à l'évolution, étant, comme elle, d'ordre stochastique\*.

Dans la suite de cet ouvrage, la structure hiérarchique de la pensée – ce que Bertrand Russell appelait les *types logiques* – remplacera la structure hiérarchique de la Grande Chaîne de l'Être, et nous nous efforcerons de proposer une unité sacrée de la biosphère qui comporte moins d'erreurs épistémologiques que celle que les différentes religions nous ont proposée au cours de l'histoire. Ce qui importe surtout, c'est que, vraie ou fausse, l'épistémologie soit *explicite*, car elle rendra ainsi possible une critique explicite elle aussi.

Le premier objectif de cet ouvrage sera donc de composer un tableau qui illustre comment le monde assure une cohérence dans ses aspects mentaux<sup>a</sup>. Comment les idées, l'information, les différentes

a. L'adjectif peut surprendre. Cf. p. 97.

étapes d'une cohérence logique ou pragmatique tiennent-elles ensemble? Comment la logique, la procédure classique pour forger des chaînes d'idées, se rattache-t-elle à un monde extérieur, fait de choses et de créatures, de parties et d'ensembles? Les idées naissent-elles réellement dans des chaînes, ou bien s'agit-il là seulement d'une structure linéale\* qui leur a été imposée par les érudits et les philosophes? Comment le monde de la logique, qui évite le « raisonnement circulaire », peut-il se rapporter à un monde où les chaînes de causalité circulaires sont la règle plutôt que l'exception?

Ce que nous devons étudier et décrire est une immense matrice de messages imbriqués, de tautologies abstraites, de prémisses et d'exemplifications.

Mais il n'existe pas aujourd'hui, en 1979, de méthode établie permettant de faire la description d'un tel enchevêtrement. Nous ne savons même pas par où commencer. Il y a cinquante ans, on aurait admis que la meilleure marche à suivre pour accomplir une telle tâche devait être soit logique, soit quantitative, soit les deux à la fois. Mais nous allons voir, comme tout élève devrait le savoir, que la logique est précisément impropre à traiter des circuits *récurrents* sans engendrer des paradoxes, et que les quantités ne sont précisément pas le tissu de ces systèmes complexes communiquant entre eux.

Autrement dit, logique et quantité sont des artefacts qui se révèlent inappropriés à la description des organismes, à leur interaction et à leur organisation interne. On verra en temps opportun le caractère particulier de cette inappropriation; en attendant, le lecteur est prié de considérer comme vraie l'affirmation qu'il n'existe pas à l'heure actuelle de moyen conventionnel permettant d'expliquer ni même de décrire les phénomènes d'organisation biologique et d'interaction humaine.

John Von Neumann faisait remarquer, il y a trente ans, dans sa *Théorie des jeux*, qu'il manquait dans les sciences comportementales un modèle réduit qui serait pour la biologie et la psychiatrie ce que la particule newtonienne avait été pour la physique.

Il existe cependant un certain nombre de morceaux de sagesse, non reliés entre eux, qui nous aideront à nous acquitter de la tâche que nous nous sommes fixée dans ce livre. J'adopterai donc la méthode de Little Jack Horner<sup>a</sup> – qui sortait ses prunes une à une et les disposait l'une à côté de l'autre – pour me doter d'un outillage qui me permette d'énoncer quelques critères fondamentaux du processus de l'esprit.

a. Personnage d'une chanson enfantine anglaise.



Dans le chapitre II, « Ce que tout élève sait », je rassemblerai à l'intention du lecteur quelques exemples de ce que je considère comme de simples vérités nécessaires – nécessaires d'abord si l'élève doit un jour apprendre à penser, et nécessaires aussi parce que j'ai la conviction que le monde biologique est à la mesure de ces simples propositions.

Dans le chapitre III, je procéderai de la même manière en attirant toutefois l'attention du lecteur sur un certain nombre de cas où deux ou plusieurs sources donnent ensemble un type d'information différent de celui qu'elles fourniraient séparément.

Il n'existe actuellement aucune science qui ait pour objet principal la combinaison des éléments d'information. J'avancerai cependant pour ma part que le processus de l'évolution doit se fonder sur ce type de gain d'information. Chaque étape de l'évolution est un supplément d'information pour un système déjà existant. Aussi les combinaisons, les concordances et les discordances entre éléments et niveaux d'information successifs vont-elles faire apparaître de multiples problèmes de survie et déterminer de nombreuses directions de changement.

Le chapitre IV, « Les critères de l'esprit », traitera des caractères qui semblent, en fait, toujours se combiner dans notre biosphère terrestre pour créer de l'esprit. Le reste du livre sera consacré plus particulièrement aux problèmes de l'évolution biologique.

Dans l'ensemble, nous défendrons la thèse qu'il est possible et qu'il vaut la peine de *réfléchir* sur de multiples problèmes d'ordre et de désordre qui se posent dans l'univers biologique, et que nous avons aujourd'hui à notre disposition un nombre considérable d'outils de pensée que nous n'employons pas, en partie parce que, professeurs comme élèves, nous nous privons de bien des lumières qui sont à notre disposition, et en partie parce que nous ne voulons pas accepter les obligations qui découleraient d'une vision lucide des dilemmes humains.

## Ce que tout élève sait

C'est leur éducation qui a fourvoyé la plupart des hommes. S'ils croient, c'est parce qu'on leur a appris ainsi. Le prêtre prend le relais de la gouvernante. Ainsi l'enfant s'impose à l'adulte.

John Dryden, *La Biche et la Panthère*.

La science, comme l'art, la religion, le commerce, la guerre et même le sommeil, est fondée sur des *présuppositions*. Elle diffère, cependant, de la plupart des autres domaines de l'activité humaine non seulement parce que les orientations de la pensée scientifique sont déterminées par les présuppositions des hommes de science, mais aussi parce que les objectifs des savants consistent à vérifier, à revoir les anciennes présuppositions et à en créer de nouvelles.

Dans cette activité, il est évidemment souhaitable (mais non absolument nécessaire) que l'homme de science soit conscient de ses présuppositions, et qu'il soit capable de les formuler. Pour pouvoir porter un jugement scientifique, de toute façon il est recommandé, pour ne pas dire indispensable, de connaître les présuppositions des collègues faisant des recherches dans le même domaine. Mais, là où cette connaissance des présuppositions de l'auteur devient absolument nécessaire, c'est lorsqu'on lit des ouvrages scientifiques.

J'ai enseigné différentes branches de la biologie comportementale et de l'anthropologie culturelle à des étudiants américains, aussi bien à des élèves de première année qu'à des internes en psychiatrie, dans différents établissements d'enseignement et dans des hôpitaux universitaires. J'ai trouvé dans leur façon de penser une bien étrange lacune, qui provenait de l'absence de certains *outils* de pensée. Ce phénomène se retrouve de façon à peu près égale à tous les niveaux d'enseignement, tant chez les étudiants que chez les étudiantes, tant chez les littéraires que chez les scientifiques. Il s'agit précisément d'un manque de connaissance des présuppositions non seulement de la science, mais même de la vie de tous les jours.

Cette lacune est, assez étrangement, moins marquée dans deux groupes d'étudiants, *a priori* diamétralement opposés : les catholiques et les marxistes. Les uns et les autres se sont déjà penchés sur les



quelque deux mille cinq cents dernières années de la pensée humaine ou en ont un peu entendu parler; les uns et les autres reconnaissent quelque peu l'importance des présuppositions philosophiques, scientifiques ou épistémologiques. Il est difficile d'enseigner à ces étudiants parce que l'importance qu'ils accordent aux prémisses et aux présuppositions « correctes » est si grande que toute hérésie est pour eux synonyme d'une menace d'excommunication. Évidemment, tous ceux qui ressentent l'hérésie comme un danger veillent à avoir pleine conscience de leurs présuppositions et finissent par développer une sorte de flair en cette matière.

Ceux qui n'imaginent même pas qu'il soit possible de se tromper ne peuvent rien apprendre, sinon du savoir-faire.

L'objet de ce livre est très proche du noyau de la religion et de l'orthodoxie scientifique. Les présuppositions (et il faut apprendre à la plupart des étudiants à quoi cela ressemble, une présupposition!) sont des objets qu'il faut mettre en lumière aux yeux de tous.

Il y a cependant un autre problème particulier, ou presque, à la situation américaine. Les Américains sont sans aucun doute aussi rigides que n'importe qui dans leurs préoccupations (et aussi rigides dans ce domaine que l'auteur de ce livre); mais, en plus, ils réagissent étrangement si on formule explicitement l'une de leurs présuppositions : ils tiennent généralement de tels énoncés pour de l'hostilité ou de la raillerie, ou encore, chose bien plus grave, ils les jugent *autoritaires*.

C'est ainsi que, dans ce pays fondé sur la liberté religieuse, l'enseignement de la religion est proscrit dans l'éducation publique. Dès lors, les membres des familles peu portées sur la religion ne reçoivent aucune éducation en ce domaine.

Par conséquent, énoncer une prémisse ou une présupposition de façon explicite et formelle revient à buter sur la résistance assez subtile d'un auditoire qui ne vous contredit pas (car il ne connaît ni les prémisses contradictoires ni la façon de les énoncer) mais qui pratique une sourde oreille entraînée, comme des enfants lorsqu'ils veulent éviter les sermons des parents, des professeurs et des autorités religieuses.

Quoi qu'il en soit, je crois à l'importance des présuppositions scientifiques, au fait qu'il y a de bonnes et de moins bonnes façons d'élaborer des théories scientifiques, et à la nécessité de formuler clairement les présuppositions pour pouvoir les améliorer.

C'est pourquoi ce chapitre sera consacré à une série de présuppositions : les unes paraîtront familières, les autres inhabituelles à des lecteurs dont le mode de pensée s'est toujours trouvé à l'abri de l'idée

rébarbative que certaines propositions sont tout simplement fausses. Certains outils de pensée sont tellement émoussés qu'ils sont pratiquement inutilisables; d'autres sont si affûtés qu'ils sont dangereux. Mais l'homme avisé saura faire bon usage des uns et des autres.

Il est intéressant de chercher à reconnaître certaines présuppositions de base que tous les *esprits* doivent partager ou, inversement, de définir l'esprit en faisant la liste de certaines de ses caractéristiques élémentaires, qui permettent la communication.

### 1. La science ne prouve jamais rien

La science tantôt *améliore* des hypothèses, tantôt les *réfute*. Mais prouver<sup>a</sup> est une chose différente, qui ne se produit probablement jamais, sinon dans le domaine de la tautologie<sup>b</sup> totalement abstraite. Nous pouvons parfois dire que, *si* tels et tels axiomes ou postulats abstraits sont donnés, *alors* telle et telle proposition doivent nécessairement suivre. Mais la vérité quant à ce qui peut être *perçu* ou obtenu par une induction fondée sur la perception est, encore une fois, une autre affaire.

Disons que la « vérité » impliquerait une correspondance précise entre la chose décrite et la description que nous faisons, ou encore entre l'ensemble de notre réseau d'abstractions et de déductions et une sorte de compréhension totale du monde extérieur. Or, la vérité prise dans ce sens est inaccessible. Et même sans tenir compte des limites inhérentes au codage – c'est-à-dire de ce que nos descriptions ne sont faites que de mots, de chiffres ou d'images alors que ce que nous décrivons est fait de chair, de sang et d'action –, sans même parler de cette barrière de la traduction, nous ne pourrions jamais revendiquer la connaissance finale de quoi que ce soit.

Voici un moyen conventionnel de commenter ce qui précède : je vous donne une série, soit de nombres, soit d'autres signes, plus la présupposition que la série est ordonnée. Pour plus de simplicité, prenons la série de nombres :

2, 4, 6, 8, 10, 12

a. Il y a jeu de mots en anglais : « *Science sometimes improves hypotheses and sometimes disproves them.* »

b. Bateson donne à « tautologie » un sens bien particulier qu'il définit lui-même plus loin (p. 54). Pour lui, la géométrie euclidienne est un exemple de « tautologie » (cf. glossaire).



Je vous demande : « Dans cette série, quel est le nombre qui va suivre ? » Vous allez probablement me répondre : « 14. » A quoi je vous répondrai : « Pas du tout. Le nombre suivant est 27. » Autrement dit, la généralisation à laquelle vous étiez hâtivement arrivé en partant des données de départ, en l'occurrence qu'il s'agissait d'une suite de nombres pairs, s'est avérée fautive, ou, en tout cas, approximative, du fait de ce qui a suivi.

Allons un peu plus loin. Permettez-moi de continuer en vous proposant la série suivante :

2, 4, 6, 8, 10, 12, 27, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 27, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 27...

Maintenant, si je vous demande de deviner quel sera le nombre suivant, vous allez probablement répondre : « 2. » Vous avez vu, après tout, défiler trois répétitions de la séquence de 2 à 27 et si vous êtes un vrai scientifique, vous aurez été influencé par la présupposition dite *principe d'Occam*<sup>a</sup> ou *règle d'économie* : entre plusieurs hypothèses collant aux faits, il faut choisir la plus simple. C'est sur la base de cette simplicité que vous faites votre prédiction. Mais les faits, eux, quels sont-ils ? Ils ne vous sont pas accessibles, en définitive, au-delà de la séquence (peut-être incomplète) qui vous a été donnée.

Vous supposez être à même de prédire et, de fait, c'est moi qui vous ai suggéré cette présupposition. Mais la seule base que vous ayez pour le faire, c'est votre entraînement à préférer la réponse la plus simple et votre conviction que mon petit jeu impliquait bien une suite à la fois ordonnée et incomplète.

Malheureusement (ou peut-être heureusement), l'événement suivant n'est jamais accessible. Tout ce que vous avez, c'est l'espoir de la simplicité, mais le fait suivant peut toujours vous conduire à un niveau de complexité supérieur.

Ou bien disons que, pour toute séquence de nombres que je pourrais donner, il n'y aura jamais que quelques manières simples de la décrire, mais qu'il y aura toujours un nombre *infini* de variantes, dès lors qu'elles ne sont plus soumises au critère de simplicité.

Supposons que les nombres soient représentés par les lettres :

$x, w, p, n$

a. La phrase canonique de Guillaume d'Occam (1280-1349) est qu'« il ne faut pas multiplier les êtres sans nécessité ».

et ainsi de suite. Ces lettres pourraient représenter n'importe quels nombres, voire des fractions. Il me suffit de répéter la série trois ou quatre fois sous une forme sensorielle, verbale, visuelle ou autre, ou même par le biais de la douleur ou de la kinesthésie, et vous commencerez à percevoir une structure. Elle deviendra un thème dans votre esprit – comme dans le mien – et elle acquerra une valeur esthétique. Dans cette mesure, elle sera familière et compréhensible.

Mais la structure peut être modifiée ou rompue par addition, par répétition ou par tout ce qui peut vous contraindre à en avoir une perception nouvelle – et tous ces changements ne pourront jamais être prédits avec une certitude absolue, puisqu'ils ne se seront pas encore produits.

Nous n'en savons pas encore assez sur la façon dont le présent conduit au futur. Nous ne pourrions jamais dire : « Ah ! Ma perception et les explications que je donne de cette série valent aussi pour l'élément suivant et ceux à venir » ; ou encore : « La prochaine fois que je rencontrerai ces phénomènes, je serai capable d'en prédire la suite complète. »

Une prévision ne peut jamais être tout à fait valide ; il s'ensuit que la science ne pourra jamais *prouver* un principe général<sup>a</sup> ni même tester un seul énoncé descriptif et ainsi accéder à la vérité finale.

Il y a d'autres manières de démontrer cette impossibilité. La thèse de ce livre – qui, bien sûr, ne peut vous convaincre que dans la mesure où ce que je dis correspond à ce que vous connaissez, donc à quelque chose qui peut s'écrouler ou se transformer complètement d'ici quelques années – repose sur l'idée que la science est une *façon de percevoir* et de donner ce qu'on peut appeler « un sens » aux choses perçues. Mais la perception ne s'effectue que par différences. Recevoir une information, c'est nécessairement recevoir des nouvelles d'une *différence*<sup>b</sup>, et toute perception (d'une différence) est limitée par un seuil. Les différences trop infimes ou qui interviennent trop lentement ne sont pas perceptibles : elles ne peuvent servir d'aliment à la perception.

Il s'ensuit que ce que nous, hommes de science, pouvons percevoir sera toujours limité par un seuil. C'est-à-dire que tout ce qui est subliminal n'apportera pas d'eau à notre moulin. La connaissance à chaque instant donné sera fonction des seuils de nos moyens de perception disponibles. L'invention du microscope, du télescope, ou de

a. Nous traduisons le terme *generalization* soit par *généralisation* soit par *principe général*, voire *principe*, selon le contexte.

b. Cf. *Vers une écologie de l'esprit*, t. II, p. 211.



façons de mesurer du temps jusqu'à une fraction de nano-seconde ou de peser une quantité de matière jusqu'au millionième de gramme, bref de tous ces dispositifs perfectionnés de perception, va révéler des choses qui sont tout à fait imprévisibles à partir des niveaux de perception accessibles avant ces découvertes.

Non seulement nous ne pouvons prédire ce que, dans le futur, sera l'instant suivant, mais, plus fondamentalement, nous ne pouvons pas non plus prédire ce que sera l'étape suivante du microscopique, de l'astronomiquement lointain ou du géologiquement ancien. Comme méthode de perception – et c'est là le seul titre qu'elle puisse revendiquer – la science, au même titre que toutes les autres méthodes de perception, est limitée dans sa capacité à recueillir les signes extérieurs et visibles de ce qui pourrait constituer la vérité.

La science sonde; elle ne prouve pas<sup>a</sup>.

## 2. La carte n'est pas le territoire, et le nom n'est pas la chose nommée

Cette formule, rendue célèbre par Alfred Korzybski, se retrouve à de nombreux niveaux. Elle nous rappelle, de façon générale, que, lorsqu'on pense à des porcs ou à des noix de coco, on n'a dans le cerveau ni porcs ni noix de coco. Sur un plan un peu plus abstrait, la formule de Korzybski signifie que, dans toute pensée, perception ou communication sur la perception, il y a entre le rapport et la chose rapportée, la *Ding an sich*, une transformation, un codage. Principalement, la relation entre cette mystérieuse chose rapportée et le rapport qui en est fait tend à avoir la nature d'une *classification*, de l'attribution à la chose d'une classe. Nommer revient toujours à classer; et cartographier, c'est essentiellement la même chose que nommer.

Dans l'ensemble, Korzybski parlait comme un philosophe et il s'efforçait de persuader les gens de discipliner leur mode de pensée. Mais il n'y parvint pas. Lorsqu'on veut appliquer sa formule à l'histoire naturelle du processus mental chez l'homme, on s'aperçoit que ce n'est pas si simple. La distinction entre le nom et la chose nommée ou entre la carte et le territoire ne s'effectue vraisemblablement que dans l'hémisphère dominant du cerveau. L'hémisphère

<sup>a</sup> « Science probes; it does not prove. »

symbolique et affectif, celui qui se situe normalement à droite, est probablement incapable de faire la distinction entre le nom et la chose nommée. Il ne s'occupe sûrement pas de ce genre de distinction. On peut donc s'attendre à trouver présents dans la vie humaine certains types de comportement non rationnels. Car nous avons bel et bien deux hémisphères, qu'on le veuille ou non. Chaque hémisphère, en fait, opère de façon quelque peu différente, et nous n'arrivons pas à nous dépêtrer des difficultés que cette différence impose.

Par exemple, nous pouvons, avec l'hémisphère dominant, considérer un objet tel qu'un drapeau comme une sorte de nom du pays ou de l'organisation qu'il représente. Mais l'hémisphère droit ne fait pas cette distinction et considère le drapeau comme sacramentellement identique à ce qu'il représente. Par exemple, la « Bannière étoilée » est les États-Unis. Et si on la foule aux pieds, la réaction peut être la rage. Et cette rage ne serait pas apaisée par des explications sur la relation entre la carte et le territoire (de toute façon, celui qui piétine le drapeau l'identifie aussi avec ce qu'il représente) : il y aura toujours et nécessairement un bon nombre de situations où la réaction ne sera pas guidée par la distinction logique entre le nom et la chose nommée.

## 3. Il n'y a pas d'expérience objective

Toute expérience est subjective. Ceci n'est qu'un simple corollaire de l'idée qui sera énoncée dans la section suivante : notre cerveau crée les images que nous pensons « percevoir ».

Il est significatif que toute perception – toute perception consciente – ait les caractéristiques d'une image. Une douleur est localisée quelque part; elle a un début, une fin, une place et elle se découpe sur un arrière-plan : ce sont là les composants élémentaires d'une image. Quand on me marche sur l'orteil, ce que j'éprouve n'est pas le fait qu'on me marche sur l'orteil, mais bien mon *image* de quelqu'un qui me marche sur l'orteil, image reconstruite d'après un message nerveux, qui atteint mon cerveau un certain temps après l'atterrissage du pied de la personne en question sur le mien. L'expérience du monde extérieur n'est jamais possible que par l'entremise d'organes sensoriels particuliers et de voies nerveuses. Dans cette mesure, les objets sont ma création, et l'expérience que j'en ai est subjective, non objective.



Il est important cependant de signaler que très peu de personnes, en tout cas dans la culture occidentale, mettent en doute l'objectivité de données sensorielles telles que la douleur ou leurs images visuelles du monde extérieur. Notre civilisation est profondément enracinée dans cette illusion.

#### 4. Les processus de formation des images sont inconscients

Ce principe <sup>a</sup> est vrai, semble-t-il, de tout ce qui se produit entre mon action parfois consciente de diriger un organe sensoriel vers une source d'information et mon action consciente de puiser de l'information dans une image que « je » crois voir, entendre, toucher, goûter ou sentir. Même la douleur est, selon toute vraisemblance, une image créée.

Il ne fait aucun doute que les hommes, les ânes et les chiens sont conscients d'écouter et même de pointer leurs oreilles dans la direction du son. En ce qui concerne la vue, une chose qui bouge dans mon champ visuel attirera mon « attention » (quel que soit ce qu'il y a derrière ce mot) au point de me faire tourner les yeux ou même la tête pour la regarder. Ce mouvement est souvent un acte conscient, mais il est parfois tellement machinal qu'il passe inaperçu. Je suis souvent conscient du fait de tourner la tête, mais inconscient de la vision périphérique qui en a été la cause. La zone périphérique de la rétine reçoit une quantité d'informations qui restent en dehors de la conscience – peut-être, mais ce n'est pas sûr, sous forme d'images.

Les processus de la perception sont inaccessibles. Seuls ses résultats sont conscients et ce sont eux, bien entendu, qui sont nécessaires. Les deux faits généraux qui, selon moi, sont le début d'une épistémologie empirique sont que, d'une part, je suis inconscient du processus de formation des images que je vois consciemment, et que, d'autre part, dans ces processus inconscients, j'emploie tout un éventail de présuppositions qui feront partie de l'image finale.

Bien sûr, nous savons tous que les images que nous « voyons » sont bien fabriquées par le cerveau ou l'esprit. Mais le savoir intellectuellement, ce n'est pas la même chose que *se rendre compte* que les choses se passent bien ainsi. Cet aspect de la question s'est imposé à moi il y a une trentaine d'années à New York. Adalbert

a. Generalization.

Ames Jr. présentait ses expériences sur la façon dont nous dotons nos images visuelles de la dimension de la profondeur. Ames était un ophtalmologue qui avait fait des recherches sur des patients atteints d'anisocorie, c'est-à-dire dont chaque œil formait des images de grandeur différente. Il fut alors amené à étudier les éléments subjectifs de la perception de la profondeur. Comme cette matière revêt une importance certaine et donne les bases de l'épistémologie empirique ou expérimentale, je voudrais m'attarder quelque peu sur ma rencontre avec les expériences d'Ames.

Ames procédait à ses expériences dans un vaste appartement vide, à New York. Il y avait, si je me souviens bien, une cinquantaine d'expériences. Quand j'arrivai pour voir la démonstration, je constatai que j'étais le seul visiteur. Ames m'accueillit et m'invita à parcourir, en commençant par le début, la série des expériences, tandis qu'il reprenait son travail pour un moment dans une petite pièce meublée comme un bureau : seul mobilier, d'ailleurs, de tout l'appartement, hormis deux chaises pliantes.

Je passai d'une expérience à l'autre. Chacune d'entre elles mettait en scène un type d'illusion d'optique affectant la perception de la profondeur. La thèse générale était que nous avons besoin de cinq indications essentielles pour donner un effet de profondeur aux images que nous créons lorsque nous regardons le monde à travers nos yeux.

La première de ces indications est la dimension <sup>1</sup>; c'est-à-dire la grandeur de l'image réelle sur la rétine. Comme nous ne pouvons pas voir cette image, il serait plus exact de dire que la première indication relative à la distance est l'arc sous-tendu par l'image de l'objet sur la rétine. Mais cet arc non plus n'est pas visible. L'indication de distance qui est retransmise au nerf optique serait plutôt le *changement d'arc sous-tendu* <sup>2</sup>. Pour démontrer cette vérité, deux ballonnets étaient placés dans une zone sombre. Les deux ballons étaient éclairés identiquement, mais on pouvait faire passer l'air de l'un dans l'autre. Les ballons eux-mêmes ne changeaient pas de place, mais, dès que l'un des deux grossissait et que l'autre se dégonflait, l'observateur avait l'impression que celui qui grossissait se rapprochait et que l'autre

1. J'aurais dû dire pour plus de précision : « La première de ces indications est la différence de grandeur... »

2. Il faut remarquer non seulement que le processus de la perception visuelle échappe tout à fait à la conscience, mais aussi qu'il est impossible de donner avec des mots une définition acceptable de ce qui peut se passer dans le simple acte de voir. Pour ce qui n'est pas conscient, la langue ne fournit pas de moyen d'expression.



s'éloignait. Lorsqu'on faisait passer l'air alternativement de l'un dans l'autre, on avait l'impression que les ballons se déplaçaient vers l'avant et vers l'arrière, à tour de rôle.

La deuxième indication nécessaire à la création de l'effet de profondeur était la différence de luminosité. Ici les ballons étaient de la même dimension et bien entendu ne se déplaçaient pas. Seul l'éclairage était différent, dirigé d'abord sur l'un, ensuite sur l'autre. Cette alternance d'éclairage, tout comme l'alternance de dimension, donnait l'impression que les ballons se rapprochaient et s'éloignaient selon qu'ils étaient éclairés ou non.

Il y avait ensuite une série d'expériences qui montraient que ces deux premières indications, la taille et la luminosité, pouvaient, en s'opposant entre elles, créer une contradiction. Le ballon qui se dégonflait était alors celui qui recevait le plus de lumière. Ce type d'expérience mixte servait à faire prendre conscience que certaines indications prévalaient sur d'autres.

L'ensemble des expériences effectuées ce jour-là faisait intervenir la dimension, la luminosité, le recouvrement, la parallaxe \* binoculaire et la parallaxe créée par les mouvements de la tête. De toutes les indications, celle qui prévalait sur toutes les autres était, bien entendu, la parallaxe due aux mouvements de la tête.

Après vingt ou trente expériences, je pouvais enfin faire une pause : j'allais donc m'asseoir sur une des deux chaises pliantes. Elle s'écroula sous mon poids. Entendant le bruit, Ames sortit pour voir si tout allait bien. Il resta alors avec moi et me montra les deux expériences suivantes.

La première mettait en jeu la parallaxe. Sur une table d'un mètre cinquante environ étaient disposés deux objets : un paquet de cigarettes Lucky Strike planté quelques centimètres au-dessus de la table sur une petite pointe et, à l'autre extrémité de la table, une pochette d'allumettes également plantée sur une courte pointe.

Ames m'invita à me tenir debout devant la table et à décrire ce que je voyais, c'est-à-dire à localiser les deux objets et à estimer leur taille respective. (Dans les expériences d'Ames, on doit toujours examiner la réalité avant d'être soumis à une illusion d'optique.)

Ames me montra alors une planche percée d'un trou rond et fixée verticalement sur le bord de la table. Il me demanda de regarder par le trou et de lui dire ce que je voyais. Bien entendu, les objets avaient toujours l'air d'être à la même place et d'avoir la taille normale que je leur connaissais.

En regardant par le trou, je ne pouvais voir que d'un œil et je

perdais donc ma vision de lynx. Ames me dit alors que je pouvais retrouver l'effet de parallaxe sur les objets en faisant glisser la planche le long du bord de la table.

Au fur et à mesure que je déplaçais latéralement mes yeux en même temps que la planche, l'image changeait du tout au tout, comme par enchantement. Le paquet de Lucky Strike se trouvait maintenant à l'autre extrémité de la table et paraissait deux fois plus haut et plus large qu'un paquet normal. Même la surface du paquet avait changé de texture : les petites irrégularités du papier semblaient plus grandes. La pochette d'allumettes, quant à elle, donnait l'impression d'être une pochette pour nain et de se trouver à mi-chemin de la longueur de la table, là où semblait être initialement le paquet de cigarettes.

Que s'était-il passé ?

L'explication était toute simple. Cachés sous la table se trouvaient deux leviers qui déplaçaient les objets transversalement dès qu'on faisait glisser la planche. Il est bien connu qu'avec une parallaxe normale, quand on regarde par la fenêtre d'un train en marche, les objets proches semblent défilier à grande vitesse. Les vaches qui se trouvent le long de la voie ferrée passent trop vite pour qu'on puisse bien les distinguer ; en revanche, les montagnes lointaines vont si lentement qu'elles ont presque l'air, contrairement aux vaches, de voyager avec le train.

Dans cette expérience, les leviers placés sous la table avaient donc déplacé l'objet le plus proche en même temps que l'observateur : le paquet de cigarettes s'était comporté comme s'il était situé au loin et la pochette d'allumettes comme si elle avait été tout près.

Autrement dit, en faisant glisser mon regard avec la planche, je renversais les apparences. Soumis à ces circonstances-là, les processus inconscients de formation de l'image créaient ce qui était pour eux l'image appropriée. Les informations venant du paquet de cigarettes étaient reçues et organisées pour donner l'image d'un paquet éloigné, mais la hauteur du paquet sous-tendait toujours le même arc sur la rétine : ce qui explique pourquoi le paquet avait paru géant. Inversement la pochette d'allumettes avait été apparemment mise tout près mais continuait de sous-tendre le même arc qu'au départ, si bien que l'image que je créais en moi était celle d'une pochette d'allumettes qui semblait deux fois moins éloignée et deux fois plus petite que sa taille normale.

Le mécanisme de la perception avait créé l'image en respectant les règles de la parallaxe – ces règles qui ont été formulées pour la



première fois par les peintres de la Renaissance. L'ensemble de ce processus, la création de l'image intégrant en elle les conclusions découlant des indications de la parallaxe, s'était déroulé entièrement en dehors du champ de ma conscience : les règles de l'univers que nous croyons connaître sont enfouies au profond de nos processus de perception.

L'épistémologie, à ce niveau naturel de son histoire, est essentiellement inconsciente, et par là même difficile à changer. La deuxième expérience à laquelle Ames me soumit illustre cette difficulté d'un changement à ce plan-là.

On a appelé cette expérience la *chambre trapézoïdale*. Ames m'a d'abord prié d'examiner une grande boîte d'environ un mètre cinquante de large et d'un peu moins d'un mètre de haut et de profondeur. La boîte avait une forme curieusement trapézoïdale; Ames me demanda de l'examiner soigneusement afin d'en bien connaître la forme et les dimensions véritables.

Sur l'avant de la boîte avait été pratiqué un orifice assez grand pour les deux yeux, mais, avant de commencer l'expérience, Ames me fit mettre une paire de lunettes prismatiques pour tromper ma vision binoculaire normale. Je devais ainsi avoir en moi la présupposition subjective de disposer de la parallaxe des deux yeux alors qu'en réalité je n'avais pratiquement aucune indication binoculaire.

Vue par l'orifice, la boîte donnait l'impression d'être parfaitement rectangulaire et représentait l'intérieur d'une chambre comportant des fenêtres rectangulaires. Les traits de couleur dessinant les fenêtres étaient évidemment loin d'être simples; ils avaient été tracés pour donner une impression de rectangularité contredisant la forme trapézoïdale réelle de la chambre. Je savais, pour l'avoir inspecté auparavant, que le côté situé en face de l'orifice était placé obliquement, de sorte qu'il était plus proche de moi vers la droite que vers la gauche.

Ames me donna un bâton et me demanda d'atteindre, puis de toucher une feuille de papier pour machine à écrire épinglée sur le « mur » gauche. J'y parvins assez facilement. Ames demanda alors : « Voyez-vous une feuille de papier semblable du côté droit? Je voudrais que vous la touchiez avec le bâton. Mettez d'abord l'extrémité du bâton sur le papier de gauche, puis déplacez-le vers celui de droite, en frappant aussi fort que possible. »

Je frappai très fort. L'extrémité de mon bâton bougea librement de deux centimètres environ, puis heurta le mur du fond et ne put aller plus loin. Ames dit alors : « Essayez à nouveau. »

Je recommençai peut-être cinquante fois, jusqu'à en avoir mal au bras. Je savais pertinemment la correction que je devais apporter au mouvement : je devais ramener le bâton vers moi en frappant, afin d'éviter le mur du fond. Mais ce que je faisais en réalité était guidé par mon image. J'essayais d'agir contre un mouvement spontané. (Je suppose que c'eût été beaucoup plus facile les yeux fermés, mais je n'ai pas essayé.)

Je ne parvins pas à toucher une seule fois le second morceau de papier, mais j'améliorai mon geste de façon intéressante : j'arrivai finalement à déplacer mon bâton sur une distance plus grande avant d'aller heurter le mur du fond. *Au fur et à mesure que je m'exerçais et que j'améliorais mes résultats*, l'image changeait et donnait de plus en plus l'impression d'une forme trapézoïdale.

Ames m'expliqua par la suite qu'après un certain temps et un peu d'entraînement, on apprenait à toucher assez facilement le second papier et qu'on apprenait du même coup à voir la chambre sous sa forme véritable.

La chambre trapézoïdale était la dernière expérience de la série : Ames proposa d'aller déjeuner. Je me rendis à la salle de bains de l'appartement. J'ouvris le robinet d'eau froide, et je reçus un jet d'eau bouillante, accompagné de vapeur.

Nous nous rendîmes alors en ville, en quête d'un restaurant. La confiance que j'avais en ma propre capacité de former des images était si ébranlée que je pouvais à peine traverser la rue. Je n'étais pas sûr que les voitures qui arrivaient se trouvaient réellement à l'endroit où elles semblaient être à chaque instant.

En somme, il n'y a pas moyen de lutter consciemment contre les instructions immédiates des images que la perception transmet à l'« œil de l'esprit ». Mais, avec un entraînement ardu et de l'auto-correction, il est possible de modifier partiellement ces images. (Ces changements de calibrage seront étudiés plus loin, dans le chapitre VII.)

Malgré ces belles expériences, le processus de formation des images reste pour ainsi dire tout à fait mystérieux. Comment s'opère-t-il? – et dans quel but? Nous n'en savons rien.

C'est fort bien de dire que, du point de vue de l'application, cela a un sens, de se contenter de présenter les images à la conscience sans se perdre dans la prise de conscience de leur formation. Mais il n'y a aucune raison essentielle claire d'avoir recours à des images, ni, de fait, d'être *conscients* de quelconques parties des processus mentaux.



On pourrait, par pure spéculation, suggérer que la formation des images puisse être une méthode pratique ou économique de faire passer des informations au travers d'une sorte d'interface. Par exemple, quand quelqu'un doit intervenir entre deux machines, il est plus commode que les machines lui communiquent leurs informations sous forme d'images.

Un cas étudié systématiquement est celui d'un artilleur contrôlant la défense antiaérienne sur un vaisseau de guerre<sup>1</sup>. Les informations de toute une série d'appareils de visée qui suivent la cible mobile sont résumées pour l'artilleur en un point qui se déplace sur un écran (c'est-à-dire une image). Sur ce même écran se trouve un second point qui symbolise la direction dans laquelle le canon est pointé. L'homme peut faire voyager ce second point en agissant sur les commandes du dispositif. Ces mêmes commandes font également varier la ligne de visée du canon, et l'homme doit faire coïncider les deux points : c'est à ce moment qu'il tire.

Le système comprend deux interfaces : entre l'homme et le système de réception, et entre le système de commande et l'homme. On peut bien sûr concevoir que, dans un cas semblable, les informations d'entrée et de sortie soient traitées selon un mode numérique, sans recourir à la transformation dans le mode iconique. Pourtant, il me semble que le dispositif iconique convient mieux, non seulement parce que, comme tout être humain, je fabrique des images mentales, mais aussi parce que, au niveau des interfaces, les images sont économiques ou efficaces. Si cette spéculation est exacte, il serait raisonnable de penser que les mammifères forment des images parce que leurs processus mentaux doivent passer par un grand nombre d'interfaces.

Notre inconscience des processus de perception produit des effets secondaires intéressants. Par exemple, lorsque ces processus fonctionnent sans se fonder sur des informations fournies par un organe sensoriel, comme dans le rêve, l'hallucination ou l'imagerie eidétique\*, il devient parfois difficile de mettre en doute la réalité externe de ce que les images représentent. Inversement, il vaut peut-être mieux que nous n'en sachions pas trop sur le fonctionnement de la création des images perceptibles. En ignorant cette question, nous sommes libres de croire ce que nos sens nous disent. Il pourrait être incommode de mettre sans cesse en doute l'évidence des messages sensoriels.

1. John Stroud (cas communiqué personnellement à l'auteur).

5. La division de l'univers perçu en parties et en tous est commode, et peut-être nécessaire<sup>1</sup>, mais aucune nécessité ne détermine la façon dont elle doit s'effectuer

J'ai essayé à maintes reprises d'enseigner ce principe à mes étudiants et, à cette fin, j'utilisais la figure 1 reproduite ci-dessous. La figure soumise à la classe est dessinée à la craie au tableau aussi fidèlement que possible sans que soient toutefois indiquées les lettres qui désignent les angles. Je demande ensuite aux étudiants de décrire « ça » en une page. Quand chacun a terminé sa description, on compare les résultats. On peut les classer en plusieurs catégories :

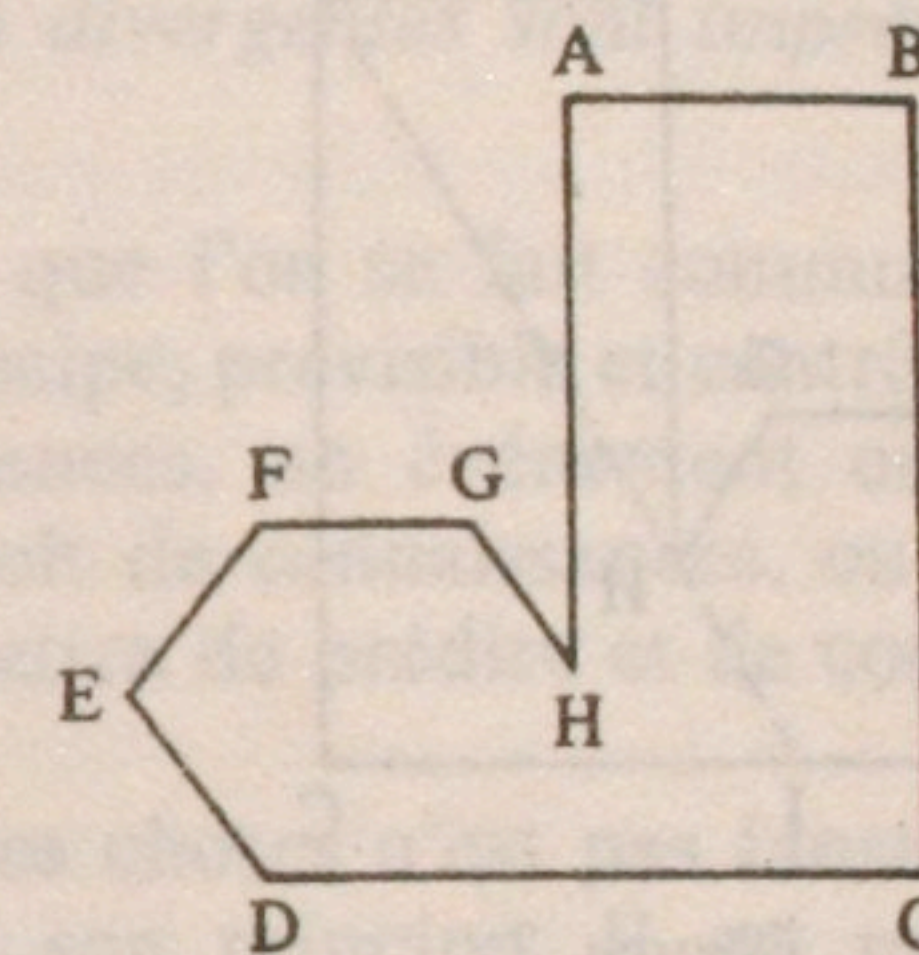


Figure 1

a) A peu près dix pour cent (ou moins) des étudiants disent que l'objet est une botte ou, de façon plus pittoresque, la botte d'un homme atteint de goutte, voire une cuvette de cabinets. Il est certain qu'à partir de ceci ou de semblables descriptions analogiques ou iconiques, il serait malaisé à celui qui entend la description de reproduire l'objet.

b) Un bien plus grand nombre d'étudiants s'aperçoivent que l'objet

1. La question de la nécessité formelle soulevée ici peut avoir la réponse suivante : de toute évidence, l'univers se caractérise par une distribution inégale de relations causales ou d'autre nature entre ses parties : il y a donc des régions d'interrelation dense séparées par des régions d'interrelation moins dense. Peut-être y a-t-il nécessairement et inéluctablement des processus qui sont sensibles à la densité d'interrelation, de sorte que les régions de forte densité seraient rendues encore plus denses et celles de faible densité encore moins. Si tel était le cas, l'univers présenterait nécessairement une apparence où les ensembles seraient délimités par des zones où la densité d'interrelation serait relativement faible.



est constitué principalement d'un rectangle et d'un hexagone et, après l'avoir ainsi coupé en deux parties, s'efforcent de décrire comme ils peuvent la relation qui existe entre le rectangle et l'hexagone incomplets. Quelques-uns d'entre eux (en général, curieusement, un ou deux par classe) découvrent qu'on peut tracer une ligne BH qui, si on la prolonge, vient couper la ligne DC au point I et que HI vient de la sorte former le dernier côté d'un hexagone régulier (figure 2). Cette ligne imaginaire définit les proportions du rectangle, mais pas les longueurs absolues. Habituellement, je félicite ces étudiants pour leur capacité à créer quelque chose d'analogue à de nombreuses hypothèses scientifiques, qui « expliquent » une régularité perceptible en ayant recours à une entité produite par l'imagination.

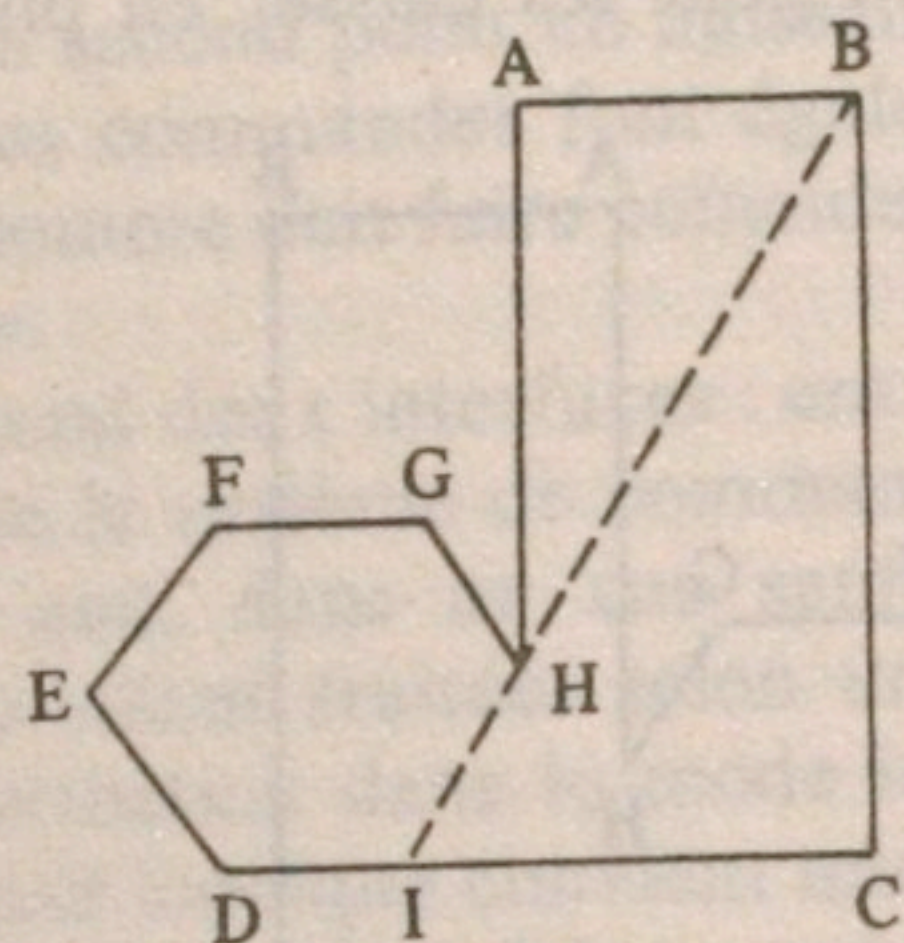


Figure 2

c) Bon nombre d'étudiants expérimentés ont recours à une méthode de description opérationnelle. Ils commencent par un point donné du contour de l'objet (toujours un angle, chose intéressante) et continuent à partir de là, généralement dans le sens des aiguilles d'une montre, en donnant les instructions permettant de reproduire l'objet.

d) Il y a aussi deux autres types de description bien connus qu'aucun étudiant n'a encore employés. Personne n'a jamais commencé par l'affirmation : « C'est fait avec de la craie et du tableau noir. » Personne n'a jamais employé la méthode de la similigravure, divisant la surface du tableau selon une grille (arbitrairement rectangulaire) et indiquant « oui » ou « non » dans chaque case de la grille selon qu'elle contient ou non une partie de l'objet. Naturellement, si les cases de la grille sont trop grandes et l'objet trop petit, un nombre considérable d'informations seront perdues. (Imaginez un seul instant le cas où l'objet tout entier serait plus petit qu'une case de la grille. La description se résumerait à quatre affirmations au maxi-

mum et une au minimum selon la position de l'objet par rapport aux lignes de la grille.) C'est néanmoins, en principe, le procédé de la similigravure utilisé pour reproduire au moyen d'impulsions électriques les illustrations d'un journal, et c'est aussi, en fait, le procédé de la télévision.

Remarquez qu'aucune de ces descriptions ne contribue en rien à donner une explication de l'objet – l'hexago-rectangle. L'explication doit toujours passer par la description, mais la description aura toujours et nécessairement des caractéristiques arbitraires telles que celles illustrées ici.

#### 6. Les séquences divergentes sont imprévisibles

Selon l'image que l'on se fait communément de la science, toute chose est, en principe, prévisible et contrôlable, et si, dans l'état actuel de nos connaissances, un événement ou un processus ne l'est pas encore, un surcroît de connaissances, ou plus précisément de savoir-faire, nous permettra de prédire et de contrôler les variables qui nous échappent.

Cette vision des choses n'est pas fautive seulement dans ses détails mais aussi dans son principe. Il est même possible de définir de grandes classes de phénomènes qui ne se prêtent pas au départ à la prévision et au contrôle pour des raisons fondamentales, mais tout à fait compréhensibles. L'exemple le plus familier de cette classe de phénomènes est peut-être la façon dont se casse un matériau homogène en surface, tel que le verre. Le mouvement brownien\* des molécules dans les liquides et dans les gaz est, de la même façon, imprévisible.

Si je lance une pierre dans une vitre, celle-ci selon les circonstances se brisera ou se fêlera, en formant une étoile. Si la pierre heurte la vitre aussi rapidement qu'une balle de fusil, il est possible qu'un morceau parfaitement conique, appelé *cône de percussion*, se détache de la vitre. Si la pierre est trop petite ou arrive trop lentement, la vitre ne se cassera peut-être pas du tout. A ce niveau, la prévision et le contrôle sont tout à fait possibles. On peut facilement garantir lequel des trois résultats se produira (l'étoile, le cône de percussion ou pas de rupture), à condition d'éviter que le lancer ne soit perturbé par des forces extérieures.



Mais, à l'intérieur des conditions qui déterminent la fêlure en étoile, il est impossible de prévoir ou de contrôler la direction et la position des rayons de l'étoile.

Assez curieusement, plus les méthodes de laboratoire sont précises et plus les événements deviennent imprévisibles. Si j'emploie le verre le plus homogène possible, qu'on le polisse jusqu'à ce qu'on obtienne une égalité de surface optiquement parfaite, et que je contrôle la trajectoire de la pierre avec un maximum de précision, lui assurant un impact quasi vertical sur la surface du verre, je n'aurai fait que rendre les événements plus imprévisibles.

Si, d'autre part, je raye la surface du verre ou que j'emploie un morceau de verre déjà fêlé (ce qui serait de la tricherie), je serai à même de faire quelques prévisions approximatives. Pour une raison (que j'ignore), la fêlure suivra un tracé parallèle à la rayure, à environ deux dixièmes et demi de millimètre, de sorte que la rayure ne se trouvera que d'un seul côté de la fêlure; puis, au-delà de la rayure, la fêlure changera de direction de façon imprévisible.

Sous tension, une chaîne cassera à son maillon le plus faible. La prévision va jusque-là. La difficulté est d'identifier ce maillon avant qu'il ne cède. *Le générique est à notre portée, mais le spécifique nous échappe.* Certaines chaînes sont conçues pour casser sous une certaine tension et à un certain maillon, mais une bonne chaîne est homogène, si bien qu'aucune prévision n'est possible. Et comme nous ne savons pas où se situe le maillon le plus faible, nous ne savons pas quelle tension est nécessaire pour briser la chaîne.

Si l'on chauffe un liquide limpide (de l'eau distillée, par exemple) dans un vase propre et lisse, à quel endroit apparaîtra le premier bouillon? A quelle température? A quel moment précis?

On ne peut répondre à ces questions, sauf s'il existe une aspérité, même minuscule sur la surface intérieure du vase ou un grain de poussière dans le liquide. En l'absence d'un tel point de départ au changement d'état, aucune prévision n'est possible; et puisque nous ne pouvons pas dire où le changement commencera, nous ne pouvons pas davantage dire quand. Donc, nous ne pouvons pas dire à quelle température va commencer l'ébullition.

Si l'expérience est réalisée dans des conditions optimales, c'est-à-dire si l'eau est très pure et le récipient parfaitement lisse, il y aura un moment de surchauffe. L'eau finira par bouillir. Il finira toujours par y avoir une *différence* qui agira comme point de départ du changement d'état. Le liquide surchauffé finira par « trouver » ce point différencié, et par bouillir de façon explosive pendant quelques

instants jusqu'à ce que la température soit ramenée à la température normale d'ébullition correspondant à la pression atmosphérique environnante.

La congélation des liquides est analogue à ce phénomène, ainsi que la formation des cristaux dans une solution sursaturée. Pour que le processus commence, il faut un noyau initial, c'est-à-dire un point différencié, qui, dans le cas de la solution sursaturée, peut être un cristal microscopique.

Nous verrons plus avant dans ce livre qu'il y a un abîme entre ce qui s'énonce sur un individu particulier et ce qui s'énonce sur une classe. Ces énoncés ressortissent à des *types logiques différents*, et la prévision des uns à partir des autres est toujours précaire. L'énoncé « le liquide bout » ne relève pas du même type logique que l'énoncé « cette molécule s'échappera la première ».

Sur un certain nombre de points, ces considérations s'appliquent à la théorie de l'histoire, à la philosophie sous-tendant l'évolutionnisme et, en général, à notre compréhension du monde extérieur.

Dans la théorie de l'histoire, la philosophie marxiste insiste sur le fait que les grands hommes qui ont été des agents historiques d'un changement social profond ou d'une invention sont, dans un certain sens, étrangers aux changements qu'ils ont provoqués. Il est avancé, par exemple, qu'en 1859 le monde occidental était prêt et assez mûr (trop mûr, peut-être) pour créer et recevoir une théorie de l'évolution qui pouvait refléter et justifier l'éthique de la révolution industrielle. Dans cette optique, on pourrait considérer Charles Darwin lui-même comme sans importance. S'il n'avait pas publié sa théorie, quelqu'un d'autre en aurait publié une semblable dans les cinq années suivantes. De fait, le parallélisme entre la théorie d'Alfred Russel Wallace et celle de Darwin semblerait à première vue appuyer ce point de vue<sup>1</sup>.

1. L'anecdote vaut la peine d'être racontée. Wallace était un jeune naturaliste qui, en 1856 (trois ans avant la parution de *l'Origine des espèces* de Darwin), alors qu'il se trouvait dans les forêts humides de Ternate, en Indonésie, eut une attaque de malaria et, à la suite du délire, connut une expérience psychédélique qui lui fit découvrir le principe de la sélection naturelle. Il le raconta dans une longue lettre à Darwin. Il y expliquait sa découverte comme suit : « L'action de ce principe est tout à fait celle du régulateur centrifuge de la machine à vapeur, qui contrôle et corrige toutes les irrégularités avant même qu'elles ne deviennent manifestes. De la même façon, dans le règne animal, aucun état de déséquilibre non compensé ne peut jamais atteindre des proportions sensibles car il se ferait sentir très rapidement en rendant l'existence de l'animal très difficile et sa mort presque certaine » (réédité in *Darwin, a Norton Critical Edition*, Philip Appleman (ed.) W. W. Norton, 1970).



Si je comprends bien, les marxistes avanceraient qu'il existe forcément un maillon plus faible que les autres, et que, sous certaines forces<sup>1</sup> ou tensions sociales, quelqu'un amorcera une tendance nouvelle, mais peu importe qui ce sera.

Pourtant, il *importe* de savoir qui ce sera. Si cela avait été Wallace au lieu de Darwin, nous aurions à l'heure actuelle une théorie de l'évolution très différente. La comparaison de Wallace entre le moteur à vapeur pourvu d'un régulateur et le processus de la sélection naturelle aurait pu faire naître tout le mouvement de la cybernétique un siècle plus tôt. Ou peut-être cette grande avancée théorique aurait-elle eu lieu en France, à la suite des idées de Claude Bernard qui, à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle, découvrait ce qu'on devait appeler plus tard l'*homéostasie* du corps : il avait observé que le *milieu interne*<sup>a</sup> – l'environnement interne – était équilibré ou s'autocorrigait.

Je prétends qu'il est absurde de dire que l'individu particulier qui fut l'agent du changement importe peu. *Car c'est là précisément la raison pour laquelle on ne peut prédire l'histoire du futur.* L'erreur marxiste est une confusion des types logiques, une assimilation de l'individu à la classe.

### 7. Les séquences convergentes sont prévisibles

Cette proposition est la réciproque de celle qui vient d'être examinée dans la section 6, et la relation entre les deux dépend de l'opposition entre les concepts de divergence et de convergence. Cette opposition est un cas particulier – encore que fondamental – de la distinction qu'on établit dans une hiérarchie russellienne entre des niveaux successifs, question que nous traiterons dans le chapitre IV. Pour l'instant, il faut savoir que les composantes d'une hiérarchie russellienne sont entre elles comme le membre à la classe, la classe à la classe des classes ou la chose nommée au nom.

Ce qui est important à propos des séquences divergentes, c'est que

1. Notez l'emploi abusif d'une métaphore empruntée à la physique pour décrire les phénomènes de création dont il est question ici. On pourrait effectivement faire remarquer que toute cette comparaison entre des questions sociales et biologiques, d'une part, et des processus physiques, d'autre part, est la monstrueuse utilisation d'une métaphore inadéquate.

a. En français dans le texte.

la description que nous en faisons a trait aux *individus*, et plus particulièrement aux molécules individuelles. La fêlure dans le verre, le point initial d'ébullition de l'eau, etc., sont des cas où le lieu et le moment du phénomène sont déterminés par la constellation momentanée d'un petit nombre de molécules individuelles. Pareillement, aucune description des trajectoires des molécules individuelles dans un mouvement brownien ne permet d'extrapolation. Quand bien même nous pourrions savoir ce qui se produit à un moment déterminé, cela ne nous donnerait aucune indication nous permettant de prévoir ce qui va arriver ensuite.

Au contraire, le mouvement des planètes du système solaire, le déroulement d'une réaction chimique dans un mélange ionique de sels, l'impact de boules de billard, qui font intervenir des millions de molécules, tous ces phénomènes sont prévisibles parce que, lorsqu'on les décrit, on a affaire à d'immenses foules ou classes d'individus. C'est ainsi que la statistique peut se justifier dans les sciences, à condition que le statisticien ne perde jamais de vue que ses affirmations ne se rapportent qu'à des ensembles<sup>a</sup>.

A cet égard, les « lois de probabilité », comme on les appelle, font lien entre la description des comportements individuels et celle des comportements collectifs. Nous verrons plus loin que ce type particulier de conflit entre ce qui est d'ordre individuel et ce qui est d'ordre statistique ne sera pas pris en compte par le développement de la théorie évolutionniste, à l'époque de Lamarck et après lui. Si Lamarck avait soutenu que les changements du milieu affectaient les caractères généraux de populations entières, il serait arrivé tout près des expériences les plus récentes, comme celles de Waddington sur l'assimilation génétique (qui seront examinées au chapitre VI). Mais Lamarck (et aussi tous ses disciples qui se sont succédé), a toujours eu, semble-t-il, une sorte d'inclination innée pour la confusion des types logiques. (Ce sujet, ainsi que les confusions correspondantes des évolutionnistes orthodoxes, sera traité au chapitre VI.)

Quoi qu'il en soit, dans les processus stochastiques\* de l'évolution (ou de la pensée), la nouveauté ne sort jamais de nulle part : elle sort du hasard. Et pour faire sortir la nouveauté du hasard, quand (et si) elle se montre, il faut une sorte de mécanisme sélectif qui entraîne la persistance durable de la nouvelle idée. Quelque chose comme une *sélection naturelle* doit avoir lieu, avec tout ce que cela implique de

a. Le terme d'*aggregate*, très souvent utilisé par Bateson dans des contextes où « agrégat » eût été malsonnant, sera le plus souvent rendu par *ensemble*.



truisme ou de tautologie. Pour persister, la nouveauté doit être d'une qualité telle qu'elle puisse durer plus longtemps que les possibilités alternatives. Sur le lac du hasard, les vagues qui durent longtemps doivent durer plus que les autres<sup>a</sup>. Voilà en un mot la théorie de la sélection naturelle.

La vision marxiste de l'histoire – qui, simplifiée à l'extrême, prétendrait au fond que, si Darwin n'avait pas écrit *l'Origine des espèces*, quelqu'un d'autre aurait publié un ouvrage semblable cinq ans après – essaie vainement d'appliquer une théorie qui considère le processus social comme *convergent* à des événements impliquant des êtres humains uniques. L'erreur, une fois encore, est une confusion des types logiques.

#### 8. « De rien il ne sort rien »

Cette citation du *Roi Lear* résume en une seule formule toute une série d'adages médiévaux ou plus modernes. Notamment :

a) La loi de la conservation de la matière et sa réciproque, c'est-à-dire qu'aucune nouvelle matière ne peut faire une apparition en laboratoire. (Lucrece disait : « Rien n'est jamais créé de rien par l'effet d'un pouvoir divin. »)

b) La loi de la conservation de l'énergie et sa réciproque, c'est-à-dire qu'aucune énergie nouvelle ne peut être créée en laboratoire.

c) Le principe que Pasteur a démontré, à savoir qu'aucune matière vivante nouvelle ne peut trouver naissance en laboratoire.

d) Le principe selon lequel aucun ordre nouveau ou structure nouvelle ne peut être créé sans *information*.

De tous ces énoncés négatifs et d'autres du même genre, on peut dire qu'ils sont des règles de ce à quoi on peut s'attendre, plutôt que des lois de la nature. Ils sont tellement « presque-vrais » que chaque exception est d'un extrême intérêt.

Ce qui est particulièrement intéressant est caché dans les relations entre ces profonds principes négatifs. Par exemple, nous savons à l'heure actuelle qu'il existe entre la conservation de l'énergie et celle de la matière un pont par lequel chacune de ces deux négations se nie

a. « What last longer among the ripples of the random must last longer than those ripples that last not so long. »

elle-même, puisqu'il y a échange entre matière et énergie et, probablement, entre énergie et matière.

Dans notre ordre d'idées, c'est la dernière proposition de la série qui est la plus intéressante, celle qui dit que, dans le domaine de la communication, de l'organisation, de la pensée, de l'apprentissage et de l'évolution, « rien ne vient de rien » sans *information*.

Cette loi diffère des lois de conservation de l'énergie et de la masse en ce qu'elle ne comporte aucune clause interdisant la destruction ou la perte d'information, de structure ou d'entropie négative. Hélas! (et aussi tant mieux), la structure et/ou l'information ne sont que trop facilement la proie du hasard. Les messages et les instructions pour créer de l'ordre ne sont écrits pour ainsi dire que sur le sable ou sur la surface des eaux. La moindre perturbation, voire un simple mouvement brownien, suffit à les faire disparaître. L'information peut être oubliée, brouillée; les codes peuvent être perdus.

Les messages cessent d'exister lorsque personne ne les comprend plus. Sans la pierre de Rosette, nous ne connaîtrions rien de tout ce qui fut écrit en hiéroglyphes; ce ne serait que de belles décorations sur du papyrus ou sur de la pierre. Pour qu'une régularité soit significative – pour qu'elle soit même reconnue comme structure – il faut que lui correspondent chez l'interprète des régularités complémentaires, peut-être des aptitudes, et ces aptitudes sont aussi fugaces que les structures elles-mêmes. Elles aussi sont inscrites sur le sable ou sur la surface des eaux.

La genèse de l'aptitude à répondre au message est l'opposé, l'envers du processus de l'évolution : c'est la *coévolution* \*.

Paradoxalement, la profonde vérité (mais, en fait, partielle) de la formule « de rien il ne sort rien » dans le monde de l'information et de l'organisation rencontre une contradiction intéressante : c'est que *zéro*, l'absence totale de tout événement indicatif, peut renfermer un message. La larve de la tique grimpe à un arbre et attend sur une brindille extérieure. Si elle sent de la transpiration, elle se laisse tomber et atterrit, éventuellement, sur un mammifère. Mais si, après quelques semaines, elle *ne sent pas* de transpiration, elle se laisse tomber et s'en va grimper à un autre arbre.

La lettre qu'on n'écrit pas, les excuses qu'on ne présente pas, la nourriture qu'on ne donne pas au chat : voilà des messages qui peuvent être suffisants et efficaces parce que *zéro*, *en contexte*, peut être significatif; et c'est le destinataire du message qui crée le contexte. Cette faculté de créer *le contexte*, c'est l'aptitude du destinataire : une fois acquise, elle forme à elle seule la moitié de la



coévolution mentionnée ci-dessus. Cette aptitude doit être acquise par l'apprentissage ou par une mutation heureuse, entendez par là un raid sur le hasard qui a réussi. Il faut que le destinataire soit à certains égards prêt à faire la découverte qui convient au moment où elle se présente à lui.

Dès lors, on peut concevoir que la proposition inverse de la proposition « de rien il ne sort rien » sans information soit possible grâce au processus stochastique. Être prêt peut servir à sélectionner des composants du hasard qui deviennent par là même de l'information nouvelle. Mais il faut toujours qu'une provision de manifestations du hasard soit disponible pour pouvoir en tirer l'information nouvelle.

Cet état de choses scinde le domaine entier de l'organisation, de l'évolution, du développement intellectuel et de l'apprentissage en deux territoires bien distincts : l'épigenèse ou embryogenèse d'une part, l'évolution ou apprentissage, de l'autre.

Épigenèse est le terme qu'a choisi C. H. Waddington pour désigner ce qui était son domaine d'intérêt privilégié, et qu'on appelait autrefois *embryogenèse*. Il illustre bien que chaque étape embryologique est un acte dans un *devenir* (en grec, *genesis*) qui se construit *sur* (en grec, *epi*) l'étape immédiatement antérieure, le *statu quo ante*. Waddington, il est vrai, faisait peu de cas de la théorie de l'information traditionnelle qui, à son avis, ne laissait aucune place à la « nouvelle » information, laquelle lui semblait être engendrée à chaque stade de l'épigenèse : c'est un fait que, selon la théorie traditionnelle, il n'y a pas, dans un cas de ce genre, information nouvelle.

Idéalement, l'épigenèse devrait ressembler au développement d'une « tautologie » complexe où rien ne vient s'ajouter après que les axiomes et définitions ont été posés. Le théorème de Pythagore est implicite (c'est-à-dire, littéralement, « plié dans ») dans les axiomes, définitions et postulats d'Euclide. Tout ce qu'il y a à faire, c'est de le déplier, et, pour des êtres humains, d'avoir une certaine connaissance de la marche à suivre. Cette dernière sorte d'information ne devient nécessaire que lorsque la tautologie d'Euclide est modelée dans des mots et des symboles disposés en séquences sur le papier ou dans le temps. Dans la tautologie idéale, il n'y a ni temps, ni dépliage, ni arguments. Ce qui est implicite y est présent, même si ce n'est pas, bien entendu, localisé dans l'espace.

A l'opposé de l'épigenèse et de la tautologie qui constituent les domaines de la reproduction, il y a le monde de la créativité, de l'art,

de l'apprentissage et de l'évolution, dans lequel les processus de changement en cours *se nourrissent du hasard*. L'essence de l'épigenèse est une répétition prévisible; l'essence de l'apprentissage et de l'évolution est exploration et changement.

Dans la transmission de la culture humaine, on essaie toujours de reproduire, de faire passer à la génération suivante les aptitudes et les valeurs des parents; mais cette tentative a toujours échoué et ne peut qu'échouer parce que la transmission culturelle est affaire d'apprentissage, non d'ADN. Le processus de transmission de la culture est une sorte d'hybride, de mélange des deux domaines. Il doit tâcher de faire appel à des phénomènes d'apprentissage dans un but de réplication, car ce que les parents possèdent est le résultat de leur apprentissage. Si les aptitudes des parents pouvaient miraculeusement s'inscrire dans l'ADN de la nouvelle génération, elles seraient *différentes* et peut-être non viables.

Ce qui est intéressant, c'est qu'il y a entre les deux domaines le phénomène culturel de l'*explication* – c'est-à-dire la cartographie d'une séquence d'événements inconnus sur une tautologie<sup>1</sup>.

Il convient de remarquer, enfin, que les deux domaines, celui de l'épigenèse et celui de l'évolution, se retrouvent, à un niveau plus profond, dans le double paradigme de la seconde loi de la thermodynamique, à savoir que (1) l'action aléatoire de la probabilité engloutira toujours l'ordre, la structure et l'entropie négative, mais que (2) pour la création d'un nouvel ordre, l'action du hasard, la pléthore d'autres potentialités non réalisées (entropie) est une nécessité. C'est dans le hasard que les organismes vont puiser leurs nouvelles mutations et c'est là que l'apprentissage stochastique stocke ses solutions. L'évolution, au point culminant, conduit à la saturation écologique de toutes

1. J'emploie l'expression *cartographie*<sup>a</sup> pour les raisons suivantes. Toute description, explication ou représentation revient toujours dans un certain sens à dessiner la carte des « images » des phénomènes à décrire sur une quelconque surface, matrice ou système de coordonnées. Dans le cas d'une vraie carte, la matrice réceptrice est généralement une feuille de papier plane et de dimensions finies, de sorte que les difficultés surviennent dès que ce qu'il s'agit d'y représenter est trop grand ou par exemple sphérique. D'autres difficultés surviendraient si la matrice réceptrice était torique (la forme d'une bouée) ou était constituée d'une succession linéale\* et discontinue de points. Toute matrice réceptrice, qu'elle soit un langage ou un réseau tautologique de propositions, aura des caractéristiques formelles qui, *par définition*, déformeront les phénomènes qui devront être cartographiés sur elle. Et si l'univers avait été imaginé par Procuste, ce sinistre personnage de la mythologie grecque qui ajustait la taille de tous les voyageurs de passage dans son auberge à la longueur du lit, en leur coupant les jambes, ou en les leur étirant?

a. *Mapping onto*. Nous le rendrons par cartographie, cartographe.



les possibilités de différenciation. L'apprentissage conduit à la surcharge de l'esprit.

En revenant périodiquement à cette chose produite en série, vierge de toute connaissance, qu'est l'œuf, l'espèce vide, chaque fois, sa banque de mémoire, se rendant ainsi disponible au Nouveau.

### 9. Le nombre est différent de la quantité

Cette différence est fondamentale pour quelque théorie que l'on veuille élaborer dans le domaine de la science du comportement, ou pour toute représentation de ce qui se produit entre des organismes ou à l'intérieur de ceux-ci (ces processus étant considérés comme parties de leurs processus de pensée).

Les *nombres* s'obtiennent par comptage, les *quantités* par mesure. Autrement dit, on peut penser les nombres comme étant « précis » parce qu'il y a discontinuité entre tout entier et le suivant : entre deux et trois, il y a un saut. Pour les quantités, en revanche, un tel saut n'existe pas; et, du fait qu'il n'y a pas de saut dans le monde de la quantité, il est impossible qu'une quantité soit jamais exacte. On peut avoir exactement trois tomates; on n'aura jamais exactement trois litres d'eau : la quantité est toujours approximative.

Alors même que l'on a clairement établi la distinction entre nombre et quantité, il faut encore repérer un autre concept et le distinguer des deux. Il n'existe pas, à ma connaissance, de terme dans notre langue pour désigner cet autre concept, si bien que nous devons nous contenter d'avoir à l'esprit qu'il existe un sous-ensemble composé de *configurations*<sup>a</sup> qu'on appelle pourtant communément « nombres ». Car tous les nombres ne s'obtiennent pas par comptage : les nombres les plus petits, par conséquent les plus courants, ne sont généralement pas comptés, mais reconnus au premier coup d'œil comme des configurations. Les joueurs de cartes ne s'arrêtent pas pour compter le nombre de figures sur un huit de pique et peuvent même reconnaître la disposition caractéristique des figures jusqu'au « dix ».

Autrement dit, le nombre relève du domaine de la configuration, de la *Gestalt* et du calcul digital; la quantité est du domaine de l'estimation analogique et probabiliste.

Certains oiseaux peuvent plus ou moins reconnaître les nombres

a. *Patterns*.

jusqu'à sept. Mais on ignore s'ils procèdent par comptage ou s'ils reconnaissent une configuration. L'expérience qui est le mieux parvenue à tester cette différence entre les deux méthodes a été réalisée par Otto Koehler sur une corneille. Il avait entraîné l'oiseau à l'exercice suivant : un certain nombre de petits récipients munis d'un couvercle renferment des morceaux de viande; certains en ont deux ou trois, d'autres n'en ont pas du tout. Dans une assiette à part, il y a un nombre de morceaux de viande supérieur au nombre total de morceaux placés dans les récipients. La corneille apprend à soulever le couvercle de chaque récipient et à manger la viande qui s'y trouve. Quand elle a mangé toute la viande des récipients, elle peut aller vers l'assiette et y manger *le même nombre* de morceaux que dans les récipients; mais elle est punie si elle mange plus de morceaux dans l'assiette que ce qu'il y avait dans les récipients. Cet exercice, la corneille est capable de le maîtriser.

Maintenant, la question est de savoir si la corneille compte réellement les morceaux de viande ou bien si elle utilise quelque autre moyen pour identifier le nombre de morceaux. L'expérience a été spécialement étudiée pour pousser l'oiseau à compter. Comme il doit soulever les couvercles, son action est chaque fois interrompue; et la séquence est rendue encore plus complexe par le fait que certains récipients contiennent plusieurs morceaux et d'autres aucun. Par ces artifices, l'expérimentateur a voulu qu'il soit pratiquement impossible à la corneille de se créer une sorte de configuration ou de rythme qui lui permette de reconnaître le nombre de morceaux de viande : l'oiseau est ainsi contraint (dans la mesure du moins de ce que peut réaliser l'expérimentateur) de compter les morceaux.

Il est naturellement plausible que le fait de prendre la viande dans les récipients devienne une sorte de danse rythmée et que ce rythme soit simplement répété par l'oiseau quand il prend la viande de l'assiette; mais, bien qu'on puisse encore avoir un doute justifié, l'expérience, dans l'ensemble, fait plutôt pencher vers l'hypothèse selon laquelle la corneille ne reconnaît pas une configuration dans les morceaux de viande ou dans ses propres gestes, mais les compte.

Il est intéressant d'examiner le monde biologique à partir de cette question : les différents cas où le nombre intervient doivent-ils être considérés comme des occurrences d'une *Gestalt*, de nombres comptés, ou bien simplement de quantités? Il y a une différence assez évidente entre l'énoncé : « Cette rose simple a cinq pétales et cinq sépales, et sa symétrie est de type pentaradiée », et l'énoncé : « Cette rose a cent douze étamines, celle-ci en a quatre-vingt-dix-sept et



celle-là n'en a que soixante-quatre. » Le processus qui contrôle le nombre d'étamines est en effet vraisemblablement différent de celui qui contrôle le nombre de pétales ou de sépales. Dans la rose double, assez curieusement, il semblerait que certaines étamines se soient transformées en pétales, de sorte que le processus est devenu, non pas le processus qui normalement limite les pétales à une configuration de cinq, mais plutôt le processus qui détermine une *quantité* d'étamines. On peut dire que les pétales sont normalement au nombre de « cinq » dans la rose simple, mais que les étamines sont « beaucoup », en entendant par « beaucoup » une quantité qui varie d'une rose à l'autre.

En gardant cette distinction à l'esprit, nous pouvons observer le monde biologique et nous demander quel est le plus grand nombre que les processus de croissance puissent traiter en tant que configuration définie, et au-delà duquel on devra parler de quantité. A ma connaissance, les « nombres » deux, trois, quatre et cinq sont les plus communs dans la symétrie des végétaux et des animaux, en particulier dans la symétrie radiale.

Le lecteur peut s'amuser à trouver dans la nature des exemples de nombres rigoureusement contrôlés ou configurés. Pour une raison ou pour une autre, les grands nombres semblent être réservés à des séries linéaires de segments, comme les vertèbres chez les mammifères, les segments abdominaux chez les insectes, ou la segmentation antérieure chez le lombric. (A l'avant, la segmentation est contrôlée assez rigoureusement jusqu'au segment porteur des organes génitaux. Le nombre varie selon l'espèce, mais peut aller jusqu'à quinze. Ensuite, la queue comporte « beaucoup » de segments.) Ajoutons à ces observations un élément intéressant : il est courant que le nombre choisi par l'organisme pour la symétrie radiale d'un ensemble de ses éléments se retrouve également dans les autres éléments. Le lys a trois sépales, trois pétales, six étamines et un ovaire trilobulaire.

Il s'avère que ce qui semblait être un signe caractéristique ou une particularité de l'activité humaine – le fait que nous, Occidentaux, déterminions les nombres par comptage ou par reconnaissance des configurations et les quantités par mesure – est finalement une sorte de vérité universelle. La corneille et la rose sont contraintes l'une et l'autre de montrer que, pour elles aussi – la rose dans son anatomie et la corneille dans son comportement (et, naturellement, dans sa segmentation vertébrale) –, il existe une différence fondamentale entre nombres et quantité.

Qu'est-ce que cela veut dire? La question est très ancienne et

remonte certainement à Pythagore qui aurait rencontré, dit-on, une régularité semblable dans la relation entre les harmoniques.

L'hexago-rectangle dont il a été question dans la section 5 donne le moyen de poser ces questions. Comme nous l'avons vu dans cet exemple, les composants de la description peuvent être des plus variés. Dans ce cas particulier, accorder plus de validité à une *manière d'organiser* la description qu'à une autre ne servirait qu'à renforcer une illusion. Mais ici, avec cette question de nombres et de quantités biologiques, nous touchons quelque chose de plus profond. S'agit-il d'un cas différent de celui de l'hexago-rectangle? Si oui, en quoi est-il différent?

A mon avis, aucun des deux cas n'est banal, comme le paraissent les problèmes de l'hexago-rectangle à première vue. Nous retournons aux vérités éternelles de saint Augustin : « Écoutez les coups de tonnerre de ce saint, au V<sup>e</sup> siècle après J.-C. : 7 et 3 font 10; 7 et 3 ont toujours fait 10; à quelque époque et de quelque manière que ce soit, 7 et 3 n'ont jamais fait que 10; 7 et 3 feront toujours 10<sup>1</sup>. »

Il ne fait aucun doute qu'en énonçant la distinction entre nombres et quantités, je suis à mon tour près de formuler une vérité éternelle et que saint Augustin serait sûrement d'accord avec moi.

On pourrait cependant répondre au saint : « Oui, cela est vrai. Mais est-ce là ce que vous vouliez vraiment dire? Il est tout aussi vrai que 3 et 7 font 10 et que 2 et 1 et 7 font 10 et que 1 et 1 et 1 et 1 et 1 et 1 et 1 et 1 et 1 font 10. En fait, la vérité éternelle que vous voulez énoncer est beaucoup plus générale et plus profonde que le cas particulier auquel vous avez eu recours pour transmettre ce profond message. » Mais nous devons reconnaître que cette vérité éternelle qui serait plus abstraite risque d'être difficile à formuler avec précision et sans ambiguïté.

Autrement dit, il est probable que bien des façons de décrire mon hexago-rectangle ne soient que des affleurements d'une même tautologie plus profonde et plus générale (au sens où l'on considère la géométrie euclidienne comme un système tautologique).

Je pense qu'il est correct de dire que non seulement les versions proposées concordent toutes, finalement, avec ce que les observateurs pensaient voir, mais aussi qu'elles concordent avec une seule tautologie plus générale et plus profonde qui organise les différentes descriptions.

1. Cité dans Warren McCulloch, *Embodiments of Mind*, Cambridge, MIT Press, 1965.



C'est à mon avis en ce sens que la distinction entre nombre et quantité est significative, comme on le voit dans le cas de l'anatomie de la rose, avec « cinq » pétales et « beaucoup » d'étamines. Dans cette description de la rose, j'ai sciemment employé des guillemets pour suggérer que ces noms de nombres et de quantités étaient l'affleurement d'« idées » formelles, présentes dans la rose en cours de croissance.

#### 10. La quantité ne détermine pas la structure<sup>a</sup>

Il est impossible, en principe, d'expliquer une structure quelle qu'elle soit en invoquant une seule quantité. Encore que *le rapport entre deux quantités* soit déjà le début d'une structure. Autrement dit, quantité et structure appartiennent à des types logiques différents et ne s'articulent pas facilement l'une à l'autre dans un même mode de pensée<sup>1</sup>.

Ce qui semble être la genèse d'une structure par variation quantitative se produit lorsque la structure était latente avant même que la quantité n'intervienne dans le système. Un cas familier est celui de la tension qui va briser la chaîne à son maillon le plus faible : par un changement dans la quantité, dans la tension, une différence qui était latente est mise en évidence, « développée », comme diraient les photographes. Car le développement d'un négatif photographique est précisément la mise en évidence de différences latentes présentes dans l'émulsion photographique, à la suite d'une exposition préalable à la lumière.

Imaginez une île surmontée de deux montagnes. Un changement quantitatif, la montée du niveau de la mer, peut transformer cette île unique en deux îles différentes : cela se produira lorsque l'eau montera plus haut que le creux qui sépare les deux montagnes. Ici encore, la structure qualitative est latente avant que la quantité n'in-

1. Le concept de type logique de Bertrand Russell sera examiné en détail plus avant, notamment dans la dernière section du chapitre IV. Pour l'instant, sachons que, une *classe* ne pouvant être membre d'elle-même, les conclusions qu'on ne peut tirer que de cas multiples (par exemple des différences entre des paires d'éléments) sont d'un type logique différent des conclusions qu'on peut tirer d'un élément unique (par exemple d'une quantité). (Voir aussi glossaire.)

a. Le terme *pattern* étant pris ici dans une acception plus abstraite que dans la section précédente, nous revenons à sa traduction par « structure ».

terviennent – et, quand la structure change, le changement est subit et discontinu.

On a souvent tendance dans la prose explicative à invoquer des quantités de tension, d'énergie – que sais-je encore – pour expliquer la genèse d'une structure. Je suis convaincu que de telles explications sont inadéquates ou erronées : du point de vue de l'agent qui produit un changement quantitatif, tout changement de structure qui peut se produire sera un événement imprévisible, ne se situant pas dans son prolongement.

#### 11. Il n'y a pas de « valeurs » monotones en biologie

Une valeur *monotone* est une valeur qui ou bien seulement croît ou bien seulement décroît : sa courbe ne présente aucune irrégularité, c'est-à-dire ne passe jamais d'une augmentation à une diminution et vice versa. Les substances désirées, les objets, les structures ou les séquences d'expériences qui sont, d'une façon ou d'une autre, « bonnes » pour l'organisme – aliments, conditions de vie, température, loisirs, sexe, etc. – ne sont jamais telles que plus y sera *d'office* meilleur que moins ; ou plus exactement, il existe pour tous les objets et expériences, une quantité qui a une valeur optimale : au-delà de cette quantité, la variable devient néfaste, et, inversement, tomber en dessous de cette valeur, c'est *en manquer*.

Cette caractéristique de la valeur biologique ne s'applique pas à l'argent. L'évaluation de l'argent se fait toujours transitivement : plus d'argent est toujours présumé meilleur que moins d'argent ; par exemple, on préfère 1 001 dollars à 1 000 dollars. Or, il en va différemment des valeurs en biologie. Plus de calcium n'est pas toujours meilleur que moins de calcium : il y a une quantité optimale de calcium dans l'alimentation de chaque organisme ; au-delà de cette quantité, le calcium devient toxique. Pareillement, en ce qui concerne l'oxygène que nous respirons, la nourriture, et tous les composants de notre alimentation, voire tout ce qui constitue nos relations, il y a une quantité suffisante préférable à la surabondance. On peut même avoir trop de psychothérapie ! Une relation sans lutte peut être terne, mais trop de lutte est néfaste ; ce qui est souhaitable dans une relation, c'est une dose optimale de conflit. Quant à l'argent, non pas en lui-même, mais dans ses effets sur qui le possède, on peut également estimer qu'il devient néfaste au-delà d'un certain point. Quoi qu'il en soit, la



philosophie habituelle de l'argent (l'ensemble des présuppositions selon lesquelles plus on en a, mieux c'est) est tout à fait antibiologique. Mais il semble que certains êtres vivants apprennent facilement cette philosophie...

12. *Parfois, ce qui est petit est joli*

Il n'est probablement aucune autre variable que la taille qui mette aussi clairement et vivement en évidence aux yeux de l'investigateur le problème de l'être vivant. L'éléphant est affligé de problèmes liés à sa grande taille et la souris de problèmes liés à sa petite. Mais, pour chacun d'entre eux, il existe une taille optimale : l'éléphant ne se trouverait pas mieux d'être beaucoup plus petit, pas plus que la souris ne serait soulagée d'être beaucoup plus grosse. On peut dire que chacun est « dépendant » de la taille qui est la sienne.

Il y a des problèmes purement physiques de grande ou de petite taille, des problèmes qui affectent le système solaire tout aussi bien que le pont ou la montre-bracelet. Mais il y a, de surcroît, des problèmes spécifiques aux agrégats de matière vivante, que ce soient des créatures isolées ou des villes entières.

Tournons-nous d'abord vers la physique. Certains problèmes d'instabilité mécanique sont dus, par exemple, au fait que les forces de gravité ne se conforment pas aux mêmes règles quantitatives que celles des forces de cohésion : si on la laisse tomber par terre, une grosse motte de terre se brise plus facilement qu'une petite motte. Le glacier croît : cette croissance conduit, par fusions et par cassures, à une nouvelle forme d'existence : celle des avalanches, unités plus petites qui se détachent du tout. Inversement, même dans l'univers physique, le très petit peut devenir instable parce que la relation entre surface et poids n'est pas linéaire : Ainsi on brise en petits morceaux les matières qu'on veut dissoudre parce que les morceaux, ayant un meilleur rapport surface/volume, offrent par conséquent plus de prise, au solvant ; les plus gros morceaux seront les derniers à disparaître ; ainsi de suite...

Voici une fable qui va permettre de transposer ces idées au monde plus complexe des êtres vivants.

a. *Addicted.*

On raconte que les gens du Nobel sont toujours embarrassés lorsqu'on mentionne les chevaux polyploïdes. Quoi qu'il en soit, le professeur Hypothèse, grand généticien, obtint le prix à la fin des années 1980 pour avoir trafiqué l'ADN du cheval de trait commun (*Equus caballus*). On raconte qu'il avait apporté une contribution décisive à la transportologie, science encore en herbe. De toute façon, il avait obtenu le prix pour avoir créé (quel terme conviendrait mieux pour cette partie de la science appliquée qui usurpe presque leur pouvoir aux Dieux?), pour avoir créé, disais-je, un cheval exactement deux fois plus gros que le clydesdale ordinaire. Il était deux fois plus long, deux fois plus haut et deux fois plus gros. C'était un polyploïde, avec quatre fois plus de chromosomes.

Hypothèse prétendit toujours qu'il fut un temps, lorsque cet animal superbe n'était encore qu'un poulain, où il était capable de rester debout sur ses quatre pattes. Quel spectacle magnifique cela devait être ! Mais quand le cheval fut montré au public et que son image fut enregistrée avec toutes les techniques, tous les moyens de communication de la civilisation moderne, il ne se trouvait plus en station debout. Pour aller droit au fait, il était *trop lourd*. Il pesait huit fois plus qu'un clydesdale normal.

Pour les exhibitions publiques et pour les médias, le professeur Hypothèse voulait toujours que l'on coupât l'eau dans les tuyaux nécessaires pour maintenir l'animal à la température normale des mammifères, mais nous craignons toujours que ses organes ne commencent à cuire. Après tout, la peau et les tissus adipeux de la pauvre bête étaient deux fois plus épais que la normale et sa surface n'était que quatre fois celle d'un cheval normal : aussi ne pouvait-il se refroidir suffisamment.

Chaque matin, il fallait hisser le cheval sur ses pattes à l'aide d'une petite grue, le jucher dans une espèce de box à roulettes dans lequel il était suspendu, ressorts ajustés de manière à soulager ses pattes de la moitié de son poids.

Le professeur prétendait aussi que l'animal était particulièrement intelligent. Il avait, bien entendu, huit fois plus de cerveau (du moins en poids) que tout autre cheval, mais je n'ai jamais noté qu'il s'intéressât à des questions plus complexes que celles qui intéressent les autres chevaux. Entre une chose et l'autre, il n'avait presque jamais de repos, et haletait sans cesse, en partie pour se refroidir, en partie pour oxygéner son corps huit fois plus gros que la normale : car sa trachée-artère n'était après tout que quatre fois supérieure à la normale (en coupe transversale).

Il y avait enfin sa nutrition. Il devait, d'une façon ou d'une autre,



manger chaque jour huit fois plus qu'un cheval normal et acheminer toute cette nourriture dans un œsophage dont la section n'était que quatre fois supérieure à la normale. Les vaisseaux sanguins étaient, eux aussi, réduits (en taille relative), ce qui rendait la circulation du sang pénible et imposait un effort supplémentaire au cœur. Un bien triste animal!

La fable montre ce qui se passe inévitablement quand interagissent deux ou plusieurs variables entre lesquelles il y a disparité. C'est ce qui produit l'interaction entre un changement et une tolérance. La croissance progressive d'une population (augmentation du nombre des automobiles ou de celui des personnes), par exemple, n'a pas d'effet perceptible sur les transports jusqu'au moment où, subitement, le seuil de tolérance est dépassé et la circulation s'embouteille. Le changement d'une variable met en évidence la valeur critique de l'autre.

Le plus connu de tous ces cas est à l'heure actuelle le comportement de la matière fissile dans une bombe atomique. L'uranium se présente dans la nature livré continuellement à la fission, mais aucune explosion ne se produit parce que aucune réaction en chaîne n'est établie. Chaque atome, lorsqu'il se divise, libère des neutrons qui, s'ils heurtent un autre atome d'uranium, peuvent provoquer une fission; mais la plupart des neutrons sont tout simplement perdus. Si le bloc d'uranium n'atteint pas une taille critique, moins d'un neutron en moyenne issu de chaque fission ira casser un autre atome, et la chaîne s'éteindra progressivement. Si, en revanche, le bloc est plus gros, une plus grande quantité de neutrons ira heurter les atomes d'uranium et provoquera la fission. Le processus réalisera alors un *gain* exponentiel et deviendra une explosion.

Dans le cas du cheval imaginaire, longueur, surface et volume (ou masse) ne s'accordent plus parce que leurs courbes de croissance ont, les unes par rapport aux autres, des caractéristiques non linéaires. La surface varie selon le carré de la longueur, le volume selon le cube de la longueur, et la surface varie selon la puissance  $2/3$  du volume.

Chez le cheval (comme chez toutes les créatures réelles), le problème a toute son importance du fait que, pour rester en vie, une série de mouvements internes doit se maintenir. Il y a une logistique interne du sang, de la nourriture, de l'oxygène et des excréments, ainsi qu'une logistique de l'information sous forme de messages neuraux et hormonaux.

Le marsouin, qui mesure à peu près un mètre cinquante de long, qui a une enveloppe de graisse épaisse de plus de deux centimètres et

une surface de plus de cinq mètres carrés, a un budget calorifique connu qui s'équilibre très bien dans les eaux arctiques. Le budget calorifique d'une grosse baleine, qui est approximativement dix fois plus longue qu'un marsouin (c'est-à-dire mille fois son volume et cent fois sa surface), et qui a une enveloppe de graisse épaisse de moins de trente centimètres, demeure un mystère complet. Elle possède probablement un système logistique supérieur, qui fait circuler le sang à travers les nageoires dorsales et caudales, par où tous les cétacés dissipent l'excès de chaleur.

Le fait de la croissance ajoute chez les êtres vivants un ordre de complexité supérieur au problème de la taille : la croissance modifiera-t-elle les proportions de l'organisme? Ces problèmes de limitation de la croissance sont abordés de façon très différente selon les espèces.

Un cas simple est celui des palmiers, dont la circonférence ne s'ajuste pas à l'accroissement de la hauteur. Le chêne, avec son tissu générateur (*cambium*) compris entre le bois et le liber, croît en longueur et en largeur tout au long de sa vie; mais le palmier, qui n'a de tissu générateur qu'au sommet de son tronc (que l'on appelle en anglais *millionaire's salad*, salade de millionnaire, et que l'on ne peut atteindre qu'en sacrifiant le palmier), grandit en hauteur, avec seulement un faible accroissement de la base du tronc. Pour cet organisme, la limitation de la hauteur est un fait normal d'adaptation à sa niche écologique. L'instabilité purement mécanique résultant d'une hauteur excessive et non compensée par une circonférence appropriée provoque le processus normal de la mort naturelle de l'arbre.

De nombreuses plantes évitent (ou résolvent) les problèmes de limitation de croissance en faisant correspondre leur durée de vie au calendrier ou à leur propre cycle de reproduction. Les plantes annuelles se perpétuent chaque année dans une nouvelle génération, et des plantes comme le yucca, plante que l'on dit centenaire, peuvent vivre de nombreuses années, mais, comme le saumon, elles sont vouées à une mort inéluctable après la reproduction. A l'exception de la ramification multiple dans la grappe de fleurs, le yucca ne fait pas de branches. C'est la panicule elle-même qui termine la hampe florale : quand cette fonction a été accomplie, la plante meurt. Dans son mode d'existence, cette mort est normale.

Chez certains animaux supérieurs, la croissance est contrôlée. La créature atteint une taille ou un âge ou un stade auquel la croissance tout simplement, s'arrête (elle est arrêtée soit par un produit chimique,



soit par un autre message provenant de l'organisation interne de la créature). Les cellules, sous contrôle, cessent de grandir et de se diviser. Lorsque le contrôle ne s'exerce plus (faute d'émission ou de réception du message), il en résulte un cancer.

Où prennent naissance de tels messages? Qui commande leur émission? Et dans quel code, probablement chimique, ont-ils une existence? Qu'est-ce qui contrôle la symétrie bilatérale externe, presque parfaite, des mammifères? Nous ne connaissons pratiquement rien du système de messages qui contrôle la croissance, mais il doit exister tout un système d'enchaînement, très peu étudié à l'heure actuelle.

### 13. La logique est un modèle incomplet du rapport de la cause à l'effet

On emploie les mêmes mots pour parler de séquences logiques et de séquences de causes et d'effets. On dit : « Si on accepte les définitions et postulats d'Euclide, alors deux triangles dont les trois côtés sont respectivement égaux sont égaux entre eux. » On dit aussi : « Si la température tombe en dessous de 0° C, alors l'eau commence à se transformer en glace. »

Mais le *si... alors* de la logique du syllogisme est très différent du *si... alors* de la séquence cause-effet.

Dans un ordinateur, qui fonctionne par cause et effet, un transistor en déclenchant un autre, les séquences de causes et d'effets sont employées pour *simuler* la logique. Il y a trente ans, on se demandait : « Un ordinateur peut-il simuler tous les processus logiques? » La réponse était oui, mais la question était sûrement mal posée; il aurait plutôt fallu se demander : « La logique peut-elle simuler toutes les séquences de causalité? » A quoi on aurait répondu non.

Lorsque les séquences de causalité sont circulaires (ou plus complexes encore que circulaires), la description (le report cartographique) de ces séquences sur une logique intemporelle est contradictoire en soi : des paradoxes s'ensuivent, que la logique pure ne peut tolérer. Un simple circuit de vibreur va nous servir d'exemple pour illustrer les paradoxes apparents engendrés en biologie par une telle description dans les innombrables cas d'homéostasie. Un circuit de vibreur (voir figure 3) est monté de telle façon que le courant parcourt le circuit lorsque l'armature est en contact avec l'électrode au point

A. Mais le passage du courant active l'électro-aimant qui désaccouple l'armature et coupe le contact en A. Le courant cessant de parcourir le circuit, l'électro-aimant se coupe et l'armature rétablit le contact en A, recommençant ainsi le cycle.

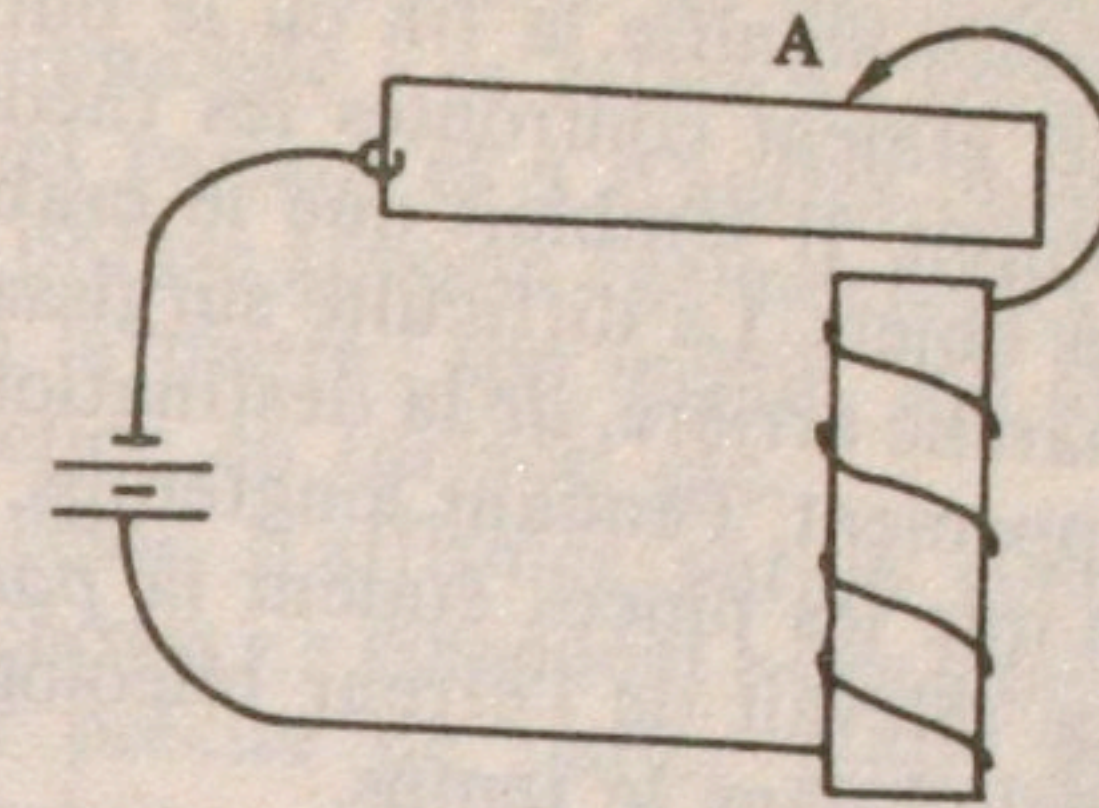


Figure 3

Si nous décomposons le cycle en séquences causales, nous obtenons ce qui suit :

- Si le contact est établi en A, alors l'aimant fonctionne.
- Si l'aimant fonctionne, alors le contact en A est coupé.
- Si le contact en A est coupé, alors l'aimant ne fonctionne pas.
- Si l'aimant ne fonctionne pas, alors le contact est établi.

Cette séquence est tout à fait satisfaisante à condition qu'on comprenne bien que les conjonctions *si... alors* sont causales. Mais la mauvaise plaisanterie consistant à transposer les *si* et les *alors* dans le monde de la logique provoquerait un désastre :

- Si le contact est établi, alors le contact est coupé.
- Si P, alors non P.

Le *si... alors* de la causalité implique la notion du *temps*, tandis que le *si... alors* de la logique est intemporel. Il s'ensuit que la logique est un modèle incomplet de la causalité.

### 14. La causalité ne fonctionne pas à rebours

La logique peut souvent être renversée, mais l'effet ne précède jamais la cause. Ce principe est la pierre d'achoppement des sciences



psychologiques et biologiques depuis Platon et Aristote. Les Grecs avaient tendance à croire aux causes *finales*. Ils croyaient que la structure engendrée à la fin d'une séquence d'événements pouvait être considérée d'une certaine manière comme la cause du cheminement suivi par cette séquence. Ceci aboutit à toute la téléologie, ainsi qu'elle fut baptisée (*telos* signifie la fin ou le but d'une séquence).

Le problème auquel étaient confrontés les théoriciens en biologie était celui de l'adaptation. Il semblait que le crabe avait des pinces *pour* pouvoir tenir des objets. La difficulté surgissait lorsqu'on faisait le raisonnement en marche arrière, *de* la destination des pinces *vers* la cause de leur développement. Pendant longtemps, ce fut une hérésie en biologie de croire que les pinces étaient là *parce qu'elles* étaient utiles : cette croyance relevait de l'erreur téléologique – c'est-à-dire l'inversion de la causalité dans le temps.

La pensée linéale \* engendrera toujours soit l'erreur téléologique (la fin détermine le processus), soit le mythe d'une sorte d'agence surnaturelle de contrôle.

Ce qui se passe lorsque les systèmes de causalité deviennent circulaires (ce point sera développé dans le chapitre IV), c'est qu'un changement en n'importe quel point peut être considéré comme *cause* d'un changement postérieur d'une quelconque variable située dans le cercle. Il apparaît ainsi qu'on peut considérer l'augmentation de la température d'une chambre comme cause du changement du thermostat et, alternativement, l'action du thermostat comme contrôlant la température de la chambre.

#### 15. Le langage ne met généralement l'accent que sur un seul côté de l'interaction

On dit habituellement d'un « objet » qu'il peut « avoir » certaines caractéristiques. Par exemple, une pierre est « dure », « petite », « lourde », « jaune », « dense », « fragile », « chaude », « mobile », « immobile », « visible », « comestible », « non comestible », etc.

C'est ainsi que procède notre langage : « La pierre est dure », et ainsi de suite... Cette façon de s'exprimer convient dans la vie courante : « C'est une nouvelle marque », « les pommes de terre sont pourries », « les œufs sont frais », « la caisse est abîmée », « le diamant est mal taillé », « une livre de pommes suffira », etc.

Mais cette façon de s'exprimer ne convient ni à la science ni à

l'épistémologie. Pour penser correctement, il est préférable de référer toutes les qualités, propriétés, attributs, etc., au moins à *deux* ensembles d'interaction dans le temps.

« La pierre est dure » signifie (a) que si on la pique, elle résiste à la pénétration, (b) que certaines interactions permanentes entre les *éléments* moléculaires de la pierre les maintiennent ensemble.

« La pierre est immobile » se réfère à l'emplacement de la pierre par rapport au sujet parlant et à d'autres objets éventuellement en mouvement. Cette phrase apporte également des informations sur des éléments propres à la pierre : son inertie, son absence de distorsion, son absence de friction en surface, etc.

Le langage ne cesse d'affirmer par la syntaxe du sujet et de l'attribut que les « choses » « possèdent » des qualités et des propriétés. Une manière plus précise de parler serait de souligner que les « choses » sont produites, c'est-à-dire sont vues comme séparées d'autres « choses », et qu'elles sont rendues « réelles » par leurs relations internes et par leur comportement vis-à-vis d'autres choses et vis-à-vis du sujet parlant.

Il faut être tout à fait clair à propos de la vérité universelle selon laquelle les « choses », quoi qu'elles puissent être dans leur monde chosique et pléromatique, ne peuvent pénétrer dans le monde de la communication et de la signification que par leur nom, leurs qualités et leurs attributs (c'est-à-dire par des discours tenus sur leurs relations et leurs interactions internes et externes).

#### 16. La « stabilité » et le « changement » décrivent des parties de notre description

Dans les chapitres qui vont suivre, le terme *stable* et, par conséquent, le terme *changement* seront très importants. Il convient donc de les analyser dès maintenant dans la phase préliminaire de notre travail. Quels pièges ces termes contiennent-ils ou cachent-ils ?

*Stable* est couramment employé comme adjectif qualifiant une chose : un composé chimique, une maison, un écosystème, un gouvernement sont qualifiés de « stables ». Si nous allons plus avant dans cette voie, nous verrons que l'objet stable est celui qui ne change pas sous l'effet ou sous la pression d'une variable particulière interne ou externe, ou, peut-être, qui résiste à l'épreuve du temps.



Si on prend la peine de chercher ce que recouvre le terme de *stabilité*, on découvre toute une série de mécanismes : au niveau le plus élémentaire, la dureté ou la viscosité purement physiques, qualités qui décrivent des relations d'impact entre tel objet stable et tel autre; à un niveau plus complexe, l'ensemble tout entier de processus enchevêtrés qu'on appelle *la vie* peut contribuer à garder l'objet dans un *état de changement* capable de maintenir certaines constantes nécessaires, comme la température du corps, la circulation du sang, la régulation de la glycémie, voire la vie elle-même.

Le funambule sur sa corde raide assure aussi sa stabilité par une correction continue de son déséquilibre.

Ces exemples plus complexes suggèrent que, lorsque nous employons le terme *stabilité* à propos d'êtres vivants ou de circuits autocorrecteurs, nous devrions *suivre l'exemple des entités dont nous parlons*. Ce qui compte pour le funambule sur sa corde, c'est ce que nous appelons son « équilibre »; de même, pour les mammifères, c'est leur « température ». L'état changeant de ces variables importantes est à tout moment transmis dans les réseaux de communication du corps. Suivre l'exemple des entités dont nous parlons impliquerait alors de définir la « stabilité » en se référant toujours à la *vérité continue d'une proposition descriptive* : l'énoncé « le funambule est sur la corde raide », par exemple, continue à être vrai s'il se produit de petits coups de vent ou des vibrations de la corde; cette « stabilité » que l'on décrit est la résultante de continuel changements dans la description de la position du funambule et de celle de son balancier.

Il s'ensuit que, lorsque nous parlons d'entités vivantes, les énoncés concernant leur « stabilité » devraient toujours être définis par référence à une proposition descriptive, de sorte que soit bien clair le niveau logique auquel se situe le mot « stable ». Nous verrons plus loin, notamment dans le chapitre IV, qu'il faut définir *toute* proposition descriptive selon le type logique auquel se situent sujet, prédicat et contexte.

Pareillement, tous les énoncés sur le changement demandent le même genre de précision. Des adages aussi profonds que « Plus ça change, plus c'est la même chose <sup>a</sup> » doivent leur prétendue sagesse à une simple confusion entre types logiques : ce qui « change » et ce qui « est la même chose » sont des propositions descriptives, mais ces propositions sont d'un ordre différent.

a. En français dans le texte.

A propos de la liste de présuppositions passées en revue dans ce chapitre, certains commentaires s'imposent. D'abord, cette liste n'est nullement exhaustive, et rien ne laisse supposer qu'on puisse dresser une liste complète de généralités et de vérités. Peut-être même s'agit-il d'un trait caractéristique de notre monde de vouloir qu'une liste soit nécessairement complète.

Au cours de la préparation de ce chapitre, on a laissé tomber une douzaine de points qui auraient pu également être mentionnés et on en a reporté un bon nombre dans les chapitres III, IV, V. Cependant, en dépit de tout ce qui pourrait manquer dans cette liste, une foule d'exercices subsiste auxquels le lecteur pourra se livrer.

Pour commencer, quand nous avons une liste, le premier réflexe du savant est d'en classer et d'en ordonner les éléments. C'est ce que j'ai fait en partie, en divisant la liste en quatre groupes dont les membres ont divers liens entre eux; il serait intéressant, comme exercice, de répertorier les différentes façons possibles de relier entre elles de telles vérités, de telles présuppositions. Le groupement que j'ai choisi a été agencé comme suit :

Un premier groupe comprend les sections 1 à 5, c'est-à-dire, semble-t-il, des aspects apparentés du phénomène (nécessaire) du codage. Ici, par exemple, on peut reconnaître assez facilement dans la proposition : « La science ne prouve jamais rien », un analogue de la distinction entre carte et territoire; elles découlent l'une et l'autre des expériences d'Ames et de ce principe général de l'histoire naturelle qu'« il n'y a pas d'expérience objective ».

Il est intéressant de noter que, du point de vue abstrait et philosophique, ce groupe de généralisations doit dépendre assez étroitement d'une sorte de « rasoir d'Occam » ou de règle de parcimonie. Sans un tel critère final, en effet, il n'y a pas moyen de choisir *in fine* telle hypothèse plutôt que telle autre. Le critère qu'on rencontre nécessairement est celui de la *simplicité* (par opposition à la *complexité*). Par ailleurs, les généralisations débouchent sur la neurophysiologie, avec les expériences d'Ames et d'autres. La question qu'on se pose immédiatement est de savoir si la question de la perception n'irait pas de pair ici avec une matière plus philosophique, du fait que le processus de perception contient déjà cette sorte de « principe d'Occam » ou de critère de parcimonie. La discussion de la section 5 sur le tout et les parties explicite une forme courante de transformation : celle qui s'opère dans ce processus que nous appelons *description*.



Les sections 5, 6 et 7 forment un deuxième groupe et traitent des questions d'ordre et de hasard. Le lecteur remarquera que le principe « la nouveauté ne peut être tirée que du hasard » est en contradiction presque totale avec le caractère inéluctable de l'entropie. Toute la question de l'entropie et de la néguentropie \* et les différences entre l'ensemble des propositions générales associées à ces termes et celles associées à l'énergie seront traitées au chapitre VI, lorsque nous parlerons de l'économie de la souplesse. Il faut seulement noter au passage une intéressante analogie formelle : celle qui existe entre les contradictions apparentes au sein de ce groupe et la distinction (établie dans la section 9 à propos du troisième groupe) entre nombre et quantité. Le mode de pensée qui traite de la quantité a de nombreux traits de ressemblance avec la pensée qui tourne autour du concept d'énergie; tandis que le concept de nombre est beaucoup plus proche des concepts de structure et de néguentropie.

Le mystère central de l'évolution réside, bien sûr, dans l'opposition entre la seconde loi de la thermodynamique et le principe que la nouveauté ne peut être tirée que du hasard : c'est cette opposition que Darwin a résolue partiellement dans sa théorie de la sélection naturelle.

Les deux derniers groupes de la liste sont ceux traités dans les sections 9 à 12 et 13 à 16. Je laisse au lecteur le soin de formuler la structure interne de ces groupes et d'imaginer d'autres groupements selon son propre mode de pensée.

Je continuerai dans le chapitre III à poser les fondations de ma thèse en énumérant propositions générales et présuppositions. Je me rapprocherai, cependant, des problèmes capitaux de la pensée et de l'évolution, et je m'efforcerai de répondre à la question : *Comment deux ou plusieurs éléments d'information ou de commande peuvent-ils fonctionner ensemble ou en opposition?* Cette question et ses multiples réponses représentent pour moi le noyau de toute théorie de la pensée ou de l'évolution.

### *Versions multiples du monde*

Ce que je vous dis trois fois est vrai.  
Lewis Carroll, *La Chasse au Snark*,  
*une agonie en huit crises* <sup>a</sup>.

Dans le chapitre II, « Ce que tout élève sait... », le lecteur aura pu trouver un certain nombre d'idées fondamentales sur le monde, propositions élémentaires ou vérités avec lesquelles toute épistémologie ou tout épistémologue sérieux doit faire bon ménage.

Dans le présent chapitre, j'aborderai des principes généraux un peu plus complexes, en ce sens que j'y pose comme question, de façon directe, exotérique : « Quelle augmentation ou surcroît <sup>b</sup> de connaissance résulte de la *combinaison* d'informations provenant de deux ou plusieurs sources? »

Le lecteur pourrait considérer ce chapitre et le chapitre V, « Versions multiples de la relation », comme deux autres choses que « tout élève devrait connaître ». Et de fait, lors de la rédaction de ce livre, toute cette matière était reprise au départ sous le titre « Deux descriptions valent mieux qu'une ». Mais, la rédaction – plus ou moins expérimentale – de ce livre ayant duré environ trois ans, il est venu se regrouper sous ce titre un nombre considérable de sections, et il devenait évident que la combinaison de divers éléments d'information était en soi une approche extrêmement intéressante de ce que j'ai appelé (dans le premier chapitre) « la structure qui relie » : les différentes manières de combiner deux ou plusieurs éléments d'information m'ont permis de voir certaines facettes particulières de la structure d'ensemble.

Dans ce chapitre, je mettrai l'accent sur les combinaisons variées qui semblent fournir à l'organisme qui perçoit des informations sur le monde extérieur ou sur lui-même en tant qu'il fait partie de ce monde (à la manière de quelqu'un qui regarderait ses pieds). Je laisserai pour

<sup>a</sup> Trad. fr. de L. Aragon, Paris, Seghers, 1929.  
<sup>b</sup> Bonus.



le chapitre V les combinaisons plus subtiles et, en fait, plus biologiques, se situant au niveau des êtres vivants qui donnent à l'organisme qui perçoit un surcroît de connaissances sur ces processus et relations internes qu'on appelle le *soi*<sup>a</sup>.

Dans chaque cas, je me demanderai d'abord quel est le surcroît de compréhension que la combinaison d'informations apporte. Que le lecteur garde cependant à l'esprit que, derrière cette question simple et superficielle, se cache partiellement la question plus profonde, et peut-être mystique : « Est-ce que l'étude de ce cas particulier, dont la compréhension jaillit<sup>b</sup> de la comparaison des sources, jette un jour nouveau sur la façon dont l'univers s'articule ? » Ma façon de procéder consistera à me demander quel surcroît immédiat on peut observer dans chaque cas, mais mon intention finale est de m'enquérir de la structure plus générale : celle qui relie.

### 1. Le cas de la différence

De tous les exemples, le plus simple mais le plus profond est le fait qu'il faille au moins deux choses pour créer une différence. Pour créer les « nouvelles » de la différence<sup>c</sup>, c'est-à-dire l'*information*, il faut deux entités (réelles ou imaginaires) telles que la différence qui existe entre elles puisse appartenir en propre à leur relation mutuelle. L'ensemble doit être tel que l'information ainsi créée, la « nouvelle » de leur différence, puisse être représentée comme une différence à l'intérieur d'une entité de traitement de l'information, comme un cerveau ou, peut-être, un ordinateur.

Il subsiste une question profonde et sans réponse sur la nature de ces « deux choses au minimum » qui engendrent entre elles cette différence qui devient de l'information en créant une différence. Il est clair que chacune d'entre elles est – pour l'esprit et la perception – une non-entité, un non-être. Ni différente de l'être ni différente du non-être : un inconnaissable, une *Ding an sich*, le bruit d'un applaudissement à une seule main.

La « matière » de la sensation est donc un couple de valeurs d'une certaine variable, transmis pendant un certain temps à un organe

a. *The self.*

b. *In which an insight develops from the comparison of sources.*

c. *The news of difference.* Cf. *Vers une écologie de l'esprit*, t. II, p. 211.

sensoriel dont la réaction dépend du rapport<sup>a</sup> entre les deux éléments de ce couple de valeurs. (Cette question de la nature de la différence sera examinée en détail dans le chapitre IV-critère n° 2).

### 2. Le cas de la vision binoculaire

Considérons un autre cas simple et familier de double description. Qu'est-ce qui est gagné par la comparaison des données recueillies par un œil et de celles fournies par l'autre ? Les deux yeux sont en général dirigés vers la même région de l'univers environnant : il semblerait donc qu'il y ait là un emploi fort peu économique de nos organes sensoriels ! Mais l'anatomie suggère que cet emploi doit offrir un avantage très considérable : l'innervation des deux rétines et la retransmission des informations sont des faits si extraordinaires de la morphogenèse qu'ils doivent sûrement comporter un avantage énorme sur le plan de l'évolution.

En quelques mots, chaque surface rétinienne est une calotte hémisphérique sur laquelle une lentille projette une image inversée. Dès lors, l'image de ce qui se trouve à l'avant gauche sera projetée sur le côté extérieur de la rétine droite et sur le côté intérieur de la rétine gauche. Chose surprenante, l'innervation de chaque rétine est divisée par une frontière verticale abrupte en deux systèmes distincts. Ainsi, les informations transmises par les fibres optiques du côté extérieur de l'œil droit rencontrent dans l'hémisphère droit les informations transmises par le côté intérieur de l'œil gauche. Pareillement, les informations provenant de l'extérieur de la rétine gauche et de l'intérieur de la rétine droite se regroupent dans l'hémisphère gauche du cerveau.

L'image binoculaire, qui semble être indivisible, provient en fait de la synthèse complexe des informations de la partie antérieure gauche de l'hémisphère droit du cerveau et d'une synthèse analogue des informations de la partie antérieure droite de l'hémisphère gauche. Ces deux synthèses sont elles-mêmes finalement synthétisées en une seule image subjective de laquelle toute trace de frontière verticale a disparu.

Ce système élaboré offre deux sortes d'avantages. Le sujet peut

a. *Ratio.*



ainsi améliorer le contraste et la netteté de sa vision périphérique; il reste également capable de lire de très petits caractères ou dans un endroit faiblement éclairé. Plus important encore, l'information sur la profondeur apparaît. En termes plus formels, la *différence* entre les informations fournies par l'une et l'autre rétine est elle-même une information d'un *type logique différent*, si bien qu'avec cette nouvelle sorte d'information, le sujet donne à sa vue une *dimension supplémentaire*.

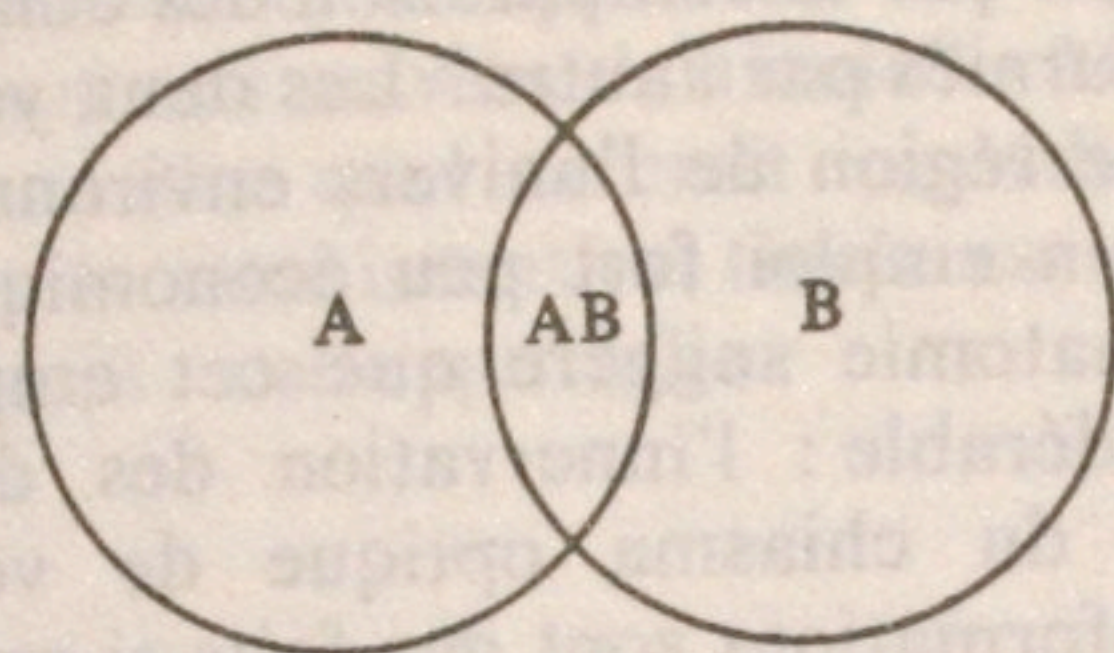


Figure 4

Dans la figure 4, supposons que A représente l'ensemble des éléments d'information issus d'une première source (par exemple, de l'œil droit) et B l'ensemble des éléments issus d'une seconde source (par exemple, de l'œil gauche): la zone AB représentera alors l'ensemble des éléments auxquels se réfèrent les informations provenant des deux yeux.

L'ensemble AB ou bien contient des membres ou bien est vide. S'il existe réellement des membres d'AB, c'est que les informations de la seconde source ont créé à l'intérieur de A un sous-ensemble impossible auparavant (c'est-à-dire qu'elles ont instauré conjointement avec A un type logique d'informations dont la première source seule était incapable).

Considérons maintenant d'autres cas qui entrent dans cette rubrique générale et soyons en particulier attentifs dans chacun de ces cas à la création d'une information d'un type logique nouveau par la juxtaposition de descriptions multiples. En principe, on peut s'attendre à une « profondeur » supplémentaire, métaphoriquement parlant, chaque fois que les informations de chaque description seront recueillies ou codées de façon différente.

### 3. Le cas de la planète Pluton

Les organes sensoriels de l'homme ne perçoivent *que* des nouvelles de différences, et pour être perceptibles, ces différences doivent être codées en événements dans le *temps* (c'est-à-dire en *changements*). Les différences statiques ordinaires, qui restent constantes plus de quelques secondes, ne sont perceptibles que par un balayage point par point. Pareillement, les changements très lents ne sont perceptibles qu'en combinant balayage *et* confrontation des observations recueillies à différents moments du temps.

Un exemple élégant (c'est-à-dire économique) de ce principe nous est fourni par le dispositif dont s'est servi Clyde William Tombaugh quand en 1930, alors qu'il était encore assistant, il découvrit la planète Pluton.

A partir de calculs fondés sur des perturbations dans l'orbite de Neptune, il semblait qu'on pouvait expliquer le phénomène par l'attraction d'une autre planète située en dehors de son orbite. Les calculs indiquaient à quel endroit du ciel on devait s'attendre à trouver, à un moment donné, cette planète hypothétique.

L'objet à observer serait vraisemblablement très petit et de très faible éclat (approximativement de magnitude 15) et son apparition ne se distinguerait des autres astres que par un déplacement très lent, si lent qu'il serait tout à fait imperceptible à l'œil nu.

On résolut ce problème en employant ce que les astronomes appellent un *blinker*. Des photographies de la région céleste concernée sont prises à intervalles relativement longs. On les étudie ensuite par paires dans le *blinker*. Cet instrument est l'inverse du microscope binoculaire; au lieu d'avoir deux oculaires et une platine, il est pourvu d'un oculaire et de deux platines, et il est monté de façon telle que, par l'action d'un simple levier, l'image de ce qui se trouve sur une platine est remplacée instantanément par celle de l'autre platine. On dispose les deux photos en concordance sur chaque platine, de manière à faire coïncider parfaitement les étoiles ordinaires. Ainsi, quand on actionne le levier, les étoiles « fixes » ne donnent pas l'impression de se déplacer, alors qu'une planète a l'air de sauter d'une position à l'autre. Mais il se trouvait pourtant une quantité d'objets qui sautaient (des astéroïdes) dans le champ des photographies, si bien que Tombaugh a dû en trouver un qui sautait *moins* que les autres.



Après plusieurs centaines de comparaisons, Tombaugh a pu voir le saut de Pluton.

#### 4. Le cas de la sommation synaptique

La *sommation synaptique* est l'expression technique employée en neurophysiologie dans le cas où un neurone C n'entre en activité que sous l'excitation combinée des neurones A et B. A et B, pris isolément, ne suffisent pas à activer C, mais l'action conjuguée des neurones A et B pendant un laps de temps de quelques microsecondes permet d'activer le neurone C (voir figure 5). Remarquez que *sommation*, le terme conventionnel qui désigne ce phénomène, fait penser à l'*addition* des informations de deux sources. Ce qui se produit réellement n'est pas une addition, mais la formation d'un produit logique, un processus plus proche de la multiplication.

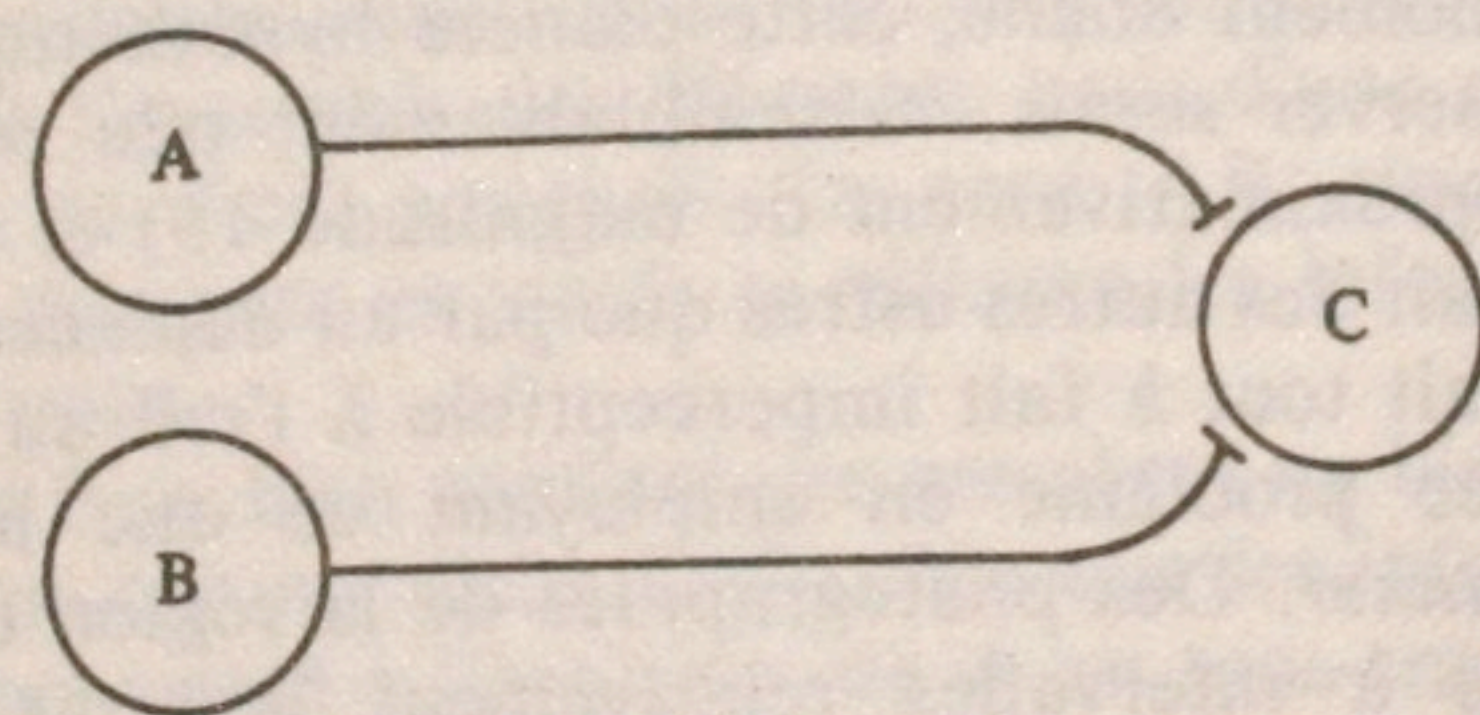


Figure 5

Cette disposition veut que les informations que le neurone A serait à même de donner seul produisent une segmentation (une sous-classification) des activations de A en deux classes : celles accompagnées de B et celles non accompagnées de B. De la même manière, les activations du neurone B sont subdivisées en deux classes : celles qui sont accompagnées de A et celles qui ne le sont pas.

#### 5. Le cas du poignard imaginaire

Macbeth est sur le point d'assassiner Duncan et, horrifié par son acte, a la vision hallucinatoire d'un poignard (acte II, scène I).

Est-ce bien là un poignard que je vois devant moi, le manche vers ma main ? Viens, que je te saisisse. Je ne te tiens pas, et pourtant je te vois toujours. N'es-tu pas, vision fatale, sensible au toucher comme à la vue ? Ou n'es-tu qu'un poignard imaginaire, fausse création procédant d'un cerveau en feu ? Je te vois encore, de forme aussi palpable que celui qu'en ce moment je tire. Tu me montres le chemin que j'allais prendre, et tu es bien l'outil que j'allais employer. Ou bien mes yeux sont le jouet de mes autres sens, ou bien seuls ils les valent tous. Je te vois toujours, et sur ta lame et sur ton manche des gouttes de sang qui n'y étaient pas tout à l'heure. Ce poignard n'existe pas ; c'est la sanglante besogne qui prend ainsi forme à mes yeux<sup>a</sup>.

Cet exemple littéraire servira pour l'ensemble des cas de double description où se combinent des données fournies par deux ou plusieurs sens. Macbeth se « prouve » que le poignard n'est qu'une hallucination en cherchant à le toucher, mais même cela ne suffit pas, car ses yeux ont peut-être autant de « valeur » que le reste. Ce n'est que lorsque des « gouttes de sang » apparaissent sur le poignard imaginaire qu'il peut conclure : « Ce poignard n'existe pas. »

La comparaison d'informations fournies par deux sources sensorielles, associée à un changement dans l'hallucination, fournit à Macbeth la méta-information que son expérience était imaginaire. La zone AB de la figure 4 était vide.

#### 6. Le cas des langages synonymes

Dans de nombreux cas, on peut obtenir grâce à un second langage de description une meilleure vision des choses<sup>b</sup> sans que soit donné pour autant un supplément d'information dite objective. Deux

<sup>a</sup> *Macbeth*, in William Shakespeare, *Les Tragédies*, nouvelle trad. fr. de Pierre Messiaen, Paris, Desclée de Brouwer, 1960.

<sup>b</sup> *Insight*.



démonstrations d'un même théorème mathématique peuvent ensemble apporter à l'élève une meilleure compréhension de la relation à démontrer.

Tout élève sait que  $(a + b)^2 = a^2 + 2ab + b^2$ ; il est peut-être même conscient que cette équation algébrique est un cas particulier d'une formule beaucoup plus générale, la *formule du binôme*. L'équation elle-même est suffisamment démontrée par l'algorithme de la multiplication algébrique, dont chaque étape respecte les définitions et les postulats de la tautologie appelée *algèbre* – cette tautologie qui a pour sujet le développement et l'analyse de la notion de grandeur « quelconque ».

Nombreux cependant sont les élèves qui ignorent qu'il existe une démonstration géométrique de cette même expression binomiale (voir figure 6). Prenons la droite XY et divisons-la en deux segments,  $a$  et  $b$ . La ligne est donc la représentation géométrique de  $(a + b)$  et le carré construit sur XY sera bien  $(a + b)^2$ ; c'est-à-dire qu'il aura une *surface* appelée «  $(a + b)^2$  ».

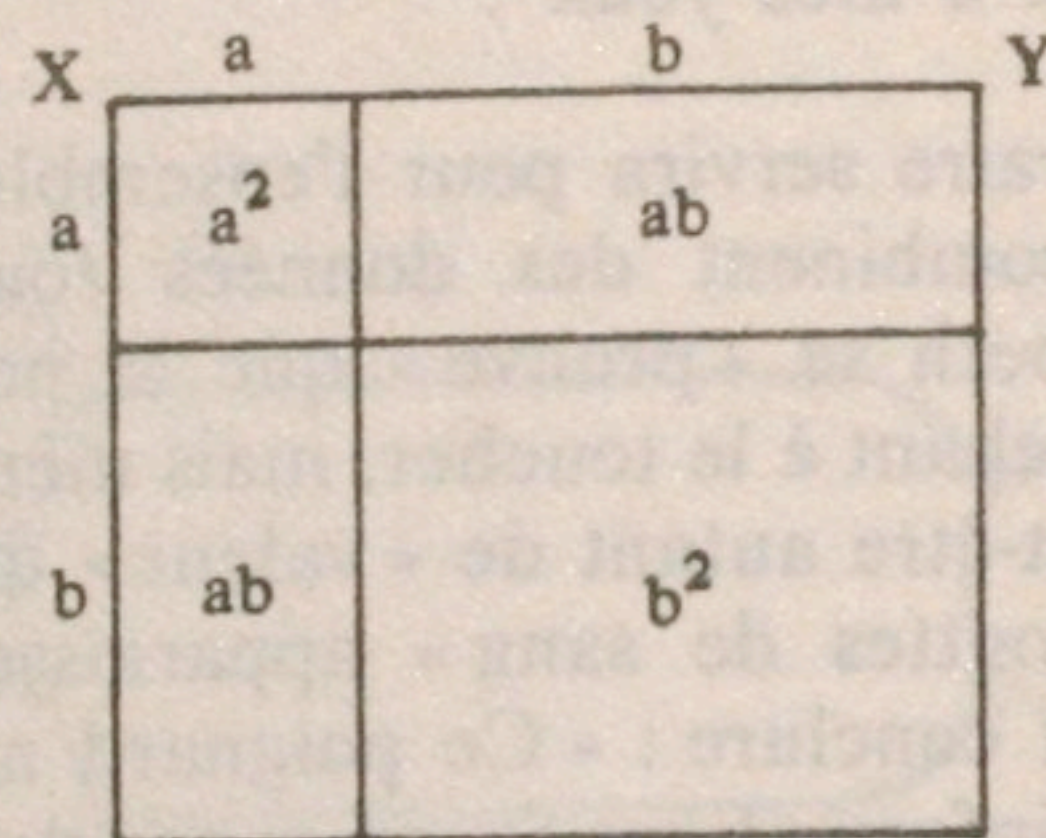


Figure 6

On peut maintenant couper le carré en reportant la longueur  $a$  à la fois sur la droite XY et sur un des côtés *adjacents* du carré et compléter la figure en traçant à partir de là les parallèles aux côtés du carré. L'élève peut alors se dire que le carré est coupé en quatre morceaux : il y a maintenant deux carrés, dont l'un est  $a^2$  et l'autre  $b^2$ , et deux rectangles ayant chacun une superficie  $(a \times b)$  (soit  $2ab$ ).

Par conséquent, l'équation algébrique bien connue  $(a + b)^2 = a^2 + 2ab + b^2$  semble être vraie également dans la géométrie euclidienne. Mais c'était probablement trop espérer de vouloir que les éléments séparés de la quantité  $a^2 + 2ab + b^2$  soient également séparés dans la traduction géométrique.

Et pourtant que vient-on d'affirmer? De quel droit avons-nous

décidé de prendre une « longueur » pour la substituer à  $a$  et une autre pour  $b$ , et ensuite présumé que, mises bout à bout, elles formaient une droite  $(a + b)$ , et ainsi de suite? Sommes-nous *sûrs* que les longueurs des lignes obéissent aux règles de l'arithmétique? Qu'est-ce que l'élève a appris quand nous avons formulé la même bonne vieille équation dans un langage différent?

Dans une certaine mesure, *rien de plus* n'a été appris. Aucune information nouvelle n'a été créée ou saisie par mon affirmation que  $(a + b)^2 = a^2 + 2ab + b^2$  tant en géométrie qu'en algèbre.

Un *langage*, en tant que tel, ne contient-il donc *aucune* information?

Pourtant, même si, sur le plan mathématique, rien n'a été ajouté par ce petit tour de passe-passe mathématique, je reste persuadé que l'élève qui n'a jamais vu qu'on pouvait recourir à ce procédé apprendra quelque chose lorsqu'on le lui montrera. C'est une contribution à la méthode didactique. La découverte (si découverte il y a) que les deux langages (algébrique et géométrique) pouvaient se traduire l'un en l'autre est en soi comme une illumination<sup>a</sup>.

Un autre exemple mathématique aidera le lecteur à bien comprendre l'intérêt qu'il peut y avoir à recourir à deux langages<sup>1</sup>.

Demandez à vos amis : « Combien fait la somme des dix premiers nombres impairs? »

La réaction habituelle est d'avouer qu'on n'en sait rien, ou alors d'essayer d'additionner la série :

$$1 + 3 + 5 + 7 + 9 + 11 + 13 + 15 + 17 + 19$$

Montrez-leur que :

- la somme du premier nombre impair est égale à 1;
- la somme des deux premiers nombres impairs est égale à 4;
- la somme des trois premiers nombres impairs est égale à 9;
- la somme des quatre premiers nombres impairs est égale à 16;
- la somme des cinq premiers nombres impairs est égale à 25;
- et ainsi de suite.

Assez rapidement, vos amis diront quelque chose comme : « Oh! alors, la somme des dix premiers nombres impairs est égale à 100. » Ils auront appris le *truc* pour additionner des séries de nombres impairs.

1. C'est à Gertrude Hendrix que je dois cette règle peu connue de la plupart des gens : Gertrude Hendrix, « Learning by Discovery », *The Mathematics Teacher*, 54, mai 1961, p. 290-299.

a. *Enlightenment*.



Mais si vous demandez la raison pour laquelle ce truc *doit* marcher, le non-mathématicien moyen sera incapable de répondre. (Et l'enseignement élémentaire est tel actuellement que bon nombre d'entre eux n'auront pas la moindre idée de la façon de procéder pour déboucher sur une réponse.)

Ce qui doit être découvert, c'est la différence entre le *nom ordinal* du nombre impair donné et sa valeur *cardinale* – une différence de type logique! Nous sommes habitués à ce que le nom d'un nombre soit le même que sa valeur numérique<sup>1</sup>. Mais en réalité, dans le cas présent, le nom n'est pas identique à la chose nommée.

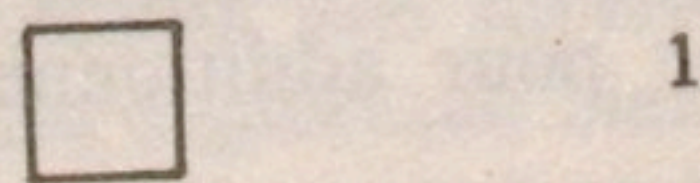
La somme des trois premiers nombres impairs est égale à 9. Donc, la somme est égale au *carré du nom ordinal* (et, dans ce cas-ci, le nom ordinal de 5 est « 3 ») du plus grand nombre de la série à additionner. Ou – si vous préférez – c'est le *carré du nombre des nombres* de la série à additionner. Voilà pour l'énoncé verbal de ce truc.

Pour prouver que le procédé marchera, il faut montrer que la différence entre deux additions consécutives de nombres impairs est égale et *toujours* égale à la différence entre le carré de leur nom ordinal.

Par exemple, la somme des cinq premiers nombres impairs *moins* la somme des quatre premiers nombres impairs doit être égale à  $5^2 - 4^2$ . Il faut noter au passage que la différence entre les deux sommes doit évidemment être égale au dernier nombre impair de la série. Autrement dit, le dernier nombre ajouté doit être égal à la différence des carrés.

Considérons le même problème dans un langage visuel. Nous devons démontrer que le nombre impair *suivant* ajoutera toujours à la somme des nombres impairs précédents une quantité suffisante pour que le total suivant soit égal au carré du nom ordinal de ce nombre impair.

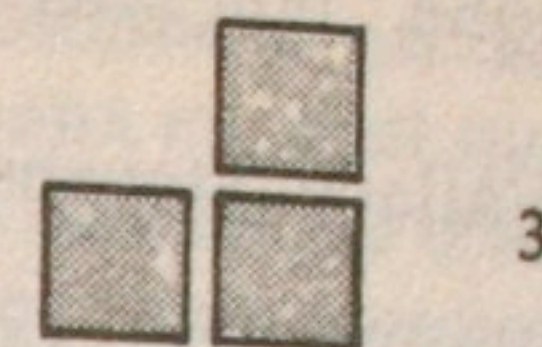
Représentons le premier nombre impair (1) par un carré :



1

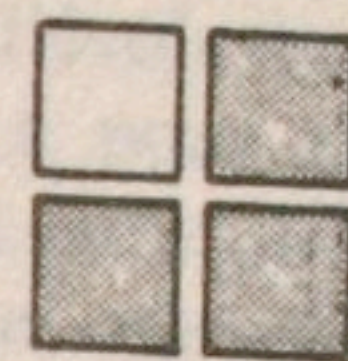
1. Alternativement, nous pouvons dire que le nombre des nombres dans un ensemble n'est pas le même que la somme des nombres du même ensemble. D'une façon ou d'une autre, nous avons affaire à une discontinuité de type logique.

Représentons le deuxième nombre impair (3) par trois carrés :



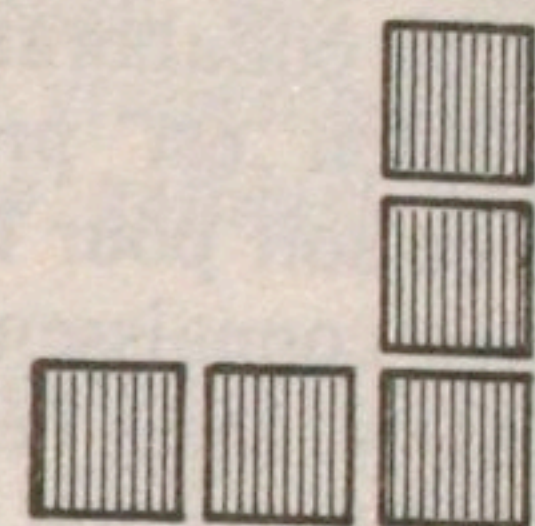
3

Faisons la somme des deux figures :



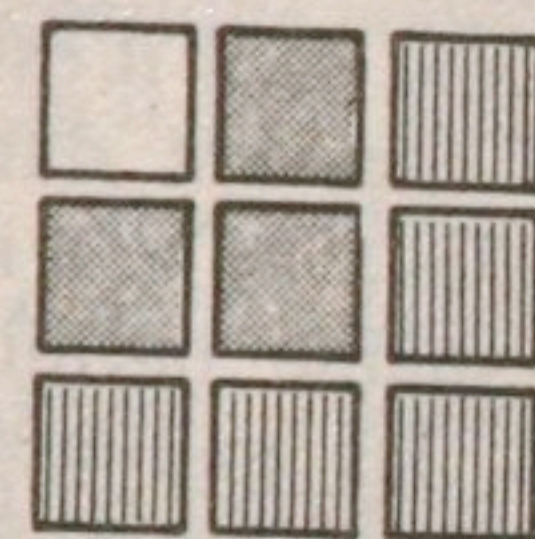
$$1 + 3 = 4$$

Représentons le troisième nombre impair (5) par cinq carrés :



5

Faisons la somme des figures précédentes :



$$1 + 3 + 5 = 9$$

Figure 7

Donc,  $4 + 5 = 9$ .

Et ainsi de suite. La représentation visuelle permet assez facilement de combiner les ordinaux, les cardinaux et les régularités dans l'addition des séries.

Que s'est-il passé? Le recours à un système de métaphores géométriques a permis de comprendre beaucoup plus facilement *comment* l'automatisme d'un procédé devient une règle (une régularité). Chose plus importante encore, l'élève a pris conscience de la différence qu'il y a entre appliquer un procédé et comprendre la nécessité de la vérité générale qui se cache derrière. Et chose plus



importante encore, l'élève a peut-être inconsciemment fait l'expérience du saut qu'exige le passage du langage arithmétique au langage *sur* l'arithmétique : non plus des *nombres*, mais des *nombres de nombres*.

Selon les mots de Wallace Stevens, ce fut le *moment*

Où les raisins semblèrent plus gros.  
Et le renard sortit de son trou.

### 7. Le cas des deux sexes

Von Neumann a fait un jour remarquer, en partie par plaisanterie, que l'autoreproduction chez les machines exigerait nécessairement que deux machines agissent en collaboration.

La reproduction par division est probablement une exigence fondamentale de la vie, que ce soit pour la multiplication ou pour la croissance, et les biochimistes connaissent bien aujourd'hui les processus de reproduction de l'ADN. Mais l'étape suivante est celle de la différenciation, que ce soit la génération de variétés (probablement livrée au hasard ou la différenciation ordonnée qu'étudie l'embryologie. La division, pareillement, *doit* être ponctuée par la fusion; vérité générale qui illustre le principe dont il est question ici : à savoir que deux sources d'information (souvent dans des modes ou langages opposés) valent beaucoup mieux qu'une seule.

Au niveau bactérien et même parmi les protozoaires, certains champignons et les algues, les gamètes restent superficiellement identiques; mais chez les métazoaires et chez les plantes au-dessus du niveau fongique, le *sexe* des gamètes est reconnaissable.

La différenciation binaire des gamètes, dont un est généralement sessile et l'autre mobile, vient en premier lieu. Ensuite apparaît la différenciation entre les deux sortes d'individus multicellulaires qui produisent les deux sortes de gamètes.

Enfin, on trouve chez beaucoup de plantes et de parasites animaux des cycles plus complexes appelés *alternances de générations*.

Ces différents ordres de différenciation ont vraisemblablement un rapport avec l'économie informationnelle de la division, de la fusion et du dimorphisme sexuel.

Donc, pour en revenir aux formes les plus primitives de fission et de fusion, nous remarquerons que le premier effet ou la première

contribution de la fusion à l'économie de l'information génétique est vraisemblablement une sorte de *vérification*.

Le processus de fusion chromosomique est essentiellement le même chez les plantes et chez les animaux et, quel que soit l'endroit où il se produit, les brins correspondants de l'hélice d'ADN sont placés côte à côte et, dans un sens fonctionnel, sont *comparés*. Si les différences entre les brins provenant des gamètes respectifs sont trop grandes, la fécondation (ainsi qu'on l'appelle) ne peut avoir lieu<sup>1</sup>.

Dans le processus global de l'évolution, la fusion, qui est le fait central de la fonction sexuelle, a pour rôle de limiter la variabilité génétique. Des gamètes qui sont trop différents de la norme statistique pour une raison quelconque, mutation ou autre, rencontreront vraisemblablement dans la fusion sexuelle des gamètes du sexe opposé plus normaux, et, par cette rencontre, les déviations extrêmes seront éliminées. (Notez au passage que cette nécessité d'éliminer la déviation n'est, selon toute vraisemblance, qu'imparfaitement satisfaite lorsque s'unissent des gamètes ayant des origines très proches.)

Pourtant, même si une fonction importante de la fusion des gamètes au cours de la reproduction sexuelle consiste à limiter la déviation, il est nécessaire aussi d'en souligner la fonction contraire : accroître la variété phénotypique. La fusion aléatoire de paires de gamètes garantit que le patrimoine génétique collectif d'une population donnée sera homogène, en ce sens qu'il sera bien mélangé. Elle garantit, en même temps, que chaque combinaison génétique viable dans ce réservoir verra le jour. En d'autres termes, le gène viable est testé conjointement avec le maximum d'autres constellations génétiques possibles dans la population participante.

Comme toujours dans le panorama de l'évolution, nous nous apercevons qu'un processus unique possède, à la façon de Janus, deux visages regardant dans des directions opposées. Dans le cas qui nous occupe, la fusion des gamètes non seulement impose une limitation de la déviation individuelle, mais aussi assure une recombinaison multiple du matériel génétique.

1. Il me semble que ceci a été pour la première fois mis en évidence par C.P. Martin dans *Psychology, Evolution and Sex*, 1956. Samuel Butler (in *More Notebooks of Samuel Butler*, édité par Festing Jones) a des arguments semblables lorsqu'il parle de la parthénogenèse. Il soutient que la parthénogenèse est à la reproduction sexuelle ce que les rêves sont à la pensée. La pensée est régularisée et soumise au gabarit de la réalité externe, tandis que les rêves courent librement. Pareillement, on peut s'attendre à ce que la parthénogenèse coure librement alors que la formation des zygotes est stabilisée par la comparaison des gamètes.



8. *Le cas des phénomènes de battement et de moiré<sup>a</sup>*

La combinaison de deux ou plusieurs structures rythmiques produit des phénomènes intéressants qui illustrent très bien comment l'information s'enrichit du croisement de deux descriptions. Dans le cas des structures rythmiques, la combinaison de deux d'entre elles en engendrera une troisième. Par conséquent, il est possible d'étudier une structure moins familière en la combinant avec une deuxième, plus connue, et en examinant celle qui est engendrée par les deux premières.

Le cas le plus simple de ce que j'appelle le *phénomène de moiré*, ce sont les battements qui se produisent (chose bien connue) lorsque deux sons de fréquence différente se combinent. Le phénomène s'explique par un simple report cartographique sur l'arithmétique; la règle est la suivante: si une note correspond à une onde sonore présentant une crête toutes les  $n$  unités de temps et si, pour une autre note, la crête se produit toutes les  $m$  unités de temps, la combinaison de ces deux notes produira un battement toutes les  $mn$  unités, lorsque les crêtes coïncident. Cette combinaison a des applications évidentes lorsqu'on accorde un piano. Pareillement, il est possible de combiner deux sons ayant des fréquences très élevées pour produire des battements ayant une fréquence assez basse pour être perçus par l'oreille humaine. Des dispositifs de sonar destinés aux aveugles fonctionnant selon ce principe se trouvent maintenant sur le marché. L'écho engendré par un faisceau sonore à haute fréquence est recueilli par une « oreille » produisant une fréquence plus basse, mais toujours inaudible. Les battements qui en résultent sont ensuite transmis à l'oreille humaine.

Le problème devient plus complexe lorsque les structures rythmiques, au lieu d'être limitées, comme la fréquence, à une seule dimension temporelle, existent dans deux ou plusieurs dimensions. Dans pareils cas, la combinaison de deux structures peut donner des résultats surprenants.

Ces phénomènes de moiré illustrent trois principes. Premièrement, deux structures quelconques peuvent en engendrer une troisième, si elles sont combinées de façon appropriée. Deuxièmement, deux quelconques de ces trois structures peuvent servir de base de description

a. En français dans le texte.

de la troisième. Troisièmement, on peut approcher, grâce à ces phénomènes, tout le problème de savoir ce que le mot « structure » signifie. En fait, portons-nous avec nous (comme dans le cas du sonar pour aveugles) des échantillons de différentes sortes de régularité que nous pouvons confronter aux informations (aux nouvelles des différences régulières) nous provenant de l'extérieur? Nous servons-nous, par exemple, de notre habitude de ce qu'on appelle la « dépendance » pour tester les traits caractéristiques des autres?

Les animaux (et même les végétaux) ont-ils des caractères tels que la niche écologique dans laquelle ils vivent puisse être testée par quelque chose comme des phénomènes de moiré?

D'autres questions surgissent à propos de la nature de l'expérience *esthétique*. La poésie, la danse, la musique ainsi que d'autres phénomènes rythmiques sont certainement très archaïques et probablement plus anciens que la prose. Il est en outre caractéristique de ces comportements et perceptions archaïques que le rythme soit constamment modulé; c'est-à-dire que la poésie ou la musique contiennent des éléments que l'organisme récepteur peut analyser mémoriellement en quelques secondes par *superposition comparative*.

Est-il possible que ces phénomènes universels de l'art, de la poésie et de la musique soient apparentés au moiré? Si c'est le cas, l'esprit individuel est sûrement organisé en profondeur d'une façon que l'examen des phénomènes de moiré nous aidera à comprendre. Si on s'en réfère à la définition de l'« explication » proposée dans la section 9, on peut dire que les mathématiques formelles ou la « logique » du moiré peuvent fournir une tautologie appropriée sur laquelle ces phénomènes esthétiques peuvent être cartographiés.

9. *Le cas de la « description », de la « tautologie » et de l'« explication »*

Les hommes accordent beaucoup de valeur tant à la description qu'à l'explication, mais cet exemple de double information diffère de la plupart des autres cas proposés dans ce chapitre: l'explication en effet ne contient aucune information différente de celle déjà présente dans la description. En fait, une grande partie de l'information présente dans la description est même généralement écartée, et seule une partie relativement réduite de ce qui devait être expliqué l'est réellement. Pourtant, l'explication a certainement une importance



énorme, et elle *semble* certainement donner un surcroît de compréhension<sup>a</sup>, indépendamment de ce qui était déjà contenu dans la description. Ce surcroît procuré par l'explication a-t-il un rapport quelconque avec ce que nous obtenions, dans la section 6 ci-avant, en combinant deux langages ?

Avant d'examiner ce cas, il nous faut d'abord donner une définition succincte des trois termes : *description*, *tautologie* et *explication*.

Une description pure serait celle qui inclut l'ensemble des faits (c'est-à-dire, toutes les différences effectives) présents dans les phénomènes à décrire, mais ne donne pas la moindre indication sur les liens unissant ces phénomènes, qui permettraient de mieux les comprendre. Par exemple, un film comprenant une bande sonore et peut-être aussi des enregistrements d'odeurs et d'autres indications sensorielles pourrait constituer une description complète ou suffisante de ce qui se passe devant une batterie de caméras à un moment donné. Mais ce film ne montrera guère les liens unissant entre eux les événements montrés sur l'écran, et ne fournira pour lui-même aucune explication. D'autre part, une explication peut être totale sans être descriptive. « Dieu a créé tout ce qui existe » est tout à fait explicatif, mais ne renseigne sur aucune de ces choses ni sur les relations qu'il y a entre elles.

En science, ces deux modes d'organisation des données (la description et l'explication) sont reliés par ce qu'on appelle, en termes techniques, une *tautologie*. Les exemples de tautologie vont du cas le plus simple, telle l'affirmation « si P est vrai, alors P est vrai », jusqu'aux structures élaborées, comme la géométrie d'Euclide, où « si les axiomes et postulats sont vrais, alors le théorème est vrai ». Autre exemple : les axiomes, définitions, postulats et théorèmes de la théorie des jeux de von Neumann. Dans un tel ensemble, on ne prétend pas, évidemment, que chaque axiome ou que chaque théorème soit vrai indépendamment du reste ou qu'il demeure vrai dans le monde extérieur.

En fait, von Neumann met expressément l'accent dans son célèbre ouvrage<sup>1</sup> sur les différences qui existent entre son monde tautologique et le monde plus complexe des relations humaines. La seule chose qui y soit avancée, c'est que, si les axiomes et postulats sont tels, tels seront alors les théorèmes. Autrement dit, tout ce que peut

1. Von Neumann et O. Morgenstern, *The Theory of Games and Economic Behavior*, Princeton, Princeton University Press, 1944.

a. *A bonus of insight*.

fournir la tautologie, ce sont des *liens entre des propositions*. L'auteur de la tautologie risque sa réputation sur la validité de ces liens.

La tautologie ne contient aucune information quelle qu'elle soit, et l'explication (la cartographie de la description sur la tautologie) ne contient que les informations déjà présentes dans la description. Une telle « cartographie » affirme implicitement que les liens qui maintiennent l'homogénéité de la tautologie correspondent aux relations qui prévalent dans la description. La description, par ailleurs, contient de l'information, mais pas de logique ni d'explication. Apparemment, les êtres humains valorisent énormément la combinaison de ces différentes façons d'organiser les informations ou la matière.

Pour illustrer comment s'agencent description, tautologie et explication, je citerai un exercice que j'ai souvent fait faire à mes élèves. C'est un problème que je dois à l'astronome Jeff Scargle, mais c'est moi qui suis le responsable de la solution ! Voici le problème :

Un homme se rase en tenant son rasoir de la main droite. Il se regarde dans un miroir et s'aperçoit que son image se rase de la main gauche. Il se dit : « Tiens ! la gauche et la droite sont inversées. Mais alors, pourquoi le haut et le bas ne le sont-ils pas aussi ? »

Le problème était posé sous cette forme aux étudiants, qui devaient démêler l'écheveau dans lequel notre homme se trouvait de toute évidence pris. Une fois cela terminé, ils devaient examiner la nature de l'explication.

Il y a au moins deux pièges dans le problème tel qu'il est posé. Tout d'abord, l'élève est incité à se concentrer sur la gauche et la droite. Or, ce qui a été inversé, c'est l'envers et l'endroit, non la gauche et la droite. Mais il y a un piège plus subtil encore qui se dissimule là-dessous, c'est que les mots *droite* et *gauche* n'appartiennent pas au même langage que les mots *haut* et *bas*. *Gauche* et *droite* sont des mots appartenant à un langage subjectif<sup>a</sup>, tandis que *haut* et *bas* font partie d'un langage objectif<sup>b</sup>. Si l'homme regarde vers le sud et son

a. *Inner language, external language* : langage se posant en référence au sujet parlant, ou extérieurement à lui.

b. Voici, à titre indicatif, les définitions que donnent Littré et Robert : « Qui est du côté où le cœur bat, ou bien qui est du côté de l'ouest quand on regarde le nord » (Littré). « *En parlant de la main* qui est située du côté du cœur, parce que cette main est ordinairement malhabile, *gauche*. Par ext. se dit du côté où est la main gauche, *opposé à droit* » (Robert).



image vers le nord, le haut de son corps reste en haut, sur lui comme sur son image. Son côté est se situe du côté est de l'image, et son côté ouest du côté ouest de l'image. *Est* et *ouest* appartiennent au même langage que *haut* et *bas*, tandis que *droite* et *gauche* font partie d'un langage différent : il y a donc un piège logique dans le problème tel qu'il est posé. Il est nécessaire de comprendre que des mots comme *gauche* et *droite* ne peuvent se définir, et qu'on rencontre d'énormes difficultés si on essaie de le faire ! Si vous ouvrez l'*Oxford English Dictionary*, vous trouverez que *gauche* est défini comme « l'épithète distinctive désignant la main habituellement plus faible ». L'auteur du dictionnaire montre clairement son embarras. Dans le *Webster*, on trouve une définition plus utile, mais l'auteur triche. Une des règles dans la rédaction d'un dictionnaire est qu'on ne peut recourir à la monstration pour donner les définitions princeps. Le problème est donc de définir la *gauche* sans désigner un objet asymétrique. Webster (1959) parle de « ce côté d'une personne qui se situe vers l'ouest lorsque celle-ci est tournée vers le nord, généralement le côté de la main la moins utilisée », mais il fait appel à l'asymétrie du mouvement de rotation de la terre.

En vérité, on ne peut donner de définition sans tricher. L'*asymétrie* est facile à définir, mais il n'existe aucun moyen *verbal* (et il ne peut y en avoir), lorsque deux moitiés sont l'image en miroir l'une de l'autre, d'indiquer de laquelle on parle.

Une explication doit fournir quelque chose de plus que la description et, en fin de parcours, elle fait appel à une *tautologie* qui, comme je l'ai définie, est un corps de propositions si étroitement liées que les liens *entre celles-ci* sont nécessairement valides.

La tautologie la plus simple est : « Si P est vrai, alors P est vrai. »

Une tautologie plus complexe serait : « Si Q découle de P, alors Q découle de P. » A partir de là, vous pouvez monter jusqu'au niveau de complexité que vous voulez. Mais vous restez dans le domaine de la proposition hypothétique, émise non pas par les données, mais bien par *vous*. Voilà ce qu'est une tautologie.

L'explication consiste en la cartographie des éléments d'une description sur une tautologie; une explication est acceptable aussi longtemps que vous êtes disposé à accepter les liens de la tautologie. Si ces liens vont de soi, c'est-à-dire paraissent indubitables à ce *soi* qui est vous, alors l'explication construite sur cette tautologie vous satisfera, voilà tout. C'est toujours une question d'histoire naturelle, une question de foi, d'imagination, de confiance ou de manque de

souplesse, etc., de la part de l'organisme que vous êtes ou que je suis.

Examinons quelle sorte de tautologie nous servira à fonder la description des reflets spéculaires et de leur asymétrie.

Votre main droite est un objet asymétrique et tridimensionnel. Pour la définir, il vous faut des informations qui lient entre elles au moins trois polarités. Pour la distinguer de la main gauche, trois propositions descriptives à deux termes sont nécessaires : la direction allant vers la paume doit être distinguée de celle allant vers le dos de la main, la direction allant vers le coude de celle allant vers le bout des doigts et la direction allant vers le pouce de celle allant vers l'auriculaire. Il faut à présent construire la tautologie qui affirme que l'inversion de n'importe laquelle de ces trois propositions binaires donnera le reflet spéculaire (le stéréo-inverse<sup>a</sup>) de la main que nous avons au départ (c'est-à-dire créera une main « gauche »).

Si vous joignez les mains, paume contre paume, de sorte que la paume droite soit tournée vers le nord, la gauche fera face au sud, et vous obtiendrez un cas analogue à celui de l'homme qui se rasait.

Le postulat central de notre tautologie est donc que *l'inversion d'une dimension engendre toujours le stéréo-inverse*. De ce postulat découle – en auriez-vous douté? – que l'inversion de *deux* dimensions engendrera l'inverse de l'inverse (c'est-à-dire nous ramènera à la forme de départ). L'inversion de trois dimensions engendrera à nouveau le stéréo-inverse, et ainsi de suite.

Nourrissons maintenant notre explication grâce à une opération que le logicien américain C.S. Peirce a appelé *abduction* : il s'agit de trouver d'autres phénomènes pertinents et de montrer qu'ils sont aussi des cas obéissant à notre règle et, par conséquent, qu'on peut les cartographier sur la même tautologie.

Imaginez que vous êtes un photographe d'antan, avec un drap noir couvrant votre tête. Sur le verre dépoli de votre appareil, vous voyez le visage de l'homme dont vous faites le portrait. L'objectif se trouve entre le verre dépoli et le sujet. Sur le verre dépoli, vous voyez l'image inversée de haut en bas et de gauche à droite, mais toujours de face. Si le sujet tient un objet dans la main droite, il l'aura toujours dans la main droite sur le verre dépoli, mais aura subi une rotation de 180 degrés.

Si maintenant vous pratiquez un trou à l'avant de l'appareil et regardez à l'intérieur l'image formée sur le verre dépoli ou sur le film,

a. *Stereo-opposite*.



le sommet de la tête sera en dessous; le menton se trouvera au-dessus; son côté gauche sera à droite; de plus, cette fois, le sujet se fera face, à lui-même. Vous avez inversé trois dimensions: vous voyez de nouveau son stéréo-inverse.

L'explication consiste donc à se construire une tautologie dont on garantit du mieux qu'on peut la validité des liens, de sorte qu'elle semble aller de soi – ce qui n'est finalement jamais tout à fait satisfaisant dans la mesure où personne ne sait ce qui va être découvert plus tard.

Si l'explication est telle que je l'ai décrite, on peut se demander quel bénéfice les hommes retirent d'un amphigouri aussi pesant et apparemment aussi inutile. C'est une question d'histoire naturelle et je crois que le problème s'explique, du moins en partie, quand on voit le peu de soin que les hommes apportent à construire les tautologies sur lesquelles ils fondent leurs explications. On pourrait penser que dans pareil cas le bénéfice est nul; mais cela ne semble pas être le cas, à en juger par la popularité d'explications qui, pourtant, sont tellement informelles qu'elles en sont fallacieuses. Un cas courant d'explication vide est le recours à ce que j'ai appelé le principe dormitif: j'emprunte ce mot « dormitif » à Molière. Le final en latin macaronique du *Malade imaginaire* met en scène un examen médiéval, oral et doctoral. Le premier docteur demande au candidat pourquoi l'opium fait dormir. A quoi le candidat répond, avec un air de triomphe: « Parce que, éminents docteurs, il contient une vertu dormitive. »

On peut imaginer le candidat passant le reste de ses jours à fractionner de l'opium dans un laboratoire de biochimie pour tenter de découvrir par élimination le fragment qui contient ladite vertu dormitive.

Une meilleure réponse à la question du docteur eût comporté non l'opium seul, mais la relation entre l'opium et ses consommateurs: en d'autres termes, l'explication dormitive déforme en fait la vérité, mais ce qui, à mon sens, est important, c'est que les explications dormitives permettent tout de même l'abduction. Ayant énoncé ce principe général que l'opium contenait une vertu dormitive, on peut également employer ce genre de formulation pour quantité d'autres phénomènes. On peut dire, par exemple, que l'adrénaline contient une vertu stimulante et la réserpine une vertu tranquillisante. Ce qui nous donne, quoique de façon imprécise et épistémologiquement inacceptable, une prise pour saisir un grand nombre de phénomènes qui ont l'air d'être formellement comparables. Et ils sont, en effet, formelle-

ment comparables dans la mesure où le fait d'invoquer une vertu à l'œuvre à l'intérieur d'un composant constitue précisément l'erreur commise dans chacun des cas.

Il n'en reste pas moins qu'en fait d'histoire naturelle – et nous nous intéressons autant à l'histoire naturelle qu'à l'épistémologie au sens strict – l'abduction est d'un grand secours et l'explication formelle est souvent assommante. « L'homme pense en deux sortes de termes: d'une part, les termes naturels, partagés avec les animaux; d'autre part, les termes conventionnels (logiques), réservés aux seuls hommes<sup>1</sup>. »

Ce chapitre a passé en revue comment, de la combinaison d'informations de différentes sortes ou provenant de sources différentes, pouvait résulter quelque chose qui est plus qu'une addition. L'ensemble est ici plus grand que la somme de ses parties, parce que leur combinaison n'est pas une simple addition, mais bien quelque chose de la nature d'une multiplication, ou d'un fractionnement, ou encore de la création d'un « produit » logique: l'éclat momentané d'une illumination<sup>a</sup>.

Pour compléter ce chapitre, et avant même d'essayer de dresser une liste des critères du processus mental, il convient d'examiner rapidement cette structure d'une manière à la fois plus personnelle et plus universelle.

J'ai constamment maintenu mon langage dans un mode « intellectuel » ou « objectif »; mode qui convient dans de nombreux cas (à proscrire seulement lorsqu'on s'en sert pour éviter d'avoir à reconnaître la position ou les partis pris de l'observateur).

Il n'est pas difficile d'écarter le ton objectif, du moins en partie; on accède à ce changement de mode par des questions comme: « De quoi parle ce livre? » « Qu'est-ce qu'il représente pour moi? » « Qu'est-ce que j'essaie de dire, ou de découvrir? »

La question: « Qu'est-ce que j'essaie de découvrir? » peut recevoir une réponse, contrairement à ce que les mystiques pourraient nous porter à croire. A travers la manière dont la recherche est menée, on peut lire quel type de découverte le chercheur peut atteindre par son chemin; et, à partir de là, soupçonner que la découverte est ce que le chercheur désire secrètement, inconsciemment.

Ce chapitre a défini et illustré la manière d'une recherche, de sorte

1. Guillaume d'Occam, 1280-1349, cité par Warren McCulloch dans *Embodiments of Mind*, MIT Press, 1965.

a. A momentary gleam of enlightenment.



que le moment est venu de poser deux questions : « De quoi suis-je en quête? » « A quelles questions m'ont conduit cinquante années de science? »

La manière de ma recherche est claire pour moi : elle pourrait s'appeler *méthode de comparaison double ou multiple*.

Prenons le cas de la vision binoculaire. J'ai comparé ce qu'on pouvait voir avec un œil et ce qu'on pouvait voir avec les deux yeux, et j'ai noté qu'à comparer ainsi ces deux types de vision, la vision avec deux yeux révélait une dimension supplémentaire appelée *profondeur*. Mais la vision binoculaire est déjà elle-même acte de comparaison. En d'autres termes, ce chapitre n'est qu'une série d'études comparatives de la méthode comparative. La section n° 2, consacrée à la vision binoculaire, comportait une telle étude comparative d'une méthode de comparaison, et la section n° 3 comprenait, à propos de la découverte de Pluton, une autre étude comparative de la méthode comparative. Ainsi, le chapitre tout entier, qui mettait ces éléments en regard, était construit comme un assortiment d'exemples, qui invitait le lecteur à les comparer entre eux pour accéder à une compréhension éclairante.

Enfin, toute cette comparaison de comparaisons a été édiflée pour préparer l'auteur et le lecteur à réfléchir sur les problèmes de l'Esprit Naturel. Là encore, nous rencontrerons des comparaisons créatives. La thèse platonicienne du livre est que l'épistémologie est une métascience indivisible, intégrée, qui a pour objet le monde de l'évolution, de la pensée, de l'adaptation, de l'embryologie et de la génétique – la science de l'« esprit » au sens le plus large du terme<sup>1</sup>.

La comparaison de ces phénomènes (celle de la pensée avec l'évolution et de l'épigenèse avec celle-ci et celle-là) est *la manière de la recherche* pratiquée dans cette science appelée « épistémologie ».

Ou bien, dans la langue de ce chapitre, on peut dire que l'épistémologie est le bénéfice, le « surcroît » qu'on retire de la combinaison des apports<sup>a</sup> de chacune de ces sciences génétiques.

1. Le lecteur aura probablement remarqué que la conscience ne figure pas dans cette liste. Je préfère garder ce mot, non pas comme un terme général, mais spécifiquement pour décrire cette étrange expérience par laquelle les hommes (et peut-être d'autres mammifères) sont parfois conscients des produits de leur perception et de leur pensée, mais inconscients de la plus grande partie des processus.

a. Littéralement : de la combinaison des « compréhensions éclairantes » (*combining insights*).

Pourtant, l'épistémologie sera toujours et inmanquablement *personnelle*. L'extrémité de la sonde est toujours située dans le cœur de l'explorateur : quelle est *ma* réponse à la question de la nature du savoir? Je cède, pour ma part, à la croyance que mon savoir est une petite partie d'un plus vaste savoir intégré qui tisse la toile de la biosphère tout entière, la toile de la création.



*Critères du processus mental*

Cogito, ergo sum.

Descartes, *Discours de la méthode*.

Dans ce chapitre, je vais tâcher de dresser une liste des critères permettant de qualifier sans hésitation d'*esprit*<sup>a</sup> tout ensemble de phénomènes, tout système qui y satisfera. Si je veux comprendre un tel ensemble, je sais que je devrai faire appel à des types d'explications différents de ceux qui suffisent quand il s'agit d'expliquer les caractéristiques de ses parties.

Cette liste est la pierre angulaire du livre tout entier. D'autres critères pourraient sans doute venir s'y ajouter, voire remplacer ou modifier la liste proposée ici. *Les lois de la forme* (*Laws of Form*) de G. Spencer-Brown ou la « théorie des catastrophes » de René Thom entraîneront peut-être une restructuration profonde des fondements de la mathématique et de l'épistémologie. Le présent livre devra durer ou disparaître, non par le contenu particulier de la liste qu'il propose, mais par la validité de l'idée qu'une telle structuration de l'épistémologie, de l'évolution et de l'épigenèse est possible. J'avance que le problème des « rapports du corps et de l'esprit » doit pouvoir se résoudre selon des lignes analogues à celles esquissées ici.

Voici une énumération des critères distinctifs de l'esprit qui me paraissent concourir à fournir cette solution, ceci afin de donner au lecteur un aperçu préliminaire de ce qui est proposé :

1. *Un esprit est un ensemble de parties, ou composants en interaction.*

a. « Esprit » : *mind* ; à rapprocher, bien sûr, de *Vers une écologie de l'esprit* (cf. en particulier, t. II, p. 215-222). Il s'agit là d'une des notions majeures de la pensée de Bateson, et la traduction par le terme d'« esprit » peut prêter à confusion, surtout lorsque ce terme, employé seul et précédé de l'article indéfini, prend des résonances « spirites », absentes dans le texte original (un « esprit », dans ce sens-là, s'appelle *a spirit* en anglais). Il s'agit de prendre conscience que ce système naturel que nous appelons « notre esprit » appartient à une classe de systèmes (dont il n'est qu'un des éléments) dont Bateson va tenter, dans ce chapitre, de donner les propriétés distinctives ; c'est à ce type de systèmes qu'il propose d'étendre l'appellation d'« esprit ». Des formules comme « l'interaction entre les parties d'un esprit... » sont certes gênantes en français, mais il nous a paru impossible de recourir à un autre terme pour rendre le « *mind* » de Bateson. L'adjectif « mental » est également à prendre dans cette extension.



2. *L'interaction entre les parties d'un esprit est déclenchée par la différence*, et la différence est un phénomène non matériel, auquel on ne peut assigner de place dans l'espace ou le temps; la différence est à rapprocher de la néguentropie et de l'entropie plus que de l'énergie.

3. *Le processus mental requiert de l'énergie collatérale.*

4. *Le processus mental requiert des chaînes de détermination circulaires (ou plus complexes).*

5. *Dans les processus mentaux, il faut considérer les effets de la différence comme des transformations<sup>a</sup> (c'est-à-dire des versions codées) d'événements qui les précédaient. Les règles qui régissent de telles transformations doivent être comparativement stables (c'est-à-dire plus stables que le contenu), mais elles sont elles-mêmes sujettes à la transformation.*

6. *La description et la classification de ces processus de transformation révèlent une hiérarchie de types logiques immanente aux phénomènes.*

Je montrerai que les phénomènes que nous appelons *pensée, évolution, écologie, vie, apprentissage* et autres ne se produisent que dans des systèmes qui obéissent à ces critères.

J'ai déjà présenté à deux reprises un matériel considérable pour illustrer la nature du processus mental. Dans le chapitre II, le lecteur a reçu un conseil presque didactique sur la façon de penser; et, dans le chapitre III, il a reçu des indications sur la manière dont les pensées s'agençaient. C'était là le début d'une étude sur la façon de penser la pensée.

Nous allons maintenant nous servir de ces critères pour différencier les phénomènes de *pensée* des phénomènes beaucoup plus simples qu'on appelle *événements matériels*.

CRITÈRE N° 1 : *Un esprit est un ensemble de parties ou de composants en interaction.*

Dans de nombreux cas, certaines parties d'un tel ensemble, satisfaisant elles-mêmes à tous les critères distinctifs, peuvent dès lors être considérées comme des *esprits* ou des *sous-esprits*<sup>b</sup>. Cependant,

a. *Transforms.*

b. *Minds or subminds.*

il existe toujours un niveau de division inférieur tel que les parties qui en résultent, considérées séparément, n'atteignent pas la complexité nécessaire pour les critères de ce que j'appelle « esprit ».

En bref, je ne crois pas que des particules isolées, de niveau inférieur à l'atome, soient des « esprits » au sens où je l'entends, parce que, pour moi, le processus « mental » est toujours une séquence d'interactions *entre* des parties. L'explication de phénomènes « mentaux » doit toujours résider dans l'organisation et l'interaction de parties multiples.

Il pourra paraître superflu à de nombreux lecteurs d'insister sur ce premier critère. Mais le sujet est important, ne serait-ce que pour mentionner et écarter les opinions contraires; et il est plus important encore que je donne les raisons de mon intolérance. Plusieurs penseurs respectables, plus particulièrement Samuel Butler, à qui je dois beaucoup de plaisir et de réflexion, et, plus récemment, Teilhard de Chardin, ont proposé des théories de l'évolution qui considéraient, d'une façon ou d'une autre, quelque effort « mental » comme caractéristique des plus petites particules.

De telles hypothèses font, à mon avis, entrer le surnaturel par la petite porte. Accepter cette notion, c'est pour moi une forme de capitulation; cela revient à dire qu'il y a dans l'univers des nœuds complexes d'action qui sont inexplicables parce qu'ils existent indépendamment de toute complexité qui les supporterait, et dans laquelle on pourrait les supposer imbriqués. Sans différenciation des parties, il ne peut y avoir de différenciation des événements ou des fonctions. Si les particules ne sont pas elles-mêmes différenciées intérieurement, dans leur anatomie individuelle, alors l'apparence de processus complexe ne peut résulter que d'une interaction entre ces particules.

Et, si les particules sont intérieurement différenciées, alors elles *ne* sont *plus* des particules selon ma définition, et je dois m'attendre à trouver des entités encore plus simples qui seront dépourvues de fonctionnement « mental ».

Enfin – mais seulement en dernier ressort –, si Teilhard et Butler ont raison de supposer que les particules n'ont pas de différenciation interne et sont néanmoins dotées de caractéristiques mentales, alors c'est l'explication qui est impossible, et nous, scientifiques, n'avons qu'à fermer boutique et aller à la pêche.

Ce livre tout entier est fondé sur la prémisse que la fonction mentale se situe dans l'interaction de « parties » différenciées. Les « tous » sont constitués de semblables interactions combinées.



Je préfère, en cette matière, suivre Lamarck qui, en posant les postulats d'une psychologie comparée scientifique, a formulé la règle selon laquelle aucune fonction mentale ne peut être attribuée à un organisme dont le système nerveux est insuffisamment complexe<sup>1</sup>.

Autrement dit, la théorie de l'esprit présentée ici est holistique et, comme tout holisme sérieux, est fondée sur la prémisse de la différenciation et de l'interaction de parties.

CRITÈRE N° 2 : *L'interaction entre les parties d'un esprit est déclenchée par la différence.*

Il existe, de toute évidence, de nombreux systèmes constitués de multiples parties, des galaxies aux dunes de sable, en passant par les locomotives pour enfants. Loin de moi l'idée que tous ces systèmes sont des « esprits », ou en contiennent, ou sont engagés dans un processus « mental ». La locomotive peut devenir une partie du système mental qui comprend l'enfant jouant avec elle, et la galaxie peut devenir une partie du système mental qui inclut l'astronome et son télescope. Mais les objets ne deviennent pas pour autant des sous-systèmes pensants au sein de ces systèmes plus vastes. Les critères ne sont valables que lorsqu'ils sont combinés.

Poursuivons maintenant en examinant la nature des relations entre les parties. Comment des parties entrent-elles en interaction pour créer un processus mental ?

Nous rencontrons ici une différence très nette entre la façon dont nous décrivons l'univers matériel ordinaire (le *pleroma* de Jung) et celle dont nous sommes contraints de décrire l'esprit. Le contraste réside en ceci que, pour l'univers matériel, nous pourrions dire communément que la « cause » d'un événement est une certaine force, ou impact, exercée sur une certaine partie du système matériel par une autre partie : Une partie agit sur une autre. Au contraire, dans le

1. *Philosophie zoologique* (1809), première édition, plus spécialement partie III, chap. 1. La page de titre de Lamarck est reproduite ici. [Bateson donne ici la traduction intégrale en anglais du titre de Lamarck, puis poursuit :] Le lecteur remarquera que, même sur la page de titre, Lamarck prend soin d'insister sur l'énoncé exact et articulé des relations entre la « cause physique », l'« organisation », le « sentiment » et l'« intelligence ». (La traduction en anglais des mots français « sentiment » et « intelligence » est malaisée. Je dirais que « sentiment » se rapproche de ce que les psychologues anglophones appelleraient « perception », et « intelligence » se rapproche de ce que nous qualifierions en anglais d'« intellect ».)

# PHILOSOPHIE ZOOLOGIQUE, OU EXPOSITION

Des Considérations relatives à l'histoire naturelle des Animaux ; à la diversité de leur organisation et des facultés qu'ils en obtiennent ; aux causes physiques qui maintiennent en eux la vie et donnent lieu aux mouvemens qu'ils exécutent ; enfin , à celles qui produisent , les unes le sentiment , et les autres l'intelligence de ceux qui en sont doués ;

PAR J.-B.-P.-A. LAMARCK,

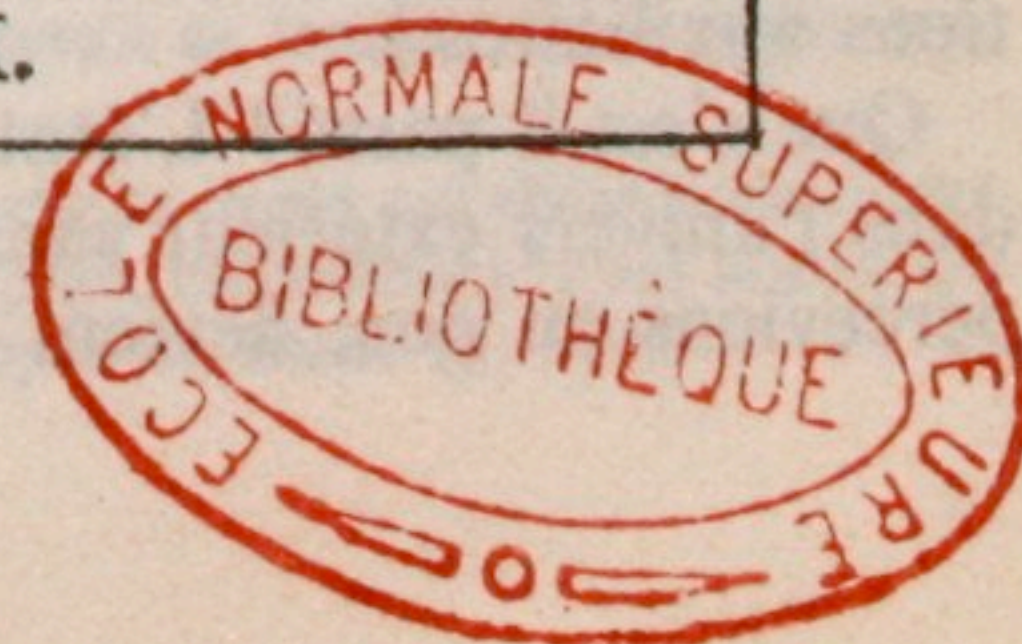
Professeur de Zoologie au Muséum d'Histoire Naturelle, Membre de l'Institut de France et de la Légion d'Honneur, de la Société Philomatique de Paris, de celle des Naturalistes de Moscou, Membre correspondant de l'Académie Royale des Sciences de Munich, de la Société des Amis de la Nature de Berlin, de la Société Médicale d'Emulation de Bordeaux, de celle d'Agriculture, Sciences et Arts de Strasbourg, de celle d'Agriculture du département de l'Oise, de celle d'Agriculture de Lyon, Associé libre de la Société des Pharmaciens de Paris, etc.

TOME PREMIER.

A PARIS,

{ DENTU, Libraire, rue du Pont de Lodi, N° 3;  
Chez L'AUTEUR, au Muséum d'Histoire Naturelle (Jardin  
des Plantes).

M. DCCC. IX.





monde des idées, il faut une *relation*, soit entre deux parties, soit entre une partie dans un premier temps et la même partie dans un second temps, pour activer une certaine troisième partie que nous pouvons appeler le *récepteur*; ce à quoi le récepteur (c'est-à-dire un organe sensoriel terminal) réagit, c'est à une *différence* ou à un *changement*.

Dans le *pleroma* de Jung, il n'y a ni différences ni distinctions : royaume non mental de la description où il n'est jamais nécessaire d'évoquer la *différence* entre deux parties pour expliquer la réaction d'une troisième.

Il est surprenant de constater combien sont rares dans le monde non organique les cas où A réagit à une *différence* entre B et C. Le meilleur exemple que je puisse donner est celui d'une automobile qui franchit un dos-d'âne sur une route. Cet exemple est en tout cas très proche de la façon dont nous avons formulé la définition de ce qui se produit dans les processus de perception par l'esprit. Les deux composants de la différence, externes à l'automobile, sont le niveau de la route et le niveau de la bosse. La voiture se rapproche de ceux-ci avec sa propre énergie de mouvement et elle bondit en l'air sous l'impact de la différence, usant de sa propre énergie pour réagir. Cet exemple contient un certain nombre de traits qui rappellent beaucoup ce qui se produit lorsqu'un organe sensoriel réagit à de l'information ou en recueille.

Le sens du toucher est l'un des plus primitifs et des plus simples, et l'on peut facilement illustrer la nature de l'information sensorielle en s'en servant comme exemple. Quand je donne un cours, je fais généralement une grosse marque de craie sur le tableau noir, en écrasant quelque peu la craie sur le tableau pour donner à la marque une certaine épaisseur. J'ai alors sur le tableau quelque chose qui ressemble à la bosse sur la route. Si je pose verticalement mon doigt, qui est une zone de perception tactile, sur la marque blanche, je ne sens rien. Si, en revanche, je déplace mon doigt, et que je le fais glisser sur la marque, la différence de niveau devient tout à fait manifeste. Je sais exactement où se trouve le bord de la marque, si elle est abrupte ou progressive, etc. (Tout ceci suppose que j'aie une connaissance exacte de la localisation et de la sensibilité de l'extrémité de mon doigt, connaissance qui exige de nombreuses informations auxiliaires.)

Que s'est-il passé? L'état statique, inchangé, qui est censé exister dans l'univers extérieur sans tenir aucun compte du fait que nous le percevions ou non, devient la cause d'un événement, d'une rupture,

d'un changement net dans les relations existant entre l'extrémité de mon doigt et la surface du tableau noir. Mon doigt glisse sans heurts sur la surface inchangée jusqu'à ce qu'il rencontre le bord de la marque blanche. A ce moment *dans le temps*, apparaît une discontinuité, une rupture; tout de suite après, une rupture inverse, lorsque mon doigt quitte la marque de craie.

Cet exemple, typique de toute expérience sensorielle, nous montre comment notre système sensoriel, et sûrement celui de toutes les autres créatures (y compris les plantes?), et les systèmes mentaux qui se cachent derrière les sens (c'est-à-dire les parties de systèmes mentaux qui se trouvent à l'intérieur des êtres vivants) ne peuvent fonctionner qu'avec des *événements*, que nous pouvons appeler *changements*.

Ce qui ne change pas est imperceptible sauf si nous décidons de nous déplacer par rapport à lui.

Dans le cas de la vision, nous pensons, il est vrai, voir ce qui ne change pas. Nous voyons ce qui ressemble au tableau noir immobile, sans trace de craie, et non pas seulement les contours de la marque. Mais, en réalité, nous faisons sans cesse avec les yeux ce que je faisais avec le bout du doigt : notre pupille est affectée d'un tremblement continu, appelé *micronystagmus*.

La pupille vibre dans un arc de quelques secondes et oblige donc l'image rétinienne à se déplacer par rapport aux cônes et aux bâtonnets qui sont les organes sensoriels terminaux. Les organes terminaux reçoivent donc en permanence des événements qui correspondent aux *contours* du monde visible. Nous traçons des distinctions<sup>a</sup> : nous les faisons apparaître, nous les explicitons. Les distinctions qui ne sont pas explicitées n'existent pas. Elles sont perdues à tout jamais, comme le bruit de l'arbre qui tombe et que l'évêque Berkeley n'entendait pas<sup>1</sup>. Elles font partie du « corporel » de William

1. L'évêque avançait que seul ce qui est perçu est « réel » et que l'arbre qui tombe sans qu'on l'entende ne fait pas de bruit. J'ajouterais que les différences latentes, c'est-à-dire celles qui pour une raison quelconque ne créent pas de différence, ne sont pas de l'*information*, et que les « parties », les « tous », les « arbres » et les « bruits » n'existent en tant que tels qu'entre guillemets. C'est *nous* qui distinguons l'« arbre » de l'« air » et de la « terre », le « tout » de la « partie », etc. Mais il ne faut pas non plus oublier que l'« arbre » est vivant et donc capable de recevoir certains types d'information; lui aussi peut distinguer l'« humide » du « sec ».

Dans ce livre, j'ai souvent utilisé des guillemets pour rappeler ces vérités au lecteur. Rigoureusement parlant, chaque mot de ce livre devrait se trouver entre guillemets, comme ceci : « cogito » « ergo » « sum ».

a. *We draw distinctions* : Bateson joue ici sur le verbe *to draw*, qui signifie aussi bien « tirer » (des conclusions) que « tracer, dessiner » (un plan, un contour) : c'est le sens qui apparaît dans la note subpaginale de Bateson à propos de Blake (p. 104).



Blake : « Personne ne connaît le lieu de son séjour : il est dans l'illusion, son existence est une imposture <sup>1</sup>. »

Comme on le sait, il est difficile de détecter un changement graduel parce que notre sensibilité (élevée) au changement rapide s'accompagne du phénomène d'accoutumance : les organismes s'habituent. Pour faire la distinction entre ce qui change lentement et ce qui ne change pas (l'imperceptible), il nous faut des informations d'une sorte différente; nous avons besoin d'une horloge.

Il est encore plus difficile d'essayer de définir la *tendance* des phénomènes qui, de façon caractéristique, sont changeants. Le temps qu'il fait, par exemple, change constamment – d'heure en heure, de jour en jour, de semaine en semaine. Mais change-t-il d'année en année? Certaines années sont plus humides, d'autres plus chaudes, mais y a-t-il une tendance dans ces hauts et ces bas continuels? Seules des études statistiques, couvrant des périodes plus longues que la mémoire humaine, peuvent nous le dire : en de pareils cas, c'est sur des classes d'années que l'information est requise.

Il nous est de même très difficile de percevoir des changements dans le domaine social, dans notre environnement, etc. Combien de personnes sont conscientes de l'incroyable diminution du nombre de papillons dans nos jardins? Ou du nombre d'oiseaux? La faune subit un changement radical, mais nous sommes habitués au nouvel état de choses avant même que nos sens aient pu nous en signaler la nouveauté.

La feinte du boxeur qui, avançant son gauche comme s'il allait frapper, ne frappe pas, a pour but de nous faire croire que son gauche ne frappera pas jusqu'au moment où il nous frappe : la surprise est désagréable.

Il n'est pas dépourvu d'importance que nous soyons presque toujours inconscients de la tendance de nos changements d'état. Une fable quasi scientifique raconte que, si vous arrivez à faire asseoir tranquillement une grenouille dans une casserole contenant de l'eau froide et que vous augmentez la température très lentement et progressivement, de manière qu'aucun moment ne soit *marqué* comme celui où elle devrait bondir dehors, eh bien, elle ne sautera

1. *Catalogue de l'année 1810*. Blake dit ailleurs : « Les hommes sages voient les contours et par conséquent, les dessinent. » Il utilise le mot « *draw* » (dessiner) dans un sens différent du nôtre, lorsque nous disons : « *draw distinctions* » (établir des distinctions, les expliciter), mais il tire des conclusions semblables. Attneave a démontré que l'information (c'est-à-dire la différence ou la distinction perceptibles) se concentre nécessairement aux contours. Voir Frederick Attneave, *Applications of Information Theory to Psychology*, New York, Holt, Rinehart and Winston, 1959.

jamais. Elle cuira. L'espèce humaine, qui change son propre environnement en augmentant progressivement la pollution et se dégrade l'esprit en détériorant lentement la religion, l'éducation, se trouve-t-elle assise dans une telle casserole?

Mais je ne m'occupe pour l'instant que de comprendre comment l'esprit et le processus mental doivent *nécessairement* fonctionner. Quelles sont leurs limites? De plus, du fait même que l'esprit ne peut recevoir que des nouvelles de différence, il est difficile de distinguer entre un *changement lent* et un *état* : il existe nécessairement un seuil en dessous duquel la variation ne peut plus être perçue.

La différence, étant de la même nature que la relation, se situe en dehors du temps ou de l'espace. On dit que la marque blanche est « là », « au milieu du tableau noir », mais la différence entre la marque et le tableau n'est pas « là ». Elle n'est pas dans la marque; elle n'est pas dans le tableau; elle n'est pas non plus dans l'espace compris entre le tableau et la craie. Je pourrais recueillir la craie déposée sur le tableau et l'envoyer en Australie : la différence n'en serait pas détruite pour autant, ni même déplacée, car la différence n'a pas de localisation.

Quand j'efface le tableau, où va la différence? En un sens, la différence est rendue au hasard et disparaît à jamais, comme « je » disparaîtra lorsque je mourrai. En un autre sens, la différence persistera sous forme d'idée, comme faisant part de mon « karma », aussi longtemps que ce livre sera lu, peut-être aussi longtemps que les idées de ce livre continueront à former d'autres idées, qui prendront corps dans d'autres esprits. Mais cette persistante information karmique deviendra une information sur une marque imaginaire, sur un tableau noir imaginaire.

Kant démontra il y a longtemps que ce morceau de craie contenait un million de faits potentiels (*Tatsachen*), mais que seuls quelques-uns d'entre eux deviendraient des faits véritables en ce qu'ils affecteraient le comportement d'entités capables de réactions. Je remplacerais les *Tatsachen* de Kant par les *différences* et soulignerais que le nombre de différences *potentielles* de cette craie est infini, mais que peu d'entre elles deviendront des différences *effectives* (c'est-à-dire des éléments d'information) dans le processus mental d'une entité plus vaste; l'*information* consiste en des différences qui font une différence.

Si j'attire votre attention sur la différence qui existe entre un morceau de craie et un morceau de fromage, vous serez affectés par



cette différence, soit que vous évitiez de manger la craie, soit que vous la goûtiez, pour vérifier mes dires. Sa nature de non-fromage deviendra alors une différence effective. Mais un million d'autres différences, positives ou négatives, internes ou externes à la craie, resteront latentes et ineffectives.

L'évêque Berkeley avait raison, tout au moins en affirmant que ce qui se passe dans la forêt est *dénué de sens* s'il n'est pas là pour en être affecté.

Nous parlons d'un monde de *signification*, un monde total dans lequel certaines particularités et différences, grandes et petites, qui existent dans certaines de ses parties, sont *représentées* dans des relations existant entre d'autres parties de ce monde total. Un changement au niveau de mes neurones ou des vôtres doit représenter tel changement dans la forêt, la chute de cet arbre : non pas l'événement physique, mais seulement l'*idée* de l'événement physique. Et l'*idée* ne se situe ni dans l'espace ni dans le temps, uniquement peut-être dans l'*idée* de l'espace et du temps.

Vient ensuite le concept d'« énergie », dont le référent précis est élégamment dissimulé par les formes contemporaines de l'obscurantisme. Je ne suis pas physicien, ni au courant des derniers développements de la physique moderne, mais je remarque qu'il existe deux définitions ou *aspects* (est-ce bien le mot?) de l'« énergie ». J'ai peine à comprendre ces deux définitions simultanément : elles semblent se contredire. Mais il est de toute façon clair pour moi qu'aucune de ces définitions ne correspond à ce dont je parle.

L'une des définitions affirme que l'« énergie » est du même ordre d'abstraction que la « matière » ; qu'elles sont toutes deux des *substances* et peuvent se convertir l'une en l'autre. Or, la différence n'est justement *pas* une substance.

La deuxième définition est plus ancienne et donne à l'énergie une dimension : masse X vitesse au carré. Or la différence, qui est habituellement un rapport entre deux choses semblables, n'a pas, bien entendu, de dimensions : elle est *qualitative*, non *quantitative*. (Voir chapitre II, qui examine la relation entre quantité et qualité ou structure.)

Pour moi, le mot *stimulus* se réfère à un membre d'une classe d'informations traversant un organe sensoriel. Pour beaucoup de gens, il semble vouloir dire une impulsion ou une projection d'« énergie ».

Si certains lecteurs veulent encore identifier l'information et la

différence à l'énergie, je leur rappellerai que *zéro* est différent de *un* et peut par conséquent susciter une réponse : l'amibe qui a faim, devenant plus active, cherchera de la nourriture ; la plante en pleine croissance cherchera la lumière, et le percepteur sera alerté par la déclaration de revenus que vous n'avez pas envoyée. Les événements *qui ne sont pas* sont différents de ceux qui auraient pu être, et les événements qui ne sont pas ne véhiculent sûrement pas de l'énergie.

CRITÈRE N° 3 : *Le processus mental requiert de l'énergie collatérale.*

Bien qu'il soit clair que les processus mentaux sont déclenchés par la différence (au niveau le plus simple), et que cette différence *n'est pas* de l'énergie ni n'en contient habituellement, il faut tout de même parler de l'énergétique du processus mental parce que tout processus, quel qu'il soit, requiert de l'énergie.

Les choses vivantes sont soumises aux grandes règles de conservation de la physique. Les lois de conservation de la masse et de l'énergie s'appliquent entièrement aux créatures vivantes. Il n'y a ni création ni distraction d'énergie dans le travail de la vie. D'autre part, la *syntaxe* utilisée pour décrire l'énergétique de la vie est différente de celle qu'on utilisait il y a cent ans pour décrire l'énergétique de la force et de l'impact. Cette différence de syntaxe n'est pas autre chose que mon troisième critère du processus mental.

Les physiciens des particules ont tendance aujourd'hui à employer des métaphores empruntées à la vie courante pour décrire ce qui se passe dans les accélérateurs. Il ne fait pas de doute que cette façon de parler est aussi fallacieuse que celle dont je me plains, encore que moins dangereuse. Assimiler la montagne à un homme et parler de son « humeur » ou de sa « rage » ne font pas grand mal. Mais assimiler l'homme à la montagne présuppose que toutes les relations humaines sont ce que Martin Buber pourrait appeler la relation moi-chose ou peut-être chose-chose<sup>a</sup>. La montagne, même personnifiée dans notre discours, ne deviendra pas une personne ; elle *n'apprendra pas* à vivre de manière plus personnelle ; mais l'être humain, si on le dépouille ainsi de sa parole et de sa pensée, risque fort de s'accoutumer à des façons d'agir plus... objectales.

a. I-it, it-it.



Dans le premier paragraphe de cette section, le mot *déclencher* a été employé intentionnellement. La métaphore n'est pas parfaite<sup>1</sup>, mais elle est au moins plus adéquate que toutes les tournures métaphoriques qui cautionnent l'idée d'une énergie contenue dans l'événement stimulus.

Que dit la physique « boule de billard »? Que lorsque la boule A vient frapper la boule B, A *donne* de l'énergie à B, laquelle réagit en *utilisant* l'énergie que A lui a donnée. Voilà l'ancienne syntaxe; elle est foncièrement, profondément, absurde. Les boules de billard, bien sûr, ni ne se « frappent », ni ne « donnent », ni n'« utilisent », ni ne « réagissent ». Ces mots proviennent de l'habitude de personnifier les choses; de cette absurdité on passe aisément à cette autre qu'est la chosification des personnes: et l'on se met à parler ainsi de la « réaction » d'un être vivant à un « stimulus externe », comme s'il s'agissait de quelque chose de semblable à une boule de billard heurtée par une autre!

Lorsque je donne un coup de pied dans une pierre, je lui donne de l'énergie et elle se déplace grâce à celle-ci; lorsque je donne un coup de pied à un chien, il est vrai que mon coup de pied a partiellement un effet newtonien: s'il est assez fort, il peut lancer le chien sur orbite — mais est-ce le fond de la question? Lorsque je donne un coup de pied à un chien, il réagit grâce à l'énergie que lui fournit son métabolisme; dans le « contrôle » de l'action par l'information, l'énergie est déjà disponible chez l'individu réagissant, avant même qu'il reçoive l'impact des événements.

Ce tour, que la vie joue couramment, mais qu'on ne rencontre que rarement dans la matière non « technicisée », c'est celui du robinet, de l'interrupteur, du relais, de la réaction en chaîne, etc., pour ne citer que quelques exemples dans lesquels le monde des non-vivants simule grossièrement la vie véritable.

Dans ces différents cas, l'énergie permettant l'effet ou la réaction était disponible chez le réactant avant que ne se produise l'événement qui l'a déclenchée. Lorsque les jeunes disent qu'ils sont « branchés »

1. La métaphore de l'arme à feu est quelque peu impropre car pour la plupart des armes simples, il n'existe qu'une séquence linéale d'enchaînements énergétiques. La gâchette libère le chien ou percuteur, dont le mouvement est rendu possible, une fois libéré, par l'énergie d'un ressort. Le percuteur frappe une amorce dont l'énergie provient d'une réaction chimique capable de produire une chaleur intense. Celle-ci enflamme la charge principale d'explosif dans la cartouche. Pour les armes à feu qui ne sont pas à répétition, le tireur doit recommencer la chaîne énergétique en introduisant une nouvelle cartouche munie d'une nouvelle amorce. Dans les systèmes biologiques, la fin de la séquence linéale met en place les conditions pour une prochaine répétition.

par certaines expériences visuelles ou sonores, ils emploient une métaphore qui fait presque sens — ne serait-ce encore pas mieux de dire qu'on est « libéré » par la beauté d'une musique ou d'un visage?

Dans le travail de la vie, deux systèmes énergétiques sont en interdépendance de façon caractéristique: le premier utilise son énergie pour ouvrir ou fermer le robinet, la vanne ou le relais; dans le second, l'énergie « passe à travers » le robinet ou le relais lorsqu'ils sont ouverts.

La position « OUVERT » de l'interrupteur donne passage à une énergie venant d'ailleurs: lorsque je tourne le robinet, ce n'est pas le travail que j'effectue ainsi qui aspire ou refoule l'eau; le travail nécessaire à cet effet est effectué par des pompes ou par la pesanteur, dont la force est libérée par l'ouverture du robinet. En « contrôlant » le robinet, je ne fais que « permettre » ou « contraindre »; le courant d'eau reçoit son énergie d'autres sources; je ne fais que partiellement déterminer le parcours que suivra l'eau si jamais elle coule. Mais *le fait* qu'elle coule ou non ne me concerne pas directement.

La combinaison des deux systèmes (mécanisme de décision et source d'énergie) crée une relation qui donne à chacun une autonomie partielle. Vous pouvez conduire un cheval près de l'eau mais vous ne pouvez pas le faire boire: boire, c'est son affaire. Mais, même s'il a soif, il ne pourra pas boire tant que vous ne le conduirez pas au bord de l'eau: l'y conduire, c'est votre affaire.

Mais je simplifie en ne mettant l'accent que sur l'aspect énergétique. Il existe également ce principe général (critère n° 2) que seule la différence peut déclencher la réaction. Il nous faut maintenant combiner ce principe avec ce qui a été dit de la relation caractéristique des sources d'énergie et avec les autres critères du processus mental, nommément, l'organisation en circuits des événements déclenchés, le codage, et la genèse des hiérarchies de signification.

CRITÈRE N° 4: *Le processus mental requiert des chaînes de détermination circulaires (ou plus complexes).*

Si ce qui compte, c'est simplement de survivre, de continuer, coûte que coûte, alors on doit placer les roches les plus dures, comme le granit, au sommet de la liste des entités macroscopiques qui ont réussi: elles ont conservé leurs traits caractéristiques intacts depuis le tout début de la formation de la croûte terrestre, et dans les milieux



les plus variés, des pôles aux tropiques. Énonçons ainsi la tautologie simple de la théorie de la sélection naturelle : « Les propositions descriptives qui restent vraies le plus longtemps restent vraies plus longtemps que celles qui deviennent fausses plus tôt »; alors le granit est une entité qui a mieux réussi que toute autre espèce d'organisme.

Mais la roche n'applique pas les règles du jeu de la même façon que les choses vivantes. La roche, peut-on dire, *résiste* au changement; elle reste là, c'est tout; elle ne change pas. Une chose vivante esquivé le changement, soit en le corrigeant, soit en se changeant elle-même pour s'y adapter, soit en l'assimilant continuellement à son être propre. On peut parvenir à la « stabilité » soit par la rigidité, soit par la répétition continue d'un cycle de petits changements, cycle qui fait revenir au *statu quo ante* après chaque perturbation. La nature évite (temporairement) ce qui ressemble à un changement irréversible en acceptant le changement éphémère. « Le bambou plie sous le vent », dit la métaphore japonaise; et la mort elle-même est esquivée par un rapide passage de l'être individuel à la classe. Ou, si l'on veut personnifier le système, la Nature concède à la Dame à la faux ses victimes individuelles pendant qu'elle leur substitue une entité plus abstraite : la classe, ou *taxon*. Et, pour tuer cette entité-là, la Mort doit travailler plus vite que les systèmes de reproduction des créatures. Enfin, s'il arrive malgré tout que la Mort remporte la victoire sur l'espèce, la Nature dira alors : « C'est justement ce qu'il me fallait pour mon écosystème! »

Tout ceci devient possible par la combinaison des critères de processus mental déjà mentionnés avec le quatrième critère, à savoir que l'organisation des êtres vivants dépend de chaînes de détermination circulaires ou plus complexes. Tous ces critères fondamentaux se combinent pour que réussisse ce mode particulier de survie qui caractérise la vie.

L'idée que la causalité de type circulaire puisse être de grande importance a été généralisée pour la première fois à la fin de la Deuxième Guerre mondiale par Norbert Wiener et peut-être par d'autres ingénieurs qui travaillaient sur la mathématique des systèmes non vivants (c'est-à-dire des machines). On comprendra mieux cette matière par ce diagramme, très simplifié, de machine (figure 8).

Imaginons une machine dans laquelle nous distinguerons, disons quatre parties que j'appellerai, au sens large, « volant », « régulateur », « carburant » et « cylindre ». En outre, la machine est raccordée au monde extérieur de deux façons : « entrée d'énergie » et « charge ».

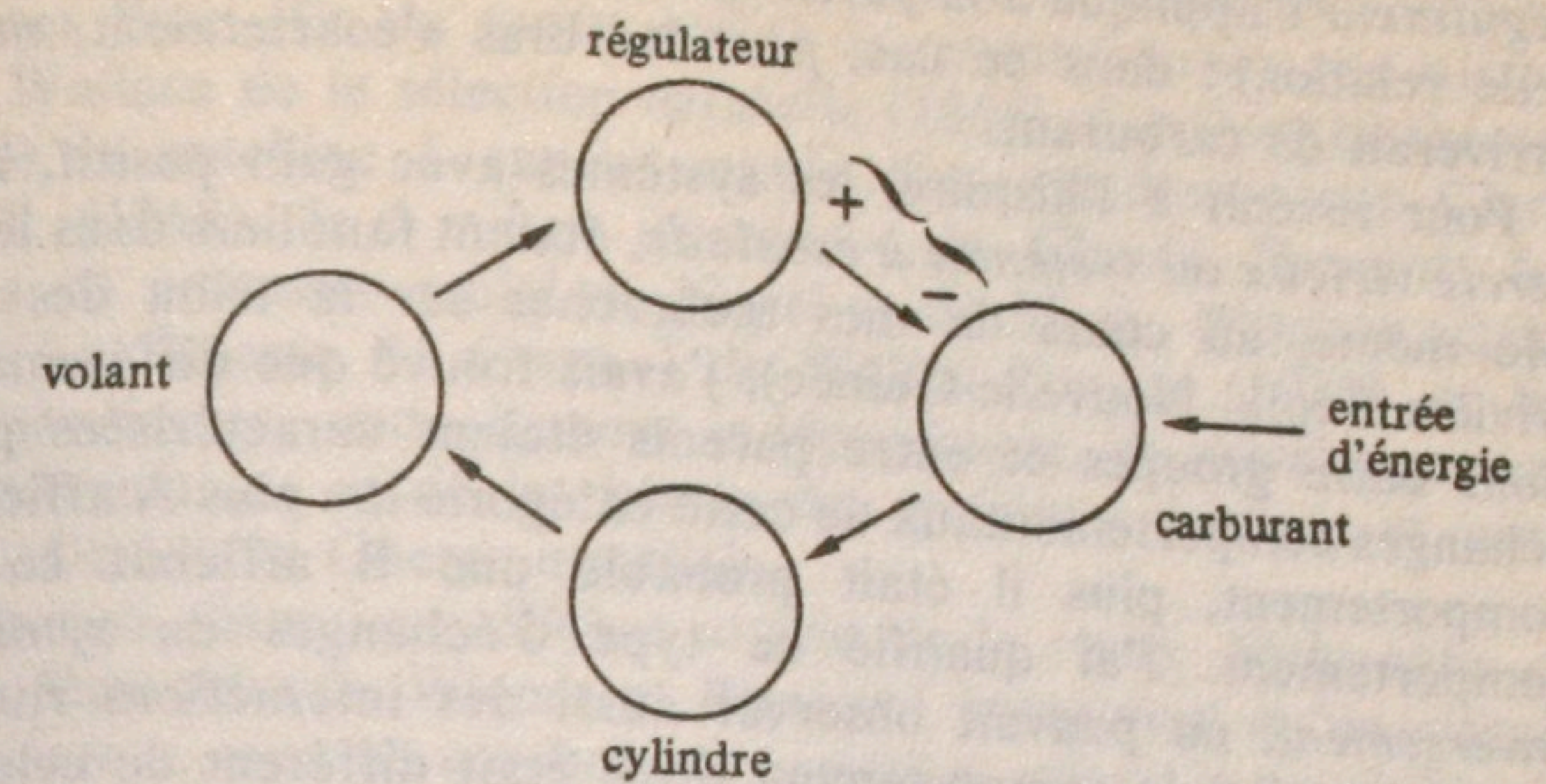


Figure 8

(on peut imaginer que celle-ci est variable et qu'elle est imposée, par exemple, au volant). La machine est circulaire en ce sens que le volant entraîne le régulateur; celui-ci règle l'arrivée du carburant, lequel alimente le cylindre qui, à son tour, entraîne le volant.

Étant donné la circularité du système, les effets d'événements survenant à n'importe quel endroit du circuit peuvent se propager tout autour et produire des modifications au point d'origine.

Dans un tel diagramme, les flèches servent à indiquer la direction de la cause vers l'effet. On peut imaginer diverses combinaisons de types de causalité d'une étape à l'autre. On peut supposer, par exemple, que les flèches représentent des fonctions mathématiques ou des équations qui indiquent les *types d'effet* que les parties successives exercent les unes sur les autres; ainsi, l'angle des bras du régulateur sera exprimé comme une fonction de la vitesse angulaire du volant, et ainsi de suite.

Dans le cas le plus simple, toutes les flèches représentent soit un *gain nul*, soit un *gain positif* (une amplification) d'une pièce vers l'autre; dans ce cas, le régulateur serait relié à l'alimentation en carburant d'une façon qu'aucun ingénieur, du reste, n'approuverait : plus les bras du régulateur s'écarteraient, plus l'apport en carburant augmenterait. Ainsi réglée, la machine *s'emballerait* : elle marcherait de plus en plus vite, exponentiellement, jusqu'à la rupture d'une pièce ou jusqu'à la saturation de la conduite d'arrivée du carburant.

Mais on peut imaginer également que certaines flèches correspondent à des relations en sens inverse entre les différentes parties (c'est d'ailleurs là la façon habituelle de monter un régulateur, et le mot



*régulateur* s'applique à la partie qui fournit la première moitié d'une telle relation) : dans ce cas, plus les bras s'écarteraient, moins il arriverait de carburant.

Pour revenir à l'histoire, les systèmes avec gain positif, appelés *cercle vicieux* ou *systèmes à escalade*, étaient familiers dans le passé. Moi-même, au cours de mes recherches sur la tribu des Iatmul (rivière Sepik, Nouvelle-Guinée), j'avais trouvé que différentes relations entre groupes et entre parents étaient caractérisées par des échanges comportementaux de cette catégorie-là : plus A affichait tel comportement, plus il était probable que B affichât ce même comportement. J'ai qualifié ce type d'échanges de *symétrique*. *Inversement*, on pouvait observer aussi des interactions ritualisées dans lesquelles le comportement de B était différent de celui de A mais *complémentaire*. Dans l'un et l'autre cas, les relations étaient potentiellement soumises à une escalade progressive, que j'ai appelée *schismogénèse*.

Je notai à cette époque qu'on pouvait concevoir que la schismogénèse, qu'elle soit symétrique ou complémentaire, conduisît à l'emballlement puis à la rupture du système : à chaque échange, il y avait un gain positif et un apport d'énergie provenant du métabolisme des personnes concernées, suffisants pour détruire le système dans un accès de rage, d'avidité ou de honte. Il faut peu d'énergie à un être humain pour détruire ses semblables, ou l'agencement d'une société.

Autrement dit, j'étais déjà familiarisé dans les années trente avec la notion d'« emballlement » ; j'avais déjà commencé à classer de tels phénomènes et je réfléchissais même sur de possibles combinaisons entre différentes sortes d'emballlement. Mais, à cette époque, je ne soupçonnais pas qu'il pût exister des circuits de causalité qui contiendraient un ou plusieurs maillons négatifs, et qui pourraient, par conséquent, s'autocorriger. Je ne voyais pas non plus, bien entendu, que les systèmes à emballlement tels que la croissance démographique pouvaient contenir les germes de leur propre autocorrection sous forme d'épidémie, de guerres ou de politiques gouvernementales.

Il faut ajouter que de nombreux systèmes autocorrecteurs étaient déjà connus : on connaissait des cas particuliers, mais le principe restait inconnu. En réalité, l'homme occidental, par la découverte d'exemples répétés et son incapacité à en percevoir le principe sous-jacent, démontrait la rigidité de son épistémologie. Les découvertes et redécouvertes de ce principe comprennent le transformisme

de Lamarck (1809), l'invention du régulateur de machine à vapeur par James Watt (fin du XVIII<sup>e</sup> siècle), la reconnaissance par Alfred Russel Wallace de la sélection naturelle (1856), l'analyse mathématique de la machine à vapeur munie d'un régulateur par Clark Maxwell (1868), le « milieu interne » de Claude Bernard, les analyses du processus social de Hegel et de Marx, *Wisdom of the Body* (« La Sagesse du Corps ») de Walter Cannon (1932), et les différentes étapes, mutuellement indépendantes, du développement de la cybernétique et de la théorie des systèmes, pendant et juste après la Deuxième Guerre mondiale.

Finalement, dans leur célèbre article de la revue *Philosophy of Science*, Rosenblueth, Wiener et Bigelow<sup>1</sup> avançaient qu'un circuit autocorrecteur, avec ses nombreuses variantes, offrait la possibilité de reproduire les actions adaptatives des organismes. Le problème principal de la philosophie grecque, celui du *but*, non résolu depuis deux mille cinq cents ans, était enfin à la portée d'une analyse rigoureuse. Il devenait même possible de construire le modèle de merveilleuses séquences comme celle du chat qui plonge sur une souris en course : son bond s'organise dans l'espace et dans le temps pour se terminer à l'endroit où la souris va se trouver quand le chat atterrira !

Il vaut cependant la peine de se demander au passage si cette réticence à reconnaître le principe fondamental de la cybernétique était simplement due à la paresse innée des hommes, à qui on demandait un changement profond de leurs paradigmes de pensée, ou si d'autres processus avaient empêché d'accepter ce qui nous semble, avec du recul, une idée très simple. L'ancienne épistémologie se renforçait-elle elle-même par des circuits autocorrecteurs, par des circuits à emballlement ?

Un compte rendu assez détaillé sur l'histoire de la machine à vapeur et du régulateur au XIX<sup>e</sup> siècle pourra aider le lecteur à comprendre à la fois les chemins empruntés par les inventeurs et leur aveuglement. Une sorte de régulateur fut en effet adjoint à la machine dès le début, mais les ingénieurs rencontrèrent de grandes difficultés. Ils vinrent se plaindre auprès de Clark Maxwell qu'ils ne

1. Arturo Rosenblueth, Norbert Wiener et Julian Bigelow, « Behavior, Purpose and Teleology », *Philosophy of Science*, t. X, Baltimore, 1943, p. 18-24. Pour la traduction française, voir : « Comportement, Intention, Téléologie », *les Études philosophiques* (numéro consacré à « La cybernétique »), avril-juin 1961, p. 147 sq. (trad. fr. par J. Piquemal).

a. En français dans le texte.



pouvaient dessiner les plans d'un moteur avec régulateur; ils n'avaient aucune théorie pour prévoir comment se comporterait à l'usage la machine qu'ils avaient conçue.

De fait, il y eut plusieurs sortes de comportements: certaines machines s'emballaient: soit leur vitesse augmentait exponentiellement jusqu'à leur destruction, soit elles ralentissaient jusqu'à s'arrêter; d'autres oscillaient, incapables, semblait-il, de se stabiliser d'une façon ou d'une autre; pire encore: d'autres s'embarquaient dans des séquences de comportement où c'était l'amplitude même des oscillations qui fluctuait ou devenait de plus en plus grande.

Maxwell étudia le problème. Il formalisa en équations les relations entre les variables à chaque étape du circuit. Mais il découvrit, comme les ingénieurs l'avaient fait avant lui, qu'en combinant entre elles toutes ces équations on ne pouvait pas résoudre le problème. Finalement, il se rendit compte que l'erreur des ingénieurs était de ne pas prendre en considération le *temps*.

Chaque système comportait des relations avec le temps, c'est-à-dire qu'il était caractérisé par des constantes de temps déterminées par l'*ensemble du système*. Ces constantes n'étaient pas définies par les équations des relations entre les différentes parties: elles étaient des propriétés qui *émergeaient* du système lui-même.

Imaginons un instant que la machine fonctionne normalement, puis soit soumise à une charge: elle doit grimper une côte ou faire fonctionner un appareil accessoire. Immédiatement, la vitesse angulaire du volant tombera. Le ralentissement du volant fera que le régulateur tournera moins vite. Les bras du régulateur, plus lourds, tomberont, réduisant l'angle entre l'axe et les bras. Cet angle diminuant, une plus grande quantité de carburant sera injectée dans le cylindre, et la machine accélérera, changeant la vitesse du volant dans un sens contraire au changement causé par la charge.

Quant à savoir si le changement correcteur corrigera précisément les modifications provoquées par la charge, c'est une question épineuse. N'oublions pas que tout le processus se déroule dans le temps. Dans un premier temps (temps 1), la charge se fait sentir. Le changement de la vitesse du volant *suit* le temps 1. Les changements affectant le régulateur surviennent encore après. Finalement, le message correcteur atteint le volant à un certain temps 2, postérieur au temps 1. Mais le degré de correction a été déterminé par le degré de déviation au temps 1. Au temps 2, la déviation aura déjà changé.

A ce point, notons qu'il s'est produit dans notre description des événements un phénomène très intéressant. En parlant comme si nous

nous trouvions à l'intérieur du circuit, nous avons noté des changements dans le comportement de ses parties dont l'ampleur et la chronologie étaient déterminées par des forces et des impacts qui se produisent entre les composants du circuit. Faisant étape par étape le tour du circuit, mes propos s'enchaînaient selon le modèle: un changement en A détermine un changement en B, etc. Mais, lorsque la description revient au point de départ (arbitrairement fixé), un changement se produit subitement dans cette syntaxe: la description doit maintenant comparer du changement avec du changement, et se servir du résultat de cette comparaison-là pour rendre compte de l'étape suivante.

Autrement dit, un changement subtil est intervenu dans l'objet du discours, que nous appellerons, dans le jargon de la dernière section (critère n° 6), un changement de *type logique*: la différence entre le discours du physicien décrivant comment une variable agit sur une autre et le discours qui traite le circuit comme un *tout* réduisant ou accroissant des différences. Lorsque nous disons d'un système qu'il se trouve dans un « état stable » (c'est-à-dire que, malgré des variations, il conserve une valeur moyenne), nous parlons du système en tant qu'il forme un tout, non des variations qui se produisent à l'intérieur. De même, la question que les ingénieurs posaient à Clark Maxwell concernait le circuit en tant que tout: comment faut-il le concevoir pour parvenir à un état stable? Eux attendaient une réponse en termes de relations entre des variables prises isolément. Or, ce qu'il fallait, et que Maxwell a fourni, c'était une réponse en termes de constantes temporelles affectant le circuit tout entier. Telle était la rupture entre ces deux niveaux de discours.

Les entités et les variables qui occupent le devant de la scène à un niveau de discours disparaissent à l'arrière-plan au niveau immédiatement supérieur ou inférieur. On peut facilement illustrer ce qui précède si l'on considère le référent du mot *interrupteur*, que les ingénieurs appellent tantôt *vanne*, tantôt *relais*. Le courant qui y passe tire son énergie d'une source différente de celle qui ouvre la vanne.

A première vue, l'interrupteur, c'est un petit dispositif sur le mur, qui allume et éteint la lumière; ou bien, pour être pointilleux, nous dirons que la lumière est allumée ou éteinte par la main de l'homme qui « utilise » l'interrupteur, etc.

Mais nous ne nous rendons pas compte que le concept d'« interrupteur » est d'un ordre tout à fait différent des concepts de « pierre », de « table » ou d'autres. Or, un examen plus approfondi nous montre



que l'interrupteur, considéré comme faisant partie d'un circuit électrique, *n'existe pas* lorsqu'il se trouve sur la position « ouvert » : du point de vue du circuit, il n'est pas différent du fil qui aboutit à lui et de celui qui en repart. Il n'est, tout simplement, qu'un « conducteur de plus ». Inversement, mais de la même façon, lorsqu'il est fermé, il n'existe pas non plus du point de vue du circuit : il n'est rien, un espace entre deux conducteurs qui n'existent eux-mêmes comme conducteurs que lorsque l'interrupteur est ouvert.

Autrement dit, l'interrupteur *n'est pas*, sauf au moment de son changement de position, et le concept d'« interrupteur » a par conséquent un rapport spécifique au temps. Il se rattache plus, au fond, à la notion de « changement » qu'à celle d'« objet ».

Les organes sensoriels, comme nous l'avons déjà fait remarquer, ne captent que les nouvelles de la différence; ils ne sont en effet normalement déclenchés que par un changement, c'est-à-dire par des événements ou par ces différences du monde perçu qui peuvent se transformer en événements quand on déplace cet organe sensoriel : autrement dit, les organes sensoriels terminaux sont semblables à des interrupteurs. Ils doivent être « allumés » un simple instant par un impact externe. Cet instant précis est générateur d'une impulsion unique dans le nerf afférent. Le seuil (c'est-à-dire la quantité d'événement nécessaire pour enclencher l'interrupteur) est, bien sûr, une autre question; il peut varier selon de multiples circonstances physiologiques, y compris l'état des organes sensoriels voisins.

La vérité en la matière est que chaque circuit de causalité, que ce soit dans l'ensemble de la biologie, dans notre physiologie, dans notre pensée, dans nos processus neuraux, dans notre homéostasie ou dans les systèmes culturels et écologiques dont nous faisons partie, cache (ou propose) ces confusions et paradoxes qui sont liés à des erreurs et des distorsions dans la hiérarchie des types logiques. Cette question, qui touche à la fois à celle des circuits et à celle du codage (critère n° 5), sera considérée de façon plus détaillée dans l'examen du critère n° 6.

CRITÈRE n° 5 : *Dans les processus mentaux, il faut considérer les effets de la différence comme des transformations (c'est-à-dire des versions codées) de la différence qui les a précédés.*

A ce stade, il nous faut considérer comment les différences examinées dans les commentaires du critère n° 2 et leurs séries

d'effets dans la création d'autres différences deviennent matière d'information, de redondance, de structure, etc. Il nous faut d'abord noter que tout objet, tout événement ou différence dans ce qu'on appelle « le monde extérieur » peut devenir une source d'information à condition d'être incorporé dans un circuit comprenant un réseau approprié d'éléments souples, où il peut provoquer des changements. Dans ce sens, l'éclipse de soleil, l'empreinte d'un sabot de cheval, la forme d'une feuille, l'œil d'une plume de paon peuvent être incorporés dans un esprit pour peu qu'ils ébauchent de telles séries de conséquences.

Donnons maintenant sa plus ample portée à la célèbre phrase de Korzybski selon laquelle *la carte n'est pas le territoire*. Si nous considérons cet énoncé dans la perspective très large où nous nous situons maintenant, nous voyons la carte comme une sorte d'effet qui fait la somme des différences, et organise les nouvelles des différences présentes dans le « territoire ». La carte de Korzybski est une métaphore utile, qui a aidé bon nombre de personnes, mais, si on la réduit à sa plus simple expression, ce principe général ne fait qu'affirmer que l'effet n'est pas la cause.

Cette dernière proposition (le fait qu'il y ait une différence entre l'effet et la cause lorsqu'ils sont tous deux intégrés dans un système suffisamment souple) constitue la première prémisse de cette opération que nous pourrions appeler *transformation* ou *codage*.

On suppose tout naturellement une certaine régularité dans la relation entre l'effet et la cause; sans cela, aucun esprit ne pourrait remonter de la cause à l'effet. Tenant donc pour assurée une telle régularité, nous pouvons continuer en classant les différentes sortes de relations qui peuvent avoir lieu entre l'effet et la cause. Cette classification comprendra plus tard des cas très élaborés, lorsque nous rencontrerons des ensembles complexes d'information, que l'on appellera *structures*, *séquences d'action*, etc.

Une variété encore plus large de transformation ou de codage résulte de ce que l'élément répondant à la différence trouve pratiquement toujours son énergie de façon collatérale (cf. critère n° 3, ci-dessus); il n'est donc pas nécessaire qu'il y ait une relation simple entre la grandeur de l'événement (ou de la différence) qui déclenche la réaction, et cette réaction même qui en résulte.

La première distinction que je voudrais cependant imposer aux innombrables variétés de transformation est celle qui séparerait les cas où la réaction est *graduée* en fonction d'une variable de l'événement déclencheur, de ceux où la réaction se fait par tout ou



rien. Un exemple type du premier cas est celui de la machine à vapeur avec régulateur, où l'angle des bras du régulateur, variant continuellement, a un effet continu sur l'approvisionnement en carburant. Le thermostat d'appartement, au contraire, est un dispositif de type « tout ou rien » : lorsqu'un certain seuil de température est franchi, un interrupteur se déclenche. Nous rejoignons ici la distinction entre les systèmes *analogiques* (à variation continue, en fonction de l'amplitude de l'événement déclencheur) et les systèmes *digitaux*<sup>a</sup> (ceux qui sont du type « tout ou rien »).

Notons que les systèmes digitaux ressemblent plutôt aux systèmes qui contiennent des nombres; tandis que les systèmes analogiques semblent être plus dépendants de quantités. La différence entre ces deux genres de codage est un exemple du principe général examiné au chapitre II : le nombre est différent de la quantité. Il y a discontinuité entre un nombre et son suivant; de même, dans les systèmes digitaux, il y a discontinuité entre « une réaction » et « pas de réaction » : c'est la discontinuité entre « oui » et « non ».

Aux premiers jours de la cybernétique, nous disputions pour savoir si le cerveau était, dans son ensemble, un mécanisme analogique ou digital. Cette discussion a disparu quand on s'est rendu compte que la description du cerveau devait se faire à partir du principe oui/non selon lequel fonctionne le neurone : dans la plupart des cas, le neurone ou bien *est activé*, ou bien *n'est pas activé*; de sorte que, si l'on devait s'en tenir à cela, le système serait purement binaire et digital. Il est toutefois possible de créer, à partir de neurones qui émettent des messages digitaux, des systèmes qui *sembleront* des systèmes analogiques; et ceci tout simplement en multipliant les canaux de communication, de façon qu'un groupe donné de canaux se compose de centaines de neurones dont certains peuvent être activés et d'autres au repos, l'ensemble donnant ainsi l'apparence d'une réaction graduée. De plus, le neurone individuel est influencé par les conditions de son environnement, hormonales ou autres, qui peuvent déplacer son seuil de réponse de façon véritablement quantitative.

Je rappelle toutefois qu'à l'époque, avant que nous nous fussions aperçus du degré auquel les caractéristiques analogiques et digitales pouvaient se combiner en un seul système, tous ceux qui ne cessaient de discuter pour savoir si le cerveau était un système analogique ou

a. Le mot *digital* étant employé ici pour désigner le caractère discontinu, discret, d'un codage, dans une acception plus large que ne le permettrait son habituelle traduction par « numérique », comme la suite va le montrer, nous avons choisi de le conserver en français.

digital avaient des préférences marquées (individuelles et irrationnelles) pour l'un ou l'autre point de vue. J'avais, pour ma part, tendance à préférer les hypothèses qui penchaient vers l'aspect digital, tandis que ceux qui étaient plus influencés par la physiologie, et moins peut-être par le langage et le comportement manifeste, avaient tendance à préférer les explications analogiques.

D'autres classifications des types de codage sont nécessaires pour reconnaître les caractéristiques mentales d'entités très primitives. Dans certains systèmes particulièrement diffus, il n'est pas facile, sinon impossible, de reconnaître les organes sensoriels ou les voies qu'emprunte l'information. Des écosystèmes tels que la plage ou la forêt de séquoias sont, sans aucun doute, des systèmes autocorrecteurs. Si, pendant une année donnée, la population de certaines espèces augmente ou diminue de façon inhabituelle, cette population sera revenue à son niveau normal quelques années après. Mais il n'est pas facile d'identifier une partie du système comme étant l'organe sensoriel qui rassemble les informations et influe sur l'action correctrice. Je pense que de tels systèmes sont quantitatifs et graduels, et que les quantités (sur lesquelles les *différences* donnent des informations) sont en même temps des quantités de ressources nécessaires (nourriture, énergie, eau, lumière solaire, etc.). De nombreuses recherches ont été menées sur les voies empruntées dans de tels systèmes par les flux énergétiques (chaînes alimentaires, ravitaillement en eau). Mais je ne connais aucune étude particulière qui considère ces ressources comme porteuses d'une information qui leur serait immanente. Or, il serait agréable de savoir si les ressources en question sont des systèmes analogiques où la *différence* entre les événements qui se produisent dans un premier tour de circuit et ceux qui se produisent au tour suivant finit par être (comme dans le cas de la machine à vapeur avec régulateur) le facteur décisif du processus d'autocorrection. Lorsque la jeune plante se tourne vers la lumière, la différence d'éclairage influe sur elle : elle pousse plus rapidement du côté sombre, et s'incline pour recevoir plus de lumière – processus, dépendant de la différence, qui remplace pour la plante la locomotion.

Il faut mentionner deux autres formes de transformation ou de codage, car elles sont très simples, de sorte qu'on peut les négliger très facilement. La première est le codage par *gabarit*<sup>a</sup> : dans la croissance de tout organisme, la forme et la morphogénèse qui surviennent

a. *Template coding*.



au point de croissance sont habituellement déterminées par l'état de la surface de croissance au moment où elle croît. Pour prendre un exemple commun, lorsque le tronc d'un palmier grandit, ses côtés restent plus ou moins parallèles de la base au sommet (où se trouve le point de croissance); partout, le tissu générateur, ou cambium, dépose du bois sur la surface du tronc déjà formé; la forme du nouveau dépôt est ainsi déterminée par la forme résultant de la croissance antérieure. De même, dans le cas de la régénération des tissus lésés, il semble que la forme du tissu régénéré et sa différenciation soient déterminées, la plupart du temps, par la forme et la différenciation de la partie coupée. Ceci est peut-être un des cas les plus nets qu'on puisse imaginer de communication « directe »; mais il faut noter que, dans de nombreux cas, la croissance, disons, d'un organe régénéré doit être l'image spéculaire de la situation qui prévaut à l'interface avec les anciens tissus. Si l'interface n'a en fait que deux dimensions et pas de profondeur, l'organe en croissance prendra vraisemblablement cette dimension de profondeur à partir d'une autre source.

L'autre type de communication souvent oublié est la communication *monstrative*. Si je vous dis : « Voilà à quoi ressemble un chat », en vous montrant le chat, je me sers du chat comme d'un élément monstratif de ma communication. Si, marchant dans la rue, je vous vois venir vers moi et que je dis : « Tiens, voilà Bill », j'ai reçu de vous une information monstrative (votre apparence, votre démarche, etc.), que vous ayez eu ou non l'intention de transmettre cette information.

La communication monstrative est particulièrement importante dans l'apprentissage d'une langue. Imaginez une personne qui parle une certaine langue et doit l'enseigner à d'autres individus dans des circonstances où la communication monstrative est strictement limitée. Supposons par exemple que A doive enseigner à B par téléphone une langue tout à fait inconnue de B et qu'ils n'aient aucun autre langage commun. A sera peut-être à même de communiquer à B certaines caractéristiques de ton, de rythme, voire de grammaire; mais il lui sera tout à fait impossible de dire à B ce que chaque mot « signifie » (ce mot étant pris dans son sens courant). Pour B, les substantifs et les verbes ne seront que des entités grammaticales, et non des noms d'objets identifiables. En revanche, l'intonation, la suite des propositions, etc., présentes dans la succession des sons transmis par téléphone pourront être désignées, donc enseignées à B.

La communication *monstrative* est peut-être pareillement nécessaire dans l'apprentissage de toute transformation, de tout code. Par

exemple, dans toutes les expériences d'apprentissage, le fait de donner ou non un renforcement est une méthode approximative pour montrer la bonne réponse. Dans le dressage des animaux de cirque, on utilise différents moyens pour montrer ce que l'on veut avec plus de précision; le dresseur donne, par exemple, un bref coup de sifflet au moment précis où l'animal fait ce qu'il doit faire : il se sert donc, dans l'apprentissage, des réactions de l'animal lui-même comme d'exemples monstratifs.

Une autre forme, très primitive, de codage monstratif est le codage de la *partie pour le tout*. Par exemple, lorsque je vois un séquoia qui se dresse vers le ciel, je sais que, dans le sol, je trouverai des racines; ou si j'entends le début d'une phrase, je connais immédiatement la structure grammaticale de ce qui va suivre, et je peux même parfois connaître un certain nombre de mots et d'idées qui y seront présents. Nous vivons dans un monde où nos perceptions ne sont peut-être jamais que des perceptions de *parties*, et ce que nous imaginons être des « tous » se confirme ou s'infirme comme tel au fur et à mesure que se présentent à nous de nouvelles parties. Il est possible que les *touts* ne puissent jamais se présenter à nous : cela impliquerait une communication directe.

CRITÈRE N° 6 : *La description et la classification des processus de transformation révèlent une hiérarchie de types logiques immanente aux phénomènes.*

Dans cette section, deux objectifs seront visés : d'abord, faire comprendre au lecteur les notions de « types logiques » et autres notions apparentées qui, sous diverses formes, intriguent les hommes depuis au moins trois millénaires; ensuite, persuader le lecteur que ce dont je parle représente un trait caractéristique des processus mentaux et même un trait fondamental. Aucun de ces objectifs n'est vraiment simple, mais, comme disait Blake : « On n'arrive jamais à dire la vérité de façon qu'elle soit compréhensible mais incroyable. » C'est pourquoi ces deux objectifs n'en font qu'un seul : montrer la vérité afin qu'elle soit comprise; encore que je sache pertinemment que dire la vérité pour qu'elle soit comprise est un exploit particulièrement difficile dès lors qu'il s'agit d'un domaine vraiment important de la vie – exploit que Blake lui-même n'a réussi que rarement.



Je commencerai par un exposé abstrait de mes idées, puis je poursuivrai par des exemples assez simples qui les illustreront; enfin, j'essaierai de faire sentir l'importance de ce critère en rapportant des cas où la distinction entre différents niveaux de communication a été si brouillée et si faussée qu'il en est résulté différents types de frustration et de processus pathologiques.

Dans le cadre de l'exposé abstrait de mes idées, considérons le cas d'une relation très simple entre deux organismes: l'organisme A émet un certain son ou présente une certaine posture à partir desquels B peut apprendre quelque chose sur ce qui, dans l'état de A, a rapport à sa propre existence: il peut s'agir d'une menace, d'une avance sexuelle, de l'annonce d'une recherche de nourriture ou d'une indication d'appartenance à la même espèce. J'ai déjà noté dans mes commentaires sur le codage (critère n° 5) qu'aucun message, en aucune circonstance, n'est ce qui l'a provoqué. Il y a toujours une relation partiellement prévisible, donc assez régulière, entre message et référent; mais cette relation n'est en fait jamais directe ni simple. Si, par conséquent, B doit se servir des indications de A, il est absolument nécessaire qu'il sache ce que ces indications signifient. Apparaît ainsi une autre *classe* d'informations que B doit assimiler: ce sont les informations qui renseignent B sur le codage des messages ou des indications venant de A. Les messages de cette classe se rapportent donc, non pas à A ou à B, mais au codage des messages qu'ils émettent: ils sont d'un type logique différent. Je les appellerai des *métamessages*. De même, au-delà des messages relatifs au simple codage, il en est d'autres beaucoup plus subtils: ces messages-là deviennent nécessaires du fait que les codes eux-mêmes sont conditionnels; c'est-à-dire que la signification d'un type donné de comportement ou d'émission sonore change en fonction du *contexte* et surtout en fonction de l'évolution de la relation entre A et B. Si, à un moment donné la relation devient ludique, la signification de bien des signaux en sera modifiée. On peut observer que cela est vrai aussi bien chez l'animal que chez l'homme. Et c'est cette constatation qui m'a conduit à la recherche dont est sortie l'explication de la schizophrénie par la théorie dite de la *double contrainte*<sup>a</sup>, et finalement à toute l'épistémologie exposée dans ce livre. Par sa fuite même, un zèbre peut indiquer à un lion la nature du contexte de leur rencontre, de sorte qu'il est possible qu'un lion rassasié lui donne la chasse. Mais un lion affamé n'a pas besoin, lui, d'une telle désignation de contexte

a. *Double bind*.

particulier: il a appris depuis longtemps qu'on pouvait manger les zèbres. A moins que cette leçon remonte si loin qu'elle n'ait pas eu besoin d'être apprise: certaines parties de ce qu'il faut nécessairement connaître étaient-elles innées?

Il faut considérer l'ensemble des phénomènes par lesquels des messages rendent compréhensibles d'autres messages en les situant dans un contexte; mais il faut aussi avoir à l'esprit qu'en l'absence de tels messages de métacommunication, il reste la possibilité que B soit guidé par des mécanismes génétiques, pour attribuer un contexte au signal émis par A.

C'est peut-être à ce niveau abstrait que se rencontrent apprentissage et génétique. Les gènes peuvent peut-être influencer sur un animal en déterminant comment il percevra et classera les contextes de son apprentissage; mais les mammifères au moins sont capables d'*apprendre* à interpréter ce contexte.

Ce que nous appelons habituellement le *caractère*, c'est-à-dire le système d'interprétation que nous projetons sur les contextes que nous rencontrons, peut être l'œuvre à la fois de la génétique et de l'apprentissage.

Tout ceci présuppose l'existence de *niveaux* dont je vais essayer d'éclaircir la nature. Commençons donc par faire la différence entre l'action qui se déroule dans un contexte et l'action ou le comportement qui définit le contexte ou le rend compréhensible. Pendant longtemps, j'ai appelé ce dernier type de communication *métacommunication*, empruntant ce terme à Whorf<sup>1</sup>.

Une fonction, un effet du métamessage, est en fait de classer les messages qui sont émis dans son contexte: où la théorie que nous proposons rejoint les travaux que Russell et Whitehead firent durant les dix premières années de ce siècle, et qui furent finalement publiés en 1910 sous le titre *Principia mathematica*<sup>2</sup>. Ce à quoi s'affrontaient Russell et Whitehead était un problème fort abstrait: il fallait sortir la logique des embrouillaminis dans lesquels l'avaient engagée les *types logiques*, ainsi que Russell les avait appelés, à la suite d'un traitement mathématique maladroit. Je ne saurais dire si Russell et Whitehead, lorsqu'ils travaillaient sur les *Principia*, avaient la moindre idée de l'importance cruciale qu'avait leur objet de recherche pour les êtres

1. B. L. Whorf, *Language, Thought and Reality*, John B. Carroll (ed.), Cambridge (Mass.), MIT Press, 1956. Trad. fr.: *Linguistique et Anthropologie*, traduit par C. Carme, Paris, Denoël, coll. « Bibliothèque Médiations », 1969.

2. A.N. Whitehead et B. Russell, *Principia mathematica*, 2<sup>e</sup> éd., Cambridge University Press, 1910-1913.



humains ou pour d'autres organismes. Whitehead savait certainement qu'on pouvait amuser lesdits êtres humains et faire de l'esprit en jouant sur les types logiques, mais je doute qu'au-delà du plaisir qu'il pouvait y prendre, il se soit aperçu que ce n'était pas un jeu trivial et qu'il pouvait éclairer la biologie tout entière. Sa portée générale fut esquivée peut-être parce que inconsciemment on savait qu'elle conduisait à envisager la signification de certains dilemmes humains.

Le simple fait de l'humour, dans les relations humaines, indique, au moins à ce niveau biologique, que la multiplicité des types logiques est essentielle à la communication humaine. Sans distorsions dans les types logiques, l'humour n'aurait pas lieu d'être et ne pourrait peut-être pas même exister.

Même à un niveau très abstrait, les phénomènes provoqués par ces types logiques ont fasciné les penseurs comme les imbéciles, depuis des milliers d'années. Mais il fallait délivrer la logique des paradoxes qui font la joie des amuseurs. Dans cette optique, une des premières choses que Russell et Whitehead ont observées était que l'ancien paradoxe d'Épiménide (« Épiménide était un Crétois qui disait : "Tous les Crétois sont menteurs" ») était une question de classification et de métaclassification. J'ai présenté ici ce paradoxe sous la forme d'une citation dans une citation, et c'est précisément cette structure qui engendre le paradoxe. La grande citation assigne une classe à la petite, qui prend le dessus et assigne à son tour une classe à la plus grande, créant ainsi la contradiction. Lorsque nous nous demandons : « Épiménide disait-il la vérité ? », la réponse est à la fois : « non, si c'est oui », et « oui, si c'est non ».

Norbert Wiener faisait remarquer que, si on soumettait le paradoxe d'Épiménide à un ordinateur, la réponse serait OUI... NON... OUI... NON... jusqu'à ce que l'ordinateur soit à cours d'encre ou d'énergie, ou rencontre quelque autre limite. Comme je l'ai noté dans la sixième section du chapitre II, la logique ne peut donner de modèle pour des systèmes où intervient la causalité, et les paradoxes apparaissent lorsqu'il n'est plus tenu compte du temps.

Quand, observant un organisme vivant, nous commençons à nous poser des questions sur ses actions et ses comportements, nous nous trouvons face à un tel réseau, un tel entrelacs de messages que les problèmes théoriques présentés dans le paragraphe précédent s'obscurcissent. Dans une énorme masse d'observations interdépendantes, il devient extrêmement difficile de dire si tel message ou telle position des oreilles est, en fait, *méta* par rapport à telle autre observation

comme, par exemple, plier les pattes de devant ou mettre la queue dans telle position.

Sur la table, en face de moi, se trouve un chat endormi. Pendant que je dictais ces dernières lignes, le chat a changé de position : il dormait sur le côté droit, la tête tournée du côté opposé au mien, ses oreilles dans une position qui n'indiquait pas de vigilance, les yeux fermés, les pattes de devant repliées sous son corps – une attitude très coutumière chez le chat. De fait, tout en parlant, j'observais le comportement du chat : il tourna la tête vers moi, les yeux toujours fermés ; la respiration changea un peu, les oreilles se mirent dans une position de semi-vigilance ; et il me sembla, à tort ou à raison, qu'il était toujours endormi mais conscient maintenant d'être l'objet de ce que je dictais. Ce surcroît d'attention survint *avant* que je ne mentionne mon chat, c'est-à-dire avant que je ne commence à dicter ce paragraphe-ci. *Maintenant*, alors que j'en ai parlé suffisamment, il a reposé la tête, le museau entre les pattes de devant et ses oreilles ne sont plus en état d'alerte : il a décidé que, après tout, son implication dans la conversation n'avait guère d'importance.

En observant cette séquence de comportement d'un chat, et la séquence de mon propre examen de cette séquence (car, en fin de compte, le système dont nous parlons n'est pas uniquement le chat, mais l'homme et le chat, et devrait peut-être même être considéré de façon encore plus complexe, comme « l'homme-observant-l'homme-observant-le-chat-observant-l'homme »), on remarque une hiérarchie de composants contextuels aussi bien qu'une hiérarchie cachée au sein du très grand nombre d'indications que fournit le chat à son sujet.

Ce qui semble se passer, c'est que les messages provenant du chat sont intriqués en un réseau complexe, de sorte que le chat lui-même serait surpris s'il pouvait découvrir combien il est difficile de démêler cet écheveau. Un autre chat le ferait sans aucun doute mieux qu'un humain. Mais, pour l'être humain – et même l'éthologiste averti en est souvent surpris –, les relations entre les signaux qui composent ce réseau sont obscures. Cependant, en rassemblant tous ces morceaux, l'humain « comprend » le chat *comme* s'il savait réellement ce qui se passe ; il forme des *hypothèses* qui sont continuellement vérifiées ou corrigées par des actes moins ambigus de l'animal.

La communication entre espèces met toujours en jeu une série de contextes d'apprentissage, chaque espèce se corrigeant continuellement quant à la signification du contexte précédent.

En d'autres termes, les métarelations entre signaux particuliers



peuvent bien s'embrouiller, une signification réelle peut néanmoins émerger au niveau d'abstraction immédiatement supérieur<sup>1</sup>.

Dans certains contextes de comportement animal ou de relations entre l'homme et l'animal, les niveaux sont discriminés jusqu'à un certain point, non seulement par l'homme mais également par l'animal. J'illustrerai ceci par deux exposés. Le premier sera une discussion des expériences classiques de Pavlov sur la névrose expérimentale, et le deuxième, un compte rendu des recherches sur la relation entre homme et dauphin, auxquelles j'ai participé à l'*Oceanic Institute* à Hawaii. Ces deux cas sont opposés : dans le premier, l'embrouillamini conduit l'animal à la pathologie, tandis que, dans le second, l'animal finit par transcender les types logiques.

L'expérience de la névrose expérimentale<sup>a</sup> se déroule de la façon suivante : on dresse un chien (habituellement un mâle) à réagir de façon spécifique à deux « stimuli conditionnés » alternatifs, par exemple un cercle et une ellipse. En réponse à X, il doit avoir un comportement A ; et en réponse à Y, un comportement B. Si les réponses du chien présentent cette différenciation, on dira qu'il « discrimine » entre les deux stimuli : on le « renforce » alors positivement, ou, dans le langage pavlovien, on lui donne un « stimulus inconditionné » consistant en de la nourriture. Dès que le chien est capable de faire la discrimination, la tâche est rendue un peu plus difficile par l'expérimentateur : il arrondit l'ellipse ou aplatit le cercle, de sorte que la différence entre les deux objets stimulants devienne moins nette. Dès lors, le chien devra faire un effort supplémentaire pour les distinguer, mais, lorsqu'il y parviendra, l'expérimentateur rendra de nouveau les choses plus difficiles en modifiant les formes de la même façon. D'étape en étape, le chien est amené à une situation où il ne peut plus faire la discrimination entre les deux objets. A partir de ce moment, si l'expérience a été menée avec une rigueur suffisante, le chien peut se mettre à manifester divers symptômes : mordre son gardien, refuser toute nourriture, devenir désobéissant, tomber dans un état comateux, etc. Les symptômes que présente le chien dépen-

1. Nous rappelons ici au lecteur ce qui a été dit à propos de l'erreur du lamarckisme (chapitre II, section n° 7). Lamarck soutenait que le milieu pouvait influencer directement sur les gènes d'un individu isolé, ce qui n'est pas vrai. C'est une proposition de type logique immédiatement supérieur qui est vraie, à savoir que le milieu a effectivement un impact direct sur le patrimoine génétique collectif d'une population.

a. Le lecteur sera peut-être surpris d'apprendre que des chiens puissent être névrosés, et même (plus loin) psychotiques. Qu'il garde à l'esprit que ces termes, comme celui de « schizophrénie », ont, aux États-Unis, une extension beaucoup plus large.

dent, dit-on, de son « tempérament » : les chiens émotifs choisissent tel symptôme, les chiens léthargiques, tel autre.

Dans l'optique de ce chapitre, nous devons maintenant examiner les deux explications classiques successives rendant compte des deux étapes de l'expérience et voir en quoi elles sont différentes. L'une d'elles est : « le chien discrimine les deux stimuli » ; l'autre : « la capacité de discrimination du chien est mise en échec ». Il y a là un saut : le scientifique passe d'une affirmation relative à un ou plusieurs incidents particuliers qu'il peut voir à une généralisation fondée, elle, sur une abstraction – la capacité de discrimination située *au-delà de la vision*, peut-être à l'intérieur du chien. C'est dans ce saut d'un type logique à un autre que réside l'erreur du théoricien. Je peux, dans un sens, voir le chien « discriminer », mais je ne peux pas voir sa capacité de discrimination. On passe là du particulier au général, du membre à la classe. Il me semble qu'on pourrait mieux rendre compte de l'expérience en posant la question : « Qu'est-ce que le chien a appris lors de cet entraînement qui le rend incapable d'accepter l'échec final ? » Et la réponse à cette question serait sans doute : le chien a appris qu'il y a là un contexte de discrimination, c'est-à-dire qu'il a appris qu'il doit chercher deux stimuli et qu'il doit chercher comment il est possible d'agir en fonction d'une différence existant entre les deux. C'était là pour le chien la « tâche » qui était assignée, le contexte dans lequel le succès serait récompensé<sup>1</sup>.

De toute évidence, un contexte où il n'y a pas de différence perceptible entre deux stimuli n'est pas un contexte permettant une discrimination. Je suis sûr que l'expérimentateur pourrait provoquer une névrose en utilisant toujours un seul et même objet et en décidant à pile ou face si cet objet doit être considéré en tant que X ou en tant que Y. Autrement dit, la façon correcte de réagir pour le chien serait d'avoir une pièce de monnaie et de décider à pile ou face le comportement à adopter ; malheureusement, le chien n'a pas de poche où il pourrait mettre sa monnaie ; de plus, il a été soigneusement entraîné à une situation qui devient finalement trompeuse. Il a été en effet dressé à attendre un contexte de discrimination. Il applique donc cette interprétation même lorsque le contexte n'est plus un contexte de discrimination. Or, on lui a appris à *ne pas* faire de discrimination entre deux classes de contextes. Il reste donc dans l'état *défini au départ par l'expérimentateur* : dans l'incapacité de distinguer les contextes.

1. Je souligne que cette formulation extrêmement anthropomorphique n'est pas moins « objective » que la formulation théorique *ad hoc* relative à la discrimination.



Du point de vue du chien (consciemment ou non), apprendre à reconnaître un contexte est une chose, apprendre à faire une chose en réponse à X et telle autre chose en réponse à Y en est une autre. Pour passer d'un type d'apprentissage à l'autre, il y a un saut, une solution de continuité.

Le lecteur peut désirer connaître, au passage, quelques-unes des données qui vont dans le sens de l'interprétation que je propose.

En premier lieu, le chien ne présentait aucun comportement psychotique ou névrotique au début de l'expérience, lorsqu'il ne savait pas encore discriminer, ne discriminait d'ailleurs pas et commettait fréquemment des erreurs. Cette situation ne « mettait pas en échec sa capacité de discrimination » parce qu'il n'en avait pas, tout comme à la fin sa capacité de discrimination ne pouvait pas « être mise en échec » puisque, en fait, on ne la sollicitait pas.

En deuxième lieu, un chien naïf, qu'on place de manière répétée dans des situations où un stimulus X signifie quelquefois qu'il doit réaliser un comportement A et quelquefois un comportement B, va se mettre à deviner. On ne lui a pas appris à ne pas deviner : ce qui veut dire qu'on ne lui a pas appris que les contextes de la vie sont tels que les devinettes leur sont inappropriées. Or, un tel chien finira par reproduire approximativement la fréquence de réponse adéquate. C'est-à-dire que, si l'objet stimulus correspond dans 30 % des cas à A et dans 70 % des cas à B, le chien finira par montrer un comportement A dans 30 % et B dans 70 % des cas. (Mais il n'agira pas comme un bon joueur qui jouerait B dans tous les cas.)

En troisième lieu, lorsqu'on retire les animaux du laboratoire et qu'on leur envoie les renforcements et les stimuli à distance, sous la forme, par exemple, de décharges électriques transmises au moyen de longs câbles accrochés à des perches – empruntées à Hollywood –, ils ne présentent aucun symptôme. Après tout, les décharges sont du même ordre de douleur que celle que tout animal pourrait éprouver en se faufilant dans un buisson de ronces; les décharges ne sont contraignantes que dans le contexte du laboratoire où d'autres détails tels que l'odeur, la table de laboratoire sur laquelle il se trouve, etc., deviennent des stimuli auxiliaires indiquant à l'animal que, dans ce contexte-là, il doit continuer à faire ce qui « convient ». Il est vrai que l'animal découvre petit à petit la nature des expériences de laboratoire; il en est d'ailleurs de même pour l'étudiant : le sujet expérimental, qu'il soit humain ou animal, est en présence d'un véritable bombardement d'indicateurs de contexte.

Une manière commode de repérer les types logiques est de regarder

à quelle sorte de renforcement est sensible un comportement donné (ou plutôt tel élément donné de notre description du comportement). Les actions simples sont apparemment renforçables selon les règles du conditionnement opérant. Mais les différentes façons d'organiser des actions simples que, dans notre description du comportement, nous pourrions appeler « divination », « discrimination », « jeu », « exploration », « dépendance », « crime », etc., appartiennent à des types logiques différents, car elles n'obéissent pas aux règles du simple renforcement. Le chien de Pavlov n'aurait même jamais pu recevoir un renforcement positif pour avoir perçu le changement de contexte, tant l'apprentissage antérieur, qui allait dans le sens contraire, avait été efficace et profond.

Dans l'expérience de Pavlov, le chien n'arrive pas à faire le saut d'un type logique à un autre, d'un contexte où il doit discriminer à un contexte où il doit deviner.

Examinons le cas inverse d'un animal qui a réussi un tel passage. A l'Oceanic Institute, à Hawaii, un dauphin (*Steno bredanensis*) avait été dressé de la façon suivante : après un coup de sifflet, il pouvait s'attendre à recevoir de la nourriture et, si par la suite il répétait le comportement qu'il était en train de réaliser au moment du premier coup de sifflet, il pouvait s'attendre à nouveau à entendre un coup de sifflet et à recevoir de la nourriture. Les dresseurs se servaient de cet animal pour montrer au public « comment ils dressaient les dauphins » : « Lorsqu'il pénètre dans le bassin de démonstration, je le regarde et, s'il accomplit un comportement donné que je veux qu'il répète, je donne un coup de sifflet et il reçoit de la nourriture. » Et le dauphin de répéter son comportement et d'être à nouveau récompensé. Trois séquences successives suffisaient à la démonstration, après quoi l'animal sortait du bassin jusqu'à la séance suivante, qui avait lieu deux heures plus tard. L'animal avait appris un certain nombre de règles simples qui plaçaient ses propres actions, le coup de sifflet, le bassin et le dresseur, dans un organigramme, une structure contextuelle, un ensemble de règles lui permettant d'assembler les informations reçues.

Mais cet organigramme convenait parfaitement seulement dans le cas où l'on ne faisait la démonstration qu'une fois. Comme les dresseurs voulaient sans cesse répéter la démonstration de leur méthode de dressage, le dauphin devait dépasser l'organigramme unique et prendre en compte une classe de tels organigrammes. Il était confronté à un ensemble de contextes, à un contexte de contextes,



et cela aurait pu le mettre dans l'erreur. Lors d'une des représentations successives, le dresseur, s'il voulait encore faire la démonstration d'un « conditionnement opérant », devait cette fois-ci sélectionner une autre séquence bien nette de comportement. Revenu dans le bassin de démonstration, le dauphin, s'il refaisait le comportement qui avait été récompensé au tour précédent, n'obtenait pas cette fois-ci de coup de sifflet. Le dresseur attendait l'apparition d'un autre comportement bien net – par exemple, un coup de queue, expression habituelle de désagrément chez les dauphins. Lorsque ce comportement se produisait, il était alors récompensé et la nouvelle séquence répétée.

A la représentation suivante cependant, le coup de queue n'était plus récompensé. En définitive, le dauphin apprit à s'élever au niveau du contexte des contextes en réalisant un comportement bien net, différent ou nouveau, chaque fois qu'il entra en scène.

Tout ceci s'était librement déroulé dans l'histoire naturelle des relations entre dauphin, dresseur et public, avant mon arrivée à Hawaii. Je vis que cela représentait un apprentissage de type logique supérieur à la moyenne, et, à ma proposition, l'expérience fut renouvelée avec un autre animal et soigneusement enregistrée<sup>1</sup>.

Le protocole du dressage fut soigneusement mis au point : l'animal devait subir une série de séances d'apprentissage, de dix à vingt minutes chacune. L'animal ne devait jamais être récompensé pour un comportement qui aurait déjà été récompensé dans la séance précédente.

Le déroulement de cette expérience m'amène à préciser deux points.

Tout d'abord, le dresseur jugea bon de changer plusieurs fois les règles de l'expérience. Le fait de se sentir dans l'erreur troublait tellement le dauphin que, pour préserver la relation entre l'animal et le dresseur (c'est-à-dire le contexte du contexte), il fallut effectuer plusieurs renforcements auxquels l'animal n'avait pas droit habituellement : poisson immérité.

Ensuite, chacune des quatorze premières séances fut caractérisée par beaucoup de répétitions infructueuses de tout comportement ayant été récompensé durant la séance immédiatement précédente. Apparemment, c'était seulement par accident que l'animal changeait de comportement. Puis, entre la quatorzième et la quinzième séance, le dauphin parut très excité et, lorsqu'il arriva pour la quinzième

1. R. Pryor, R. Haag et O'Rielly, « Deutero-learning in a rough-tooth porpoise (*Steno Bredanensis*) », US Naval Ordinance Test Station, China Lake, NOTS TP 4270.

séance, il fit une exhibition compliquée, comprenant huit comportements, dont quatre totalement nouveaux, qu'on n'avait encore jamais observés dans cette espèce. Du point de vue de l'animal, cela représente un saut, une discontinuité entre types logiques.

Dans de tels cas, le passage d'un type logique au type logique directement supérieur équivaut à un passage d'une information sur un événement à une information sur une classe d'événements, ou, pour le dire autrement, de la prise en compte d'une classe à la prise en compte de la classe des classes. Notons que, en ce qui concerne le dauphin, il lui était impossible d'apprendre à partir d'une seule expérience, que ce soit une réussite ou un échec, que le contexte consistait à exhiber un comportement nouveau. Ce qu'il avait à savoir sur le contexte ne pouvait s'apprendre que par la comparaison d'informations portant sur un *échantillon* de contextes différents les uns des autres, et où son comportement et ce qui en résultait variait d'un cas à l'autre. Au sein d'une classe d'événements si divers, une règle devenait perceptible, et l'apparente contradiction pouvait être surmontée. Le cas du chien aurait pu comporter une démarche similaire, mais le chien n'avait pas eu la possibilité d'apprendre qu'il s'agissait d'une situation dans laquelle il fallait *deviner*.

On peut apprendre beaucoup à partir d'un seul exemple, mais on ne peut pas apprendre certaines choses relatives à la nature de l'échantillon de la classe où s'inscrivent de tels essais ou expériences : dans le domaine des types logiques, cette constatation est fondamentale, que ce soit au niveau des raisonnements abstraits de Bertrand Russell ou à celui de l'apprentissage animal, dans le monde réel.

Ces phénomènes ne s'appliquent pas seulement aux expériences de laboratoire et à l'apprentissage animal : on peut mettre ce fait en évidence en rappelant certaines confusions théoriques qui ont cours dans le monde humain. Bon nombre de concepts circulent couramment, tant chez le profane que chez le spécialiste, qui comportent des erreurs implicites de type logique. Prenons par exemple l'« exploration ». Qu'on ne puisse abolir simplement les tendances exploratrices des rats en leur proposant des boîtes à explorer, voilà qui semble intriguer les psychologues. Or, quel est le résultat de telles expériences ? Le rat apprend-il à ne pas mettre son museau dans les boîtes ? Non. Il apprend simplement à ne plus mettre son museau dans les boîtes particulières qui ont délivré des décharges électriques quand il les a inspectées. En d'autres termes, nous nous trouvons devant une différence d'apprentissage : apprendre sur le particulier n'est pas apprendre sur le général.



Faisant preuve d'un peu d'empathie pour le rat, nous comprendrons aisément que, de son point de vue, il n'est guère souhaitable d'apprendre la leçon générale; son expérience de la décharge, quand il met son museau dans une boîte, lui indique qu'il a eu *raison* de mettre son museau dans cette boîte pour obtenir l'information qu'elle délivrait une décharge : de fait, le « but » de l'exploration n'est pas de découvrir si l'exploration est une bonne chose, mais d'obtenir des informations sur ce qui est exploré. Et le cas général est d'une tout autre nature que le cas particulier.

Il est intéressant d'examiner la nature d'un concept comme le « crime ». Nous agissons comme si on pouvait supprimer le crime en punissant certains aspects de ce que nous considérons comme des actions criminelles, comme si le « crime » était le nom d'un certain type d'acte, ou d'une partie d'un certain type d'acte. Mais le vocable « crime », comme celui d'« exploration », désigne plus exactement une façon d'organiser des actes : il est donc très peu probable qu'en punissant l'acte, on supprime le crime. Depuis des millénaires, la prétendue science criminologique n'a pu éviter une simple confusion de types logiques.

Quoi qu'il en soit, il est très différent de vouloir faire des changements sérieux dans l'état caractériologique d'un organisme ou d'essayer d'en changer les actions particulières. Cette dernière entreprise est relativement facile, alors que la première est extrêmement difficile. Le changement paradigmatique est aussi difficile et, en fait, de même nature que le changement épistémologique<sup>1</sup>. Il semblerait même que le réquisit principal d'une aussi profonde rééducation serait que l'acte précis pour lequel le condamné a été puni d'emprisonnement *ne* constitue *pas* le centre même de cette rééducation.

Un troisième concept relatif à la classe qui est souvent mal compris à cause d'une mauvaise identification des types logiques est le « jeu ». Les actes particuliers qui constituent une séquence donnée de jeu peuvent, naturellement, se produire chez les mêmes personnes ou chez les mêmes animaux dans d'autres sortes de séquences. Ce qui est propre au « jeu », c'est que ce terme désigne des contextes dont les actes constituants ont une pertinence et une organisation différentes de celles qu'ils auraient dans le non-jeu. Il se pourrait même que

1. Pour une étude plus approfondie sur ce qu'il faudrait faire si l'on voulait provoquer des changements caractériologiques chez les criminels, le lecteur peut consulter le livre de Charles Hampden-Turner, *Sane Asylum*, San Francisco, San Francisco Book Co, 1976.

l'essence du jeu réside dans la dénégation partielle de la signification qu'auraient dans d'autres situations les actes du jeu. Quoi qu'il en soit, j'avais observé que les mammifères reconnaissent le jeu; c'est à partir de cette première observation que j'en suis arrivé, il y a vingt ans, à une autre : savoir que des animaux (il s'agissait en l'occurrence de loutres de rivière) étaient capables de classer leurs types d'interactions et, par conséquent, qu'ils pouvaient être sujets à des formes de pathologie analogues à celles du chien de Pavlov puni pour n'avoir pas réussi à reconnaître un changement de contexte, ou à celle du criminel puni pour des actes précis, alors qu'il devrait l'être pour sa façon d'organiser son action. A partir de l'observation du jeu chez les loutres de rivière, j'ai commencé à étudier des classifications de comportement analogues chez l'homme et j'ai finalement abouti à l'idée que certains symptômes de la pathologie humaine appelée *schizophrénie* étaient également, en fait, le produit d'une distorsion en matière de types logiques – distorsion que nous avons appelée *double contrainte*.

Dans cette section, j'ai abordé le problème de la hiérarchie des phénomènes mentaux du point de vue du codage. Mais on aurait pu tout aussi bien démontrer cette hiérarchie à partir du critère n° 4 qui traite des chaînes de détermination circulaires. La relation entre les caractéristiques d'un composant et les caractéristiques du système considéré comme un tout qui se clôt sur lui-même est également une question d'organisation hiérarchique.

A mon avis, l'histoire du si long flirt des diverses civilisations avec la notion de causalité circulaire s'explique partie par la fascination, partie par la terreur liée à cette question des types logiques. J'ai noté au chapitre II (section n° 13) que la logique est un mauvais modèle de relation entre cause et effet. J'estime que c'est la tentative de traiter de la vie en termes logiques et le caractère compulsif de cette tentative qui provoquent chez nous une tendance à la panique dès lors même que nous estimons qu'une telle approche logique pourrait bien se casser la figure.

Au chapitre II, j'ai démontré qu'un simple circuit de vibreur présente des contradictions si on le dissèque en un modèle. Si le circuit est fermé, alors l'armature est attirée par l'électro-aimant; si l'armature se déplace sous l'attraction de l'aimant, alors l'attraction cesse et l'armature n'est donc plus attirée; ce cycle de relations de type *si... alors* dans le domaine de la causalité brise tout cycle de relations *si... alors* dans le domaine de la logique, à moins d'y introduire la notion de temps. Cette rupture est formellement semblable au paradoxe d'Épiménide.



Il semble que nous, les humains, désirons que notre logique soit absolue. Il semble également que nous agissions sur la supposition qu'il en est bien ainsi : aussi nous affolons-nous au moindre signe qu'il n'en est pas ainsi, ou qu'il se pourrait qu'il n'en soit pas ainsi.

Tout se passe comme si l'étroite cohérence de la logique devait à tout prix rester sacro-sainte, même chez ceux qui sont notoirement connus pour leur esprit confus. Dès qu'on leur démontre que ce n'est pas si cohérent que cela, individus et cultures se précipitent, tel le porc de Gadarene, dans les méandres du surnaturel. Afin d'échapper aux mille morts métaphoriques dépeintes par un univers constitué de cercles de causalité, nous nous empressons de nier la simple réalité de la mort ordinaire, et imaginons les visions fantastiques de l'au-delà, ou même de la réincarnation.

Une brèche dans l'apparente cohérence de la logique de notre processus mental ressemblerait en fait à une sorte de mort. J'ai rencontré maintes et maintes fois cette réalité profonde dans mes rapports avec les schizophrènes. On peut même dire qu'elle est essentielle à la théorie de la double contrainte, que mes collègues de Palo Alto et moi-même avons proposée il y a une vingtaine d'années<sup>1</sup>.

Ce que j'avance maintenant, c'est que la touche de la mort est présente dans tous les circuits biologiques, quels qu'ils soient.

Pour clore ce chapitre, je mentionnerai certains caractères possibles des *esprits* qui présentent ces six critères. Il y a d'abord deux caractéristiques de l'esprit qui peuvent être mentionnées ensemble, car elles sont toutes deux rendues possibles par les critères que j'ai énumérés. Ces deux caractéristiques si étroitement liées sont l'autonomie et la mort.

L'autonomie, littéralement le *contrôle de soi* – du grec *autos* (soi-même) et *nomos* (loi) –, est obtenue par la structure récursive du système. Qu'une machine autoréglable simple puisse ou non contrôler ou se contrôler, cela peut se discuter; mais imaginons qu'on ajoute à ce circuit simple d'autres boucles porteuses d'informations, ou, généralement, d'effets. Quel sera le contenu des signaux transmis par

1. J'ai eu la chance à l'époque de pouvoir me procurer une copie du compte rendu de John Perceval sur sa psychose dans les années 1830. Le livre est actuellement disponible sous le titre de *Perceval's Narrative* et montre comment le monde de la schizophrénie est tout à fait structuré en termes de double contrainte. (John Perceval, *Perceval's Narrative, A Patient's Account of his Psychosis, 1830-1832*, Gregory Bateson (ed.), Stanford (Calif.), Stanford University Press, 1961; trad. fr., *Perceval le Fou*, Paris, Payot, 1977.)

ces boucles? La réponse est, bien sûr, que ces boucles seront porteuses des messages *sur* le comportement du système dans son ensemble. Dans un sens, le circuit de départ comportait déjà des informations du genre : « ça va trop vite », « ça va trop lentement », mais c'est au niveau suivant qu'apparaît une information telle que : « la correction de "ça va trop vite" n'est pas assez rapide », ou bien « la correction de "ça va trop vite" est trop forte ». C'est-à-dire que les messages deviennent des messages sur le niveau immédiatement inférieur. De là à l'autonomie, il n'y a qu'un pas, et il est tout petit.

Quant à la mort, sa possibilité découle d'abord du critère n° 1 : une entité est composée de nombreuses parties; dans la mort, ces parties se désassemblent et sont abandonnées au hasard. Mais elle est aussi conséquence du critère n° 4, puisque la rupture des circuits est, par là même, la destruction de l'autonomie.

En plus de ces deux caractéristiques très importantes, le genre de système que j'appelle *esprit* est capable d'intention et de choix grâce à ses possibilités d'autocorrection. Il est capable de stabilité, d'emballage ou de la combinaison des deux. Il est toujours influencé par la « carte », jamais par le territoire; il trouve donc sa limite dans le principe général selon lequel les informations qu'il reçoit ne *prouveront* jamais rien sur le monde ou sur lui-même. Je l'ai déjà énoncé au chapitre II : la science ne prouve jamais rien.

Pourtant, un tel système apprendra et se souviendra, produira de la négentropie, et il y parviendra en jouant à ces jeux stochastiques qu'on appelle *empirisme* ou *essai-et-erreur*. Il emmagasinera de l'énergie. Inéluctablement caractérisé par le fait que tous les messages appartiennent à tel ou tel type logique, il sera perpétuellement à la merci d'une erreur en matière de types logiques. Finalement, il sera capable de s'unir à d'autres systèmes semblables pour former des ensembles toujours plus grands.

En conclusion, deux questions se posent : un tel système est-il capable d'une certaine forme de préférence esthétique? Un tel système est-il capable de conscience?

En ce qui concerne la préférence esthétique, il me semble que la réponse pourrait être affirmative. Il est concevable que de tels systèmes puissent reconnaître des caractéristiques semblables aux leurs dans les autres systèmes qu'ils rencontreraient. Il est concevable aussi que nous puissions considérer les six critères énoncés comme des critères de vie, et deviner que toute entité offrant ces caractéristiques donnera une valeur positive ou négative aux autres systèmes présentant les signes extérieurs, visibles de caractéristiques semblables.



Admirons-nous une marguerite parce qu'elle montre, par sa forme, sa croissance, sa couleur, et par sa mort, les caractéristiques d'un être vivant?... Notre appréciation reste dans cette mesure une appréciation de sa ressemblance avec nous-mêmes.

Pour ce qui est de la conscience, le problème est plus obscur. Dans ce livre, rien n'a été dit sur la conscience, si ce n'est à propos de la perception : les processus de la perception, avons-nous dit, ne sont pas conscients, mais le résultat de la perception peut l'être. Lorsque le mot *conscience* est employé dans ce sens, il semblerait que le phénomène s'apparente quelque peu aux problèmes de types logiques dont nous avons longuement parlé. Cependant, je ne connais aucune donnée permettant de relier les phénomènes de conscience à des phénomènes plus primitifs ou plus simples, et je n'ai pas essayé de le faire dans ce livre.

### Versions multiples de la relation

S'il faut dès lors qu'elles soient deux, elles sont deux  
Comme sont deux les doubles branches d'un compas;  
Fixe, ta branche à toi semble ne pas bouger,  
Mais bouge cependant lorsque l'autre se meut.

Bien qu'elle reste au centre s'appuyant,  
Pourtant, quand l'autre au loin poursuit sa course errante,  
Elle va se penchant comme pour l'écouter,  
Puis se dresse à nouveau lorsque l'autre retourne.

Ainsi le feras-tu pour moi, puisqu'il me faut  
Comme le pied mobile obliquement courir,  
Ta fermeté dès lors fera mon cercle juste  
Et me fera finir là où j'ai commencé.

John Donne,

*Valédiction interdisant les larmes*<sup>a</sup>.

Au chapitre III, j'ai examiné comment la vision « binoculaire » naissait de la combinaison de la vision des deux yeux : par cette combinaison on obtient un type d'information qu'on ne pourrait obtenir avec un seul œil que si l'on recourait à des connaissances collatérales (concernant, par exemple, le chevauchement des objets dans le champ visuel). Ce que l'on gagne, c'est la perception de la profondeur, qui est une information sur une autre dimension (comme dirait un physicien) ou une information d'un type logique différent (comme je dirais moi-même).

Dans ce chapitre, je voudrais examiner, outre la double description, le problème des frontières : qu'est-ce qui limite les unités? Qu'est-ce qui limite les « choses » et surtout qu'est-ce qui *limite le soi* (si tant est que quelque chose le limite)?

Y a-t-il un contour, une sorte de sac, tel que nous pourrions dire : à l'intérieur de cette ligne ou interface se trouve « moi », et, à l'extérieur, l'« environnement », ou « une autre personne »? De quel droit faisons-nous ces distinctions?

a. Paris, Seghers, coll. « Écrivains d'hier et d'aujourd'hui », 1964.



Il est évident (mais, généralement, on l'ignore) que le langage dans lequel on peut répondre à cette question *n'est pas*, en fin de compte, celui de l'espace ou du temps : l'« intérieur » ou l'« extérieur » ne sont pas les métaphores qui conviennent pour décrire l'inclusion ou l'exclusion, lorsqu'on parle du soi.

A l'intérieur de l'esprit, il n'y a pas de choses, ni d'ailleurs de gens, ni de porcs, ni de crapauds accoucheurs : il y a seulement des idées, c'est-à-dire des nouvelles de différences, des informations sur des « objets » entre guillemets, toujours entre guillemets. Il n'y a pas non plus de « temps » ou d'« espace », mais seulement des idées de « temps » et d'« espace ». Aussi les frontières de l'individu, si même elles sont réelles, ne peuvent-elles pas être des limites spatiales, mais plutôt quelque chose comme ces sacs qui, dans les diagrammes, représentent les ensembles, ou alors ces bulles qui sortent de la bouche des personnages dans les bandes dessinées.

Ma fille, qui a maintenant dix ans, a fêté son anniversaire la semaine dernière. Dix ans, c'est une date importante : c'est le passage aux nombres à deux chiffres. Eh bien, moitié sérieusement, moitié pour s'amuser, elle a remarqué qu'elle « ne se sentait pas différente ».

La frontière entre la neuvième et la dixième année n'était pas *réelle* en ce sens qu'elle n'était pas ou ne représentait pas un changement dans une expérience. Mais on pourrait peut-être construire des diagrammes ou dessiner des bulles pour *classer* des propositions relatives aux différents âges...

En outre, je voudrais m'attarder sur ce qui a lieu lorsque le fait d'apprendre sur le *soi* débouche sur un certain changement dans le *soi* : de l'information est reçue, mais de quel « reçu » s'agit-il ? De quel type d'apprentissage ? Je parlerai particulièrement de changements pouvant affecter les frontières du soi, peut-être aussi de la découverte qu'il y a des frontières, mais peut-être pas de centre, etc.

Comment apprenons-nous ces sagesses (ou ces folies) par lesquelles « nous-mêmes » – les idées que nous avons sur notre soi – semblons être changés ?

J'ai commencé à réfléchir sur ces questions il y a longtemps et je voudrais exposer ici deux principes que j'avais développés avant la Deuxième Guerre mondiale, à l'époque où je travaillais à ce que j'ai appelé la « dynamique », ou la « mécanique », de la culture iatmul, vivant sur la rivière Sepik en Nouvelle-Guinée.

Le premier principe est que l'unité d'*interaction* et l'unité d'*apprentissage caractérologique* (c'est-à-dire : non pas le simple fait de

bien produire la « réponse » lorsque la sonnette retentit, mais celui de *devenir prêt pour de tels automatismes*) ne font qu'un.

L'*apprentissage des contextes de la vie* est une matière qui doit être envisagée non du point de vue interne, mais du point de vue de la relation externe entre deux êtres vivants. Or, *une relation est toujours le produit d'une double description*.

On fait un grand pas si l'on commence à envisager deux parties d'une interaction comme deux yeux, chacun d'eux donnant une vision monoculaire de ce qui se passe, et les deux donnant ensemble la vision binoculaire de la profondeur : c'est cette double vision qui constitue la relation.

Une relation n'a pas lieu à l'intérieur d'un simple individu : il est absurde de parler de « dépendance », d'« agressivité », de « fierté », etc., car de tels mots s'enracinent dans ce qui se produit entre des personnes, non dans un ceci ou cela qui se situerait à l'intérieur d'une personne.

Il ne fait aucun doute qu'il existe un apprentissage au sens propre du terme : on note des changements en A et des changements en B, qui correspondent à leur relation d'assistance/dépendance. Mais la relation vient en premier lieu : elle *précède* toujours.

On ne peut éviter les explications dormitives que si l'on s'en tient fermement à la priorité de la relation : l'opium ne *contient* pas de vertu dormitive et l'homme ne *contient* pas d'instinct agressif.

Les données que j'ai recueillies en Nouvelle-Guinée et beaucoup d'autres qui sont venues s'y adjoindre par la suite m'ont appris que je n'arriverai nulle part en expliquant, par exemple, le comportement fier par référence à la « fierté » d'un individu. Pas plus qu'on n'explique l'agression par une « agressivité » instinctive (ou même acquise)<sup>1</sup>. De telles explications, qui détournent l'attention du domaine *interpersonnel* vers je ne sais quelle tendance interne, principe, ou instinct factice, sont, à mon sens, une absurdité énorme qui ne fait que masquer les véritables questions.

Si on veut parler de la « fierté », par exemple, il faut parler de deux individus ou de deux groupes, et de ce qui se passe entre eux. A est admiré par B ; l'admiration de B est conditionnelle et peut devenir du mépris ; ainsi de suite. Seulement alors on peut définir tel type particulier de fierté par référence à telle structure d'interaction particulière.

1. Il faut noter au passage combien il est facile de tomber de la sociobiologie dans la paranoïa... et peut-être aussi combien il est facile de tomber du violent désaveu de la sociobiologie dans la paranoïa. Las !



Il en est de même pour la « dépendance », le « courage », le « fatalisme », le « comportement passif-agressif », etc. Tous les adjectifs de caractère doivent être restreints ou élargis de sorte que leur définition soit fondée sur des structures d'échange, c'est-à-dire sur des combinaisons de double description.

Tout comme la vision binoculaire donne la possibilité d'un nouvel ordre d'information (la profondeur), la compréhension (consciente ou inconsciente) du comportement à travers la relation donne un nouveau type logique d'apprentissage (que j'ai appelé, dans *Vers une écologie de l'esprit*, apprentissage II ou *apprentissage secondaire*<sup>a</sup>).

Toute cette matière est un peu difficile à saisir car on nous a appris à considérer l'apprentissage comme une situation à deux éléments : le professeur « enseigne » et l'élève (ou l'animal) « apprend ». Mais ce modèle linéaire a été rendu obsolète par notre connaissance des circuits cybernétiques d'interaction. L'unité d'interaction minimale est constituée de trois éléments ; ce en quoi les vieux expérimentateurs avaient raison, en dépit de leur cécité face aux différences de types logiques.

Appelons ces trois éléments *stimulus*, *réponse* et *renforcement*. Des trois, le deuxième est le renforcement du premier et le troisième le renforcement du deuxième. La *réponse* de l'élève renforce le *stimulus* fourni par le professeur, et ainsi de suite.

La fierté, c'est l'admiration (conditionnelle) manifestée par les spectateurs, *plus* la réponse de l'acteur, *plus* davantage d'admiration, *plus* l'acceptation de l'admiration... (vous coupez la séquence où vous voulez). Il y a, bien sûr, des centaines de façons de relier entre eux ces différents éléments des contextes d'apprentissage, et, par conséquent, il y a des centaines de « traits » de caractère, dont une demi-douzaine seulement a été étudiée par les expérimentateurs. Étrange.

J'affirme qu'il existe un apprentissage du contexte, qui est différent de ce que voient les expérimentateurs. Et que cet apprentissage du contexte émane d'un type de double description qui va de pair avec la relation et l'interaction. De plus, comme tous les thèmes d'apprentissage contextuel, ces thèmes relationnels s'autovalident : la fierté se nourrit de l'admiration, mais, comme cette admiration est conditionnelle – et que l'homme fier craint le mépris de l'autre –, il s'ensuit qu'il n'y a rien que l'autre puisse faire pour diminuer cette fierté ; s'il montre du mépris, il renforce également la fierté.

a. *Deutero-learning*. Voir en particulier *Vers une écologie de l'esprit*, t. I, p. 193-208 et 253-282.

Pareillement, on peut s'attendre à de l'autovalidation dans d'autres exemples relevant du même type logique : l'exploration, le jeu, le crime, ou le comportement appelé « de type A », dans les études psychosomatiques de l'hypertension sont tout aussi difficiles à faire disparaître. Toutes ces catégories ne sont pas, bien entendu, des catégories de comportement ; ce sont des *catégories d'organisation contextuelle du comportement*.

En résumé, ce chapitre apporte d'importants principes généraux. Nous voyons maintenant qu'un mécanisme de *relation* est un cas particulier de double description, et qu'une unité de séquence comportementale contient au moins trois éléments, peut-être même bien davantage.

### 1. « Connais-toi toi-même »

Dans ce vieil adage grec, « connais-toi toi-même », on peut voir des niveaux mystiques de conscience, mais outre ces aspects-là, il en est un de très simple, universel et, en fait, pragmatique : c'est que toute connaissance extérieure, quelle qu'elle soit, doit trouver partiellement son origine dans ce qu'on appelle la *connaissance de soi*.

Les bouddhistes affirment que le soi est une sorte de fiction. S'il en est ainsi, notre tâche sera d'identifier de quel type de fiction il s'agit. Mais, pour l'instant, j'accepterai le « soi » comme un concept heuristique, une échelle qui nous sert pour nous élever, mais qu'il faut, à l'étape suivante, laisser derrière soi ou jeter par-dessus bord.

Je tâtonne dans l'obscurité et, finalement, ma main touche l'interrupteur électrique : « Je l'ai trouvé. C'est là qu'il se trouve » ; « maintenant, je peux appuyer dessus ».

Or, je n'ai pas eu besoin de connaître la position de l'interrupteur ou la position de ma main pour allumer la lumière ; le simple contact sensoriel entre ma main et l'interrupteur a suffi. J'aurais pu me tromper totalement dans mon affirmation : « c'est là qu'il se trouve », et pourtant, ma main étant sur l'interrupteur, j'aurais quand même pu allumer.

*Où est ma main ?* Cette question, qui relève de la connaissance de soi, a une relation en fait très particulière, très spéciale, avec le fait de chercher l'interrupteur ou de *savoir* où il se trouve.

Sous hypnose, par exemple, j'aurais pu croire que ma main se trouvait au-dessus de ma tête alors qu'en fait elle était tendue à



l'horizontale devant moi. Dans pareil cas, j'aurais situé l'interrupteur là-haut, au-dessus de ma tête. J'aurais peut-être même pu éprouver un sentiment de victoire en allumant la lumière : j'aurais cru vérifier ainsi ma découverte que l'interrupteur se trouvait bien « au-dessus de ma tête ».

Nous *projetons* les opinions de notre soi sur le monde extérieur; souvent il arrive que nous nous trompions sur notre soi; nous continuons alors à bouger, agir et interagir avec nos amis, et nous y réussissons, mais en nous fondant sur des opinions qui sont fausses.

Qu'est-ce alors que ce « soi »? Pour le dire dans le contexte de ce chapitre : quelle information donnons-nous en obéissant au vieil adage « connais-toi toi-même »?

Je reprends. Supposons que je « sache » que ma main se trouve au-dessus de ma tête et que je « sache » que l'interrupteur se trouve à hauteur d'épaule. Supposons que j'aie raison pour l'interrupteur, mais tort pour ma main. Quand je chercherai l'interrupteur, je ne mettrai jamais la main dessus. Il serait donc préférable que je ne « sache » pas où se trouve l'interrupteur. Peut-être, alors, le trouverai-je, au hasard de mes tâtonnements.

Quelles sont donc les règles de la connaissance de soi? En quelles circonstances vaut-il mieux (d'un point de vue pragmatique) ne pas avoir telle connaissance plutôt qu'avoir des idées fausses? En quelles circonstances la connaissance de soi, toujours d'un point de vue pragmatique, est-elle vraiment nécessaire? La plupart des gens vivent, apparemment, sans connaître la réponse à ce genre de questions. En fait, il semble qu'ils vivent sans même se les poser.

Abordons toute cette affaire avec moins de prétention épistémologique. Un chien a-t-il une connaissance de soi? Est-il possible qu'un chien qui n'ait *aucune* connaissance de soi puisse donner la chasse à un lapin? Toute la masse d'injonctions qui nous incitent à nous connaître nous-mêmes n'est-elle qu'un entrelacs d'illusions monstrueuses, échafaudées pour pallier les paradoxes de la conscience?

Si, rejetant la notion que le chien est un être et que le lapin en est un autre, nous considérons l'ensemble lapin-chien comme formant un seul système, nous pouvons nous poser la question : Quelles informations, c'est-à-dire quelles redondances doit-il exister dans un tel système pour qu'une partie soit capable de donner la chasse à l'autre? Ou peut-être pour qu'elle soit incapable de *ne pas* lui donner la chasse?

La réponse apparaît maintenant assez différente : la seule information nécessaire dans ce cas est d'ordre relationnel. Le lapin, par sa

fuite, a-t-il *dit* au chien de le poursuivre?... Quand il s'agissait d'allumer la lumière, lorsque la main (« ma » main?) a touché l'interrupteur, l'information nécessaire sur la *relation* entre la main et l'interrupteur a eu lieu; et il est devenu possible d'appuyer sur l'interrupteur sans information collatérale sur moi, sur ma main ou sur l'interrupteur.

Le chien peut même vous inviter à jouer à « chasse-moi ». Il s'aplatit alors, museau en avant, pattes étendues, plaquées au sol; les yeux regardent en l'air, mobiles dans leur orbite; la tête ne bouge pas; les pattes de derrière sont repliées sous le corps, prêtes à la détente. Cette posture est bien connue de tous ceux qui ont déjà joué avec un chien. La possibilité d'un signal comme celui-là prouve qu'un chien est capable de communiquer au moins à deux niveaux logiques différents.

Je ne m'attarderai toutefois ici que sur les aspects du jeu qui illustrent la règle : *deux descriptions valent mieux qu'une*.

Le jeu et la création du jeu doivent être envisagés comme un seul phénomène, et on peut dire, subjectivement, qu'une séquence n'est vraiment jouable que si elle comporte des éléments de créativité, de l'inattendu. Si elle est complètement connue, elle est *rituelle*, même si elle contribue peut-être encore à la formation du caractère<sup>1</sup>.

Il est assez simple de voir le premier niveau de découverte par lequel passe un joueur humain. A a le choix entre un nombre fini d'actes possibles : ce sont des séquences qui évoluent, avec une sélection naturelle qui touche, non des actes, mais des modèles d'actes<sup>a</sup>. A, faisant sur B diverses tentatives, s'apercevra progressivement que B n'accepte que certains contextes. Ce qui signifie que A devra faire précéder certains actes par d'autres, ou les situer dans certains cadres temporels (séquences d'interactions) préférés par B : A « propose », B « dispose ».

Un phénomène qui, de l'extérieur, paraît miraculeux, c'est l'invention de jeux entre mammifères d'espèces différentes. J'ai observé ce processus entre notre toutou et notre singe (apprivoisé). La réaction du chien lorsque, à l'improviste, on venait le tirer par les poils était, de toute évidence, normale. Le singe sautait subitement des poutres de la terrasse et faisait mine d'attaquer. Le chien lui donnait la chasse; le

1. Si nous définissons le jeu comme l'établissement et l'exploration de la relation, alors le salut et le rituel sont l'affirmation de la relation. Mais, de toute évidence, les mélanges d'affirmation et d'exploration sont courants.

a. *Not items, but patterns of items.*



singe s'enfuyait, et tout le système se déplaçait de la terrasse vers la chambre à coucher, mais là, il y avait un vrai plafond et non plus des poutres apparentes. Condamné à rester au sol, le singe en fuite faisait volte-face. Le chien battait alors en retraite et s'enfuyait vers la terrasse. Et le singe de grimper à nouveau sous le toit, et la séquence de reprendre depuis le début. Ce manège se répétait et se répétait à la plus grande joie des deux joueurs.

Découvrir ou inventer des jeux avec un dauphin dans l'eau est une expérience tout à fait semblable. J'avais décidé de ne donner à une femelle *tursiops*, déjà âgée, aucun autre indice sur la conduite à tenir à mon égard que le simple « stimulus » de ma présence dans l'eau. Je m'assis donc, bras croisés, sur les marches qui descendaient dans l'eau. Le dauphin traversa le bassin et vint se placer à côté de moi, à quelques centimètres de mon corps. De temps en temps, nos deux corps se touchaient accidentellement à cause des mouvements de l'eau, mais ces contacts ne présentaient apparemment aucun intérêt pour l'animal. Après deux minutes environ, il s'éloigna et nagea lentement autour de moi. Quelques instants plus tard, je sentis que quelque chose se poussait sous mon bras droit; c'était le museau du dauphin. J'étais alors confronté au problème suivant: comment continuer à ne donner aucun indice à l'animal sur la conduite à tenir envers moi? La stratégie que je m'étais fixée était impossible.

J'allongeai un peu le bras droit: l'animal put venir y glisser son museau et, en l'espace de quelques secondes, j'avais un dauphin entier sous le bras. Il se redressa alors et s'installa dans une position telle qu'il était carrément assis sur mes genoux. Puis nous avons continué à jouer ensemble, en nageant pendant quelques minutes.

Le lendemain, je repris la même séquence, mais sans passer par les quelques minutes où elle était restée à côté de moi. Je lui caressai le dos. Elle corrigea immédiatement mon comportement en s'éloignant un peu; puis elle nagea alors autour de moi et me donna un petit coup de nageoire caudale, geste qui, sans aucun doute, était pour elle cordial. Ensuite, elle se dirigea vers l'autre bout du bassin, et s'y immobilisa.

Ce sont là à nouveau des séquences évolutives, et il est important de voir clairement *ce qui a vraiment évolué*. Il serait incorrect de décrire le jeu entre espèces différentes (chien et singe ou homme et dauphin) comme une évolution des éléments de comportement parce qu'aucun comportement nouveau n'est apparu. En fait, pour aucune des deux créatures prises séparément, il n'y a d'évolution dans les contextes d'action: le chien est toujours le chien qu'il était, et le singe toujours

le même singe; le dauphin reste un dauphin et l'homme reste un homme. Chacun garde son « caractère » propre – sa propre organisation du monde perçu; pourtant il s'est passé quelque chose. Des structures d'interaction ont été engendrées, ou découvertes, et ces structures ont duré, ne fût-ce qu'un court instant; il s'est produit, en d'autres termes, une sélection naturelle des structures d'interaction: certaines structures ont survécu plus longtemps que d'autres.

Il y a eu évolution dans l'*adaptation de l'un à l'autre*. Avec un changement minimal chez le chien ou chez le singe, le système singe-chien est devenu plus simple – plus cohérent intérieurement, donc plus consistant.

Il y a donc une entité plus large que A et B: appelons-la *A plus B*; cette entité exécute un processus dont le nom correct me paraît être: une *pratique*. Il s'agit d'un processus d'apprentissage dans lequel le système *A plus B* ne reçoit pas d'information nouvelle de l'extérieur, mais seulement *de l'intérieur*. L'interaction met l'information concernant A, et les parties qui le composent, à la disposition de B, et vice versa. Ce sont les frontières qui changent.

Plaçons ces données dans un cadre théorique plus vaste. Faisons un peu d'*abduction*; cherchons d'autres cas qui seraient analogues au jeu en ce sens qu'ils obéiraient à la même règle.

Il faut noter que l'étiquette de *jeu* ne circonscrit ni ne définit les actes qui constitueraient le jeu; le terme de *jeu* ne s'applique qu'à certaines prémisses élémentaires d'un échange. Pour parler plus simplement, « jeu » n'est pas le nom d'un acte, ou d'une action: c'est le nom d'un *cadre* où se situe l'action. Dès lors, il est compréhensible que le jeu ne soit pas soumis aux règles normales du renforcement. En fait, quiconque a essayé d'interrompre des enfants en train de jouer sait l'exaspération qu'on ressent quand ses efforts sont tout simplement inclus dans le jeu, dont ils deviennent partie intégrante.

Afin de trouver d'autres cas obéissant à la même règle (au même bloc de théorie), cherchons des cadres de comportement qui:

- a) ne définissent pas les actions qui en sont le contenu;
- b) n'obéissent pas aux règles de renforcement habituelles.

Deux cas viennent immédiatement à l'esprit: l'« exploration » et le « crime ». Il en est d'autres qui mériteraient d'être envisagés, comme le « comportement de type A » (que les spécialistes en psychosomatique considèrent comme favorisant l'hypertension), la « paranoïa », la « schizophrénie », etc.

Examinons l'« exploration » en tâchant de savoir en quoi elle est un contexte ou un produit d'un certain type de double description.



D'abord, l'exploration (tout comme le crime, le jeu et tous les autres membres de cette classe) est une description primaire, verbale ou non verbale, du soi : « J'explore. » Mais ce qui est exploré n'est pas uniquement « mon monde extérieur » ou « le monde extérieur tel que je le vis ».

Ensuite, l'exploration est autovalidante, que l'issue pour l'explorateur en soit agréable ou non. Nous l'avons vu dans le chapitre précédent : qu'on essaie d'apprendre à un rat à « non-explorer » en lui faisant avancer le museau dans des boîtes électrisées, et il continuera tout bonnement à le faire (c'est-à-dire à explorer), probablement parce qu'il a besoin de savoir quelles boîtes sont dangereuses et quelles boîtes ne le sont pas. En ce sens, l'exploration est forcément fructueuse.

Aussi l'exploration n'est-elle pas seulement autovalidante, il semble que, chez les êtres humains, elle puisse devenir une passion, entraîner une dépendance. J'ai connu un grand alpiniste, Geoffrey Young, qui a gravi la face nord du Matterhorn en étant unijambiste (on l'avait amputé lors de la Première Guerre mondiale). J'ai aussi connu un coureur de fond, Leigh Mallory, dont les restes se trouvent enfouis quelque part sous cinquante mètres de terre au sommet de l'Everest. Ces grimpeurs nous donnent une idée de ce que peut être l'exploration. Geoffrey Young disait que le fait de *ne pas écouter* les appels de faiblesse et d'apitoiement sur soi-même ni les souffrances du corps était une des exigences principales de l'alpiniste, et même je pense une de ses jouissances : la victoire sur (le) soi.

De fait, on décrit d'ordinaire un tel changement du « soi » comme une « victoire », et on emploie des expressions comme « discipline » et « maîtrise de soi ». Ce ne sont là évidemment que psychologismes, avec lesquels, en plus, on se monte un peu la tête. Il s'agit plutôt en réalité d'une fusion, d'un mariage entre des idées sur le monde et des idées sur le soi.

Ce qui nous amène à un autre exemple, classique chez les anthropologues : le totémisme.

## 2. Le totémisme

De nombreux peuples pensent leur système social par une analogie entre ce système dont ils *sont* eux-mêmes les parties et le système écologique et biologique, plus vaste, dont font partie les animaux, les

plantes et eux-mêmes encore. Cette analogie, qui modèle (qui in-forme, littéralement) leur pensée, est en partie exacte, en partie imaginaire, et en partie *rendue* réelle (validée) par certains actes que ce fantasme<sup>a</sup> leur dicte. Le fantasme devient alors morphogénétique; c'est-à-dire qu'il devient à son tour un facteur déterminant pour la configuration d'une société.

Cette analogie entre système social et monde naturel est une religion : les anthropologues l'appellent *totémisme*. Comme analogie, elle est plus appropriée et plus saine que celle, familière pour nous, qui rapproche les sociétés ou les hommes des machines du siècle dernier.

Une forme tardive du totémisme qui eut cours pendant des siècles est familière au monde occidental : elle fut une prémisse de la science héraldique. Les familles revendiquaient l'ancienne dignité de leur filiation en représentant des animaux sur leur blason ou sur leur totem, lesquels, combinant les animaux emblématiques des différentes filiations ancestrales, devenaient de véritables diagrammes généalogiques. Mais, par de telles représentations du statut de la famille dans une hiérarchie mythologique, on cherche souvent à se valoriser soi-même, ou sa descendance, au détriment d'autres lignées. Plus cette composante de fierté s'accroît, plus on peut s'attendre que la vision plus large de la relation avec le monde naturel soit oubliée, ou réduite à une simple plaisanterie. Ma propre famille possède des armoiries octroyées au XVIII<sup>e</sup> siècle : elles représentent, comme on pouvait s'y attendre, une aile de chauve-souris<sup>b</sup>. De même, la famille écossaise du père de ma mère, dont le nom était Aikin, avait fait graver un chêne sur son argenterie, car il y avait dans leur dialecte un proverbe qui disait : *From little aikins big aiks grow* (les petits glands font les grands chênes).

Ce qui se passe, semble-t-il, lorsqu'une telle configuration devient, au cours des siècles, conventionnelle, c'est qu'on se détourne de la relation pour mettre l'accent sur un seul de ses éléments, sur les personnes ou sur les choses qui étaient prises dans la relation en question. Ce cheminement est très coutumier, il conduit à une épistémologie vulgaire; il fait disparaître cette perspective, cet éclairage, qui naissait lorsque, voyant la nature *et* la famille, on pouvait juxtaposer ces deux visions.

Il subsiste pourtant encore quelques totémistes pratiquants, même

a. *Fantasy*.

b. Dans *Bateson*, il y a *bat*, qui signifie chauve-souris.



parmi les biologistes professionnels. Quand on observe Konrad Lorenz donner un cours, on comprend ce que cherchaient les hommes des cavernes, à l'époque aurignacienne, quand ils peignaient des rennes ou des mammouths pleins de vie et de mouvement sur les parois et les plafonds de leurs grottes. Les attitudes de Lorenz, ses expressions, ses gestes, changent à tout moment selon la nature de l'animal dont il parle. Maintenant, il est une oie; un instant plus tard, il devient un poisson. Il va au tableau, croque l'animal – un chien, par exemple, un chien vivant qui hésite entre l'attaque et la retraite. Après un coup de chiffon et un trait de craie, nuque et queue changent de position : le chien est maintenant prêt à attaquer.

Il a donné une série de conférences à Hawaï; les dernières d'entre elles étaient consacrées aux problèmes de la philosophie de la science. Quand il parlait de l'univers einsteinien, on eût dit que son corps se contorsionnait pour épouser les contours de cette notion abstraite.

Konrad Lorenz est mystérieusement incapable, comme les Aurignaciens, de dessiner un personnage humain : tout ce qu'il parvient à faire, ce sont des bâtonnets, des petits bonshommes stylisés. Car ce que le totémisme révèle sur le soi est essentiellement non visuel.

L'empathie de Lorenz avec les animaux lui procure un avantage presque injuste sur les autres zoologistes : il peut voir beaucoup de choses (et il ne se prive pas de le faire), en comparant (consciemment ou inconsciemment) ce qu'il observe chez l'animal et ce qu'il ressent en adoptant son comportement. (De nombreux psychiatres procèdent de la même façon pour découvrir les pensées et les sentiments de leurs patients.) Deux descriptions différentes valent toujours mieux qu'une.

Aujourd'hui, nous pouvons prendre du recul par rapport à cette double description qu'est le totémisme originel de l'Australie, et par rapport au totémisme héraldique de l'Europe; nous pouvons voir le processus de la dégénérescence du totémisme : l'ego a remplacé la vision, les animaux de la famille sont devenus des armoiries et des emblèmes, et les relations entre les figures animales sont tombées dans l'oubli.

(Aujourd'hui, on met bien dans la tête des enfants un petit peu d'histoire naturelle et un tout petit peu d'« art », mais on le fait peu et mal, pour que, oubliant leur nature animale et la beauté d'être en vie, ils deviennent plus tard de bons hommes d'affaires.)

Il y a d'ailleurs une autre forme de dégénérescence, qui peut apparaître dans l'étude comparative dont il est question ici : il s'agit

de l'« ésopisation » de l'histoire naturelle. Dans ce processus, ce n'est ni la fierté ni l'ego qui remplacent la religion, mais le *divertissement*. L'histoire naturelle ne fait même plus semblant d'observer les choses vivantes; elle devient un recueil de récits plus ou moins sarcastiques, plus ou moins moraux, plus ou moins amusants. La notion holistique que j'appelle *religion* se scinde pour donner tantôt des armes à l'ego, tantôt des jouets à la fantaisie.

### 3. L'abduction

Nous sommes à ce point habitués à l'univers dans lequel nous vivons et à nos petites façons de penser que nous nous rendons par exemple difficilement compte qu'il est en fait étonnant que l'abduction soit simplement possible, c'est-à-dire qu'il soit possible de décrire une chose ou un événement (par exemple, un homme qui se rase devant un miroir), puis de chercher autour de soi d'autres cas qui seraient soumis aux mêmes règles que celles que notre description a élaborées. Nous pouvons observer l'anatomie d'une grenouille, puis chercher autour de nous, chez d'autres êtres vivants, des exemples des mêmes relations abstraites; nous pouvons même, dans ce cas, les retrouver en nous-mêmes.

Ce prolongement latéral des composants abstraits de la description s'appelle l'*abduction*, et je voudrais que le lecteur l'envisage sous un jour nouveau. La possibilité même de l'abduction est au fond étrange, d'autant que le phénomène est beaucoup plus répandu qu'on pourrait le penser à première vue.

La métaphore, le rêve, la parabole, l'allégorie, ou ces « tous » constitués que sont l'art<sup>b</sup>, la science, la religion, la poésie ou le totémisme (déjà mentionné), ou l'organisation des faits selon une anatomie comparative, sont tous des occurrences (ou des assemblages d'occurrences) d'abduction, à l'intérieur de la sphère mentale de l'homme.

De toute évidence, la possibilité de l'abduction s'étend jusqu'aux racines mêmes de la physique : l'analyse newtonienne du système solaire et le tableau périodique des éléments en sont des exemples historiques.

a. D'Ésope, le fameux fabuliste grec.

b. *The whole of art*, etc.



Inversement, toute pensée serait totalement impossible dans un univers où l'abduction ne serait pas possible.

Je ne traiterai ici que d'un seul aspect de ce fait universel qu'est l'abduction : celui qui se rapporte à l'ordre de changement traité dans ce chapitre. Je ne parlerai que des changements qui peuvent affecter l'épistémologie fondamentale, le caractère, le soi, etc. Tout changement de notre épistémologie implique une modification de l'ensemble de notre système d'abductions. Nous devons accepter de traverser la possibilité menaçante de ce chaos où la pensée n'est plus possible.

Chaque abduction peut être considérée comme une description double ou multiple d'un objet, d'un événement ou d'une séquence. Si j'examine à la fois l'organisation sociale d'une tribu australienne et le schéma des relations entre éléments naturels sur lequel est fondé le totémisme, je peux considérer que ces deux systèmes de connaissance sont reliés par une abduction, du fait qu'ils obéissent tous deux aux mêmes règles : on peut supposer à chaque fois que certains caractères formels de l'un auront dans l'autre leur reflet.

Or, la répétition de ces caractéristiques implique aussi une certaine efficacité ; elle se traduit, pour la population en question, par des injonctions : leurs idées sur la nature, aussi fantastiques qu'elles puissent être, sont soutenues par leur système social ; et, à l'inverse, leur système social est soutenu par leurs idées sur la nature. Il devient donc très difficile pour eux, doublement guidés comme ils le sont, de changer leur vision de la nature ou de la société. Le bénéfice de leur stabilité, ils le paient par la rigidité de leur monde, ce réseau très complexe de présuppositions où ils vivent, selon ce qui est le lot de tous les êtres humains. Dans ce réseau, les présuppositions se soutiennent les unes les autres, de sorte qu'à l'inverse, le changement requiert diverses formes de contradiction ou de relâchement à l'intérieur même du réseau.

Il semble qu'il existe dans la nature et, de façon homologue, dans nos processus de pensée, de vastes régions où des systèmes abductifs ont cours. Par exemple, on peut considérer l'anatomie et la physiologie du corps comme un vaste système abductif à chaque instant cohérent avec lui-même. De même, le milieu dans lequel un être vivant vit est encore un autre système abductif à cohérence interne, même si cette cohérence n'épouse pas terme à terme celle de l'organisme.

Pour qu'il y ait changement, il faut que le nouveau satisfasse à une double exigence : l'exigence de cohérence interne à l'organisme, et l'exigence externe du milieu.

Il en résulte que ce que j'ai appelé *double description* devient ici une double exigence, une double spécification. Les possibilités de changement se subdivisent deux fois. Pour que l'être vivant subsiste, le changement doit toujours survenir selon des modes doublement définis. En gros, les exigences internes du corps seront conservatrices, car la survie du corps requiert que toute rupture ne soit pas trop grave. En revanche le milieu, par son changement même, peut exiger un changement plus profond dans l'organisme et le sacrifice de son conservatisme.

Nous allons considérer dans le chapitre qui vient cette opposition entre l'homologie, conséquence du conservatisme phylogénétique, et l'adaptation, récompense du changement.



## Les grands processus stochastiques

L'expression souvent employée par M. Herbert Spencer de la survie du plus apte est plus précise, et parfois aussi appropriée.

Charles Darwin, *L'Origine des espèces*.

Inséré dans ce monde, et *pourquoi* ne sachant  
Ni *d'où*, semblable à l'Eau bon gré mal gré  
coulant :

Et soudain loin de lui, tel le Vent sur la Lande,  
Je ne sais *où* je vais; bon gré mal gré soufflant.

Edward Fitzgerald,  
*Les Roubâiyat d'Omar Kheyyâm<sup>a</sup>*.

Ce livre propose l'hypothèse générale suivante : à la fois le changement génétique et le processus appelé *apprentissage* (y compris les changements somatiques dus à l'accoutumance et au milieu) sont des processus *stochastiques*. Dans les deux cas, un courant d'événements aléatoire à certains égards se conjugue avec un processus de sélection qui, lui, ne se fait pas au hasard; cette sélection entraîne que certains des composants aléatoires survivent plus longtemps que d'autres. Ainsi, sans le hasard, il ne peut y avoir du nouveau.

Je pose donc que, dans l'évolution, la production de formes mutantes est le fait du hasard, à l'intérieur de l'ensemble des autres formes possibles permises par le *statu quo ante* – ou bien que, si la mutation doit être ordonnée, les critères de son ordre à elle n'ont pas de rapport avec les tensions<sup>b</sup> subies par l'organisme. En accord avec la théorie génétique moléculaire classique, je pose que l'environnement protoplasmique de l'ADN ne peut pas imposer dans l'ADN des changements concernant l'adaptation de l'organisme à son milieu ou la réduction de sa tension interne. De nombreux facteurs, tant physiques que chimiques, peuvent influencer sur la fréquence des

<sup>a</sup>. Traduction en vers français par Émile Désiron, Louvain, Nauwelaerts, 1959.

<sup>b</sup>. *Stress*.



mutations, mais je pose que les mutations ainsi engendrées sont sans rapport avec les tensions particulières auxquelles était soumise la génération des parents au moment où s'est produit la mutation. J'irai jusqu'à poser qu'une mutation ne relève pas de la tension physiologique provoquée dans la cellule par le gène mutant lui-même.

Je pose, en outre – et c'est maintenant chose admise –, que les mutations, qui sont donc aléatoires, sont stockées dans le patrimoine génétique de la population, que le rôle de la sélection naturelle est d'éliminer, parmi les possibles, ceux qui sont défavorables à *quelque chose comme* la survie, et que cette élimination favorise, en gros, les possibles inoffensifs ou bénéfiques.

A propos de l'autre aspect de l'individu, je poserai, de la même façon, que les processus mentaux créent un nombre considérable de possibles et qu'il se produit entre eux une sélection déterminée par *quelque chose comme* un renforcement.

A propos des mutations comme de l'apprentissage, il faut toujours avoir à l'esprit l'éventualité de « pathologies » dues à des différences de type logique : ce qui a valeur de survie pour un individu peut être mortel pour une population ou une société. Ce qui est bénéfique pendant une courte période (parce que faisant disparaître des symptômes) peut, avec le temps, entraîner une dépendance, et devenir mortel.

Ce fut Alfred Russell Wallace qui fit remarquer, en 1866, que le principe de la sélection naturelle était comparable à celui d'une machine à vapeur avec régulateur. Je poserai qu'il en est bien ainsi, et que le processus de l'apprentissage individuel tout comme celui de la modification d'une population par la sélection naturelle peuvent présenter les mêmes pathologies que les circuits cybernétiques : oscillation excessive et emballement.

Je poserai, en somme, que le changement dû à l'évolution et le changement somatique <sup>a</sup> (y compris l'apprentissage et la pensée) sont fondamentalement semblables, que tous deux sont de nature stochastique, même si les « idées » (injonctions, propositions descriptives, etc.) sur lesquelles s'appuie chacun de ces deux processus sont d'un type logique tout à fait différent de celui des « idées » qui soutiennent les autres processus.

a. *Somatic change* : Bateson entend par là le changement réalisé par un individu pris isolément, par opposition au changement *génétique*. Il est « somatique » parce qu'il se produit directement au niveau du « corps », ce mot étant pris dans son acception la plus large ; comme il a été rappelé au début du chapitre, l'« apprentissage » peut produire un « changement somatique ».

C'est cette confusion des types logiques qui a conduit à tant de méprises, de controverses, voire à des absurdités dans des questions comme l'« hérédité des caractères acquis », ou la légitimité de recourir à un « esprit » organisateur comme principe explicatif.

Tout ceci a une histoire curieuse. À une certaine époque, beaucoup trouvaient inadmissible que l'évolution pût comporter un composant aléatoire : ils estimaient que c'était là une idée contraire à tout ce que l'on savait des formes vivantes et de leur adaptation, contraire aussi à toute croyance en un créateur doté de caractéristiques mentales. Dans sa critique de *l'Origine des espèces*, Samuel Butler reprochait essentiellement à Darwin de retirer à l'esprit la possibilité d'être un principe explicatif pertinent. Butler voulait imaginer que, quelque part dans le système, il y avait à l'œuvre un esprit qui ne serait pas soumis au hasard ; aussi préférait-il les théories de Lamarck à celles de Darwin <sup>1</sup>.

Or, il s'avère que de telles critiques étaient précisément fausses dans les corrections qu'elles voulaient apporter aux théories de Darwin. Aujourd'hui, nous considérons la pensée et l'apprentissage (et peut-être le changement somatique) comme des processus stochastiques. S'il fallait corriger la pensée du XIX<sup>e</sup> siècle, plutôt que d'ajouter un esprit non stochastique au processus de l'évolution, nous avancerions que la pensée et l'évolution sont identiques, au sein d'un aléatoire qui leur est commun : car toutes deux sont des processus « mentaux » selon les critères exposés au chapitre IV.

Nous sommes donc en présence de deux grands systèmes stochastiques, partiellement en interaction et partiellement autonomes : l'un, situé à l'intérieur de l'individu, s'appelle l'*apprentissage* ; l'autre, fonctionnant par l'hérédité, pour une population, s'appelle l'*évolution*. L'un s'étend sur une seule vie, l'autre sur des générations de multiples individus.

Le but de ce chapitre est de montrer comment ces deux systèmes stochastiques, opérant à des niveaux de type logique différents, s'accordent en une seule et même biosphère, qui ne pourrait subsister si l'un ou l'autre était fondamentalement différent de ce qu'il est.

*Nécessaire* est donc l'unité du système de leur combinaison.

1. Assez curieusement, même dans *Evolution, Old and New*<sup>a</sup>, Butler ne montre aucune empathie particulière à l'égard de la pensée raffinée de Lamarck.

a. Samuel Butler, *Evolution, Old and New*, London, Hardwick and Bogue, 1879.



## 1. Les erreurs de Lamarck

Tout ce qu'on peut dire du rapport entre évolution et changement somatique est en majeure partie déductif : il n'y a pas, au niveau de théorie que nous abordons ici, de données venant de l'observation, l'expérimentation n'a pas encore commencé – ce qui n'est pas surprenant. En réalité, il n'y a eu quasiment aucune preuve tangible de la sélection naturelle à l'œuvre sur le terrain avant que Kettwell ne se mît à étudier, dans les années trente, les variétés claires et foncées de la phalène du bouleau (*Biston betularia*).

Quoi qu'il en soit, les arguments contre l'hérédité des caractères acquis sont instructifs, et nous serviront à illustrer plusieurs aspects de la relation complexe existant entre les deux grands processus stochastiques. Il y a en gros trois arguments dont le troisième seul est convaincant :

a) Le premier argument est que l'hypothèse doit être écartée par manque de données empiriques. Mais l'expérimentation en ce domaine est incroyablement difficile, ce qui n'empêche pas qu'on y critique sans ménagement : il n'est donc pas surprenant que l'on manque de preuves. D'ailleurs, il n'est pas évident, si une manifestation de l'hérédité lamarckienne se produisait sur le terrain, ou même en laboratoire, qu'il serait possible de la reconnaître.

b) La deuxième critique était celle d'August Weismann; c'était encore, il y a peu, la plus solide. Il affirmait, dans les années 1890, qu'il n'y avait pas de communication entre le soma et le plasma germinatif. Weismann était un embryologiste allemand extraordinairement doué qui, devenu presque aveugle alors qu'il était encore jeune, avait décidé de se consacrer à la théorie. Il remarqua que, pour de nombreux organismes, il y avait continuité de génération en génération de ce qu'il a appelé le « plasma germinatif », c'est-à-dire de la lignée germinale : à chaque génération, on pouvait considérer le corps phénotypique, ou soma, comme formant branche à partir de ce plasma germinatif.

De cette trouvaille, il déduisit qu'il ne pouvait y avoir de communication en sens inverse, c'est-à-dire de la branche que représente le soma, à la souche que représente le plasma germinatif.

Il ne fait pas de doute que n'importe quel individu, exerçant son biceps droit, finira par développer ce muscle. Mais il n'y a pas de moyen connu par lequel l'information relative à ce changement

somatique pourrait être transmise aux cellules reproductrices de cet individu.

Cette critique, tout comme la première, repose sur l'argument de l'absence de preuve, terrain peu sûr pour y fonder une objection, si bien que de nombreux biologistes, après Weismann, ont essayé de faire comme si cet argument était une déduction : ils ont avancé qu'une voie de communication entre le biceps et les futurs gamètes n'était pas imaginable.

Mais cette proposition ne paraît pas aussi sûre aujourd'hui qu'il y a vingt ans. Si l'ARN peut en effet transporter des copies de portions d'ADN à d'autres parties de la cellule, voire à d'autres parties du corps, il devient imaginable que des messages relatifs aux changements chimiques affectant le biceps puissent être transmis au plasma germinatif.

c) La dernière critique, et à mon avis la seule qui soit convaincante, est un raisonnement par l'absurde : si l'hérédité lamarckienne était la règle, ou même si elle était simplement commune, tout le système d'interdépendance des processus stochastiques s'arrêterait.

J'avance ici cette critique non seulement pour essayer (probablement en vain) d'achever une fois pour toutes ce serpent de mer qui n'en finit pas de mourir, mais aussi pour illustrer les relations qui existent entre les deux processus stochastiques. Imaginons, par exemple, le dialogue suivant entre un théoricien lamarckien et un biologiste non lamarckien :

*Le biologiste* : Que dit exactement la théorie lamarckienne? Qu'entendez-vous par l'hérédité des caractères acquis?

*Le lamarckien* : Qu'un changement dans le corps dû au milieu sera transmis aux descendants.

*Le biologiste* : Quoi? Un « changement » va être transmis? Qu'est-ce qui exactement va être transmis des parents aux descendants? Un « changement », c'est, d'une façon ou d'une autre, une abstraction, non?

*Le lamarckien* : C'est un effet du milieu; par exemple : les brosses copulatrices du crapaud accoucheur mâle<sup>1</sup>.

1. La plupart des espèces de crapauds s'accouplent dans l'eau, et, pendant la période d'accouplement, le mâle étreint la femelle par derrière avec ses pattes de devant.



*Le biologiste* : Je ne comprends toujours pas. Vous ne voulez sûrement pas dire que c'est le milieu qui a fabriqué les brosses copulatrices ?

*Le lamarckien* : Non, bien sûr. C'est le crapaud qui les a fabriquées.

*Le biologiste* : Ah bon ! Donc le crapaud savait, en quelque sorte, se faire pousser des brosses copulatrices, ou en avait la « capacité » ?

*Le lamarckien* : Oui, c'est quelque chose comme cela. Le crapaud pouvait fabriquer des brosses lorsqu'il était contraint de s'accoupler dans l'eau.

*Le biologiste* : Donc, il pouvait s'adapter, c'est bien cela ? S'il s'accouplait sur la terre ferme, comme c'était normal pour son espèce, il ne se faisait pas pousser de brosses copulatrices. Par contre, dans l'eau, il se faisait tout simplement pousser des brosses, comme toutes les autres espèces de crapauds. Il avait le choix.

*Le lamarckien* : Mais certains des descendants du crapaud qui avait fabriqué des brosses dans l'eau en ont fabriqué même sur terre : c'est cela que j'entends par l'« hérédité des caractères acquis ».

*Le biologiste* : Ah ! d'accord ! Je comprends : ce qui a été transmis, c'est la perte de la possibilité du choix : les descendants ne pouvaient plus s'accoupler normalement sur la terre ferme. C'est prodigieux.

Peut-être est-ce parce que la femelle est visqueuse que, pendant cette période, chez le mâle, les bourrelets noirs de la surface dorsale des pattes sont rugueux, formant une « brosse copulatrice ». A l'inverse, le crapaud accoucheur, qui s'accouple sur la terre ferme, n'a pas de telles brosses copulatrices. Dans les années qui précédèrent la Première Guerre mondiale, Paul Kammerer, un savant autrichien, prétendit avoir démontré la fameuse hérédité des caractères acquis en obligeant des crapauds accoucheurs à s'accoupler dans l'eau : dans de telles conditions, il venait en effet au mâle des brosses copulatrices. Il fut affirmé que les descendants de ce mâle présentaient aussi des brosses copulatrices même sur terre <sup>a</sup>.

a. Gregory Bateson faisait partie d'un groupe d'étudiants à Cambridge qui invita Kammerer en 1923 à venir montrer le fameux crapaud ; son père, William Bateson, biologiste de grand renom, était le principal opposant aux thèses lamarckiennes de Kammerer.

*Le lamarckien* : Évidemment, si vous faites exprès de ne pas comprendre...

*Le biologiste* : Je fais peut-être exprès, mais je ne comprends toujours pas ce qui est censé être « transmis » ou « hérité ». Le fait empirique que vous invoquez, c'est que les descendants diffèrent des parents en ce qu'ils n'ont pas une possibilité de choix que les parents avaient. Mais il ne s'agit pas alors de transmission d'une ressemblance (ce que suggère le mot hérédité), mais de transmission d'une *différence*. Mais cette différence n'existait pas préalablement à sa transmission. Car, si je comprends bien, le père crapaud, lui, avait toujours sa possibilité de choix intégrale...

Et ainsi de suite...

Le nœud de cette discussion est la nature du type logique auquel appartient le message génétique censé être transmis. Il ne suffit pas de dire, d'une manière vague, que les brosses copulatrices sont transmises, et il n'y a pas lieu d'affirmer que c'est la capacité de développer des brosses qui est transmise, puisque cette capacité était une caractéristique de la génération parentale avant le début de l'expérience <sup>1</sup>.

On ne nie pas, bien entendu, que les animaux et même les plantes, dans une moindre mesure, ont souvent l'apparence qu'ils auraient eue dans un monde où l'évolution aurait suivi les voies de l'hérédité lamarckienne.

Mais nous allons voir que cette apparence était inévitable, étant donné que :

- les populations sauvages ont habituellement (peut-être toujours) des réservoirs de gènes hétérogènes (variés et mêlés) ;
- tout animal particulier est capable de changements somatiques qui sont, d'une certaine façon, adaptatifs ;
- les mutations et la redistribution des gènes existants se font au hasard.

Mais on ne pourra tirer cette conclusion qu'après avoir comparé le

1. Arthur Koestler, dans *The Case of the Midwife Toad*<sup>a</sup>, note qu'on a trouvé au moins un crapaud sauvage de cette espèce muni de brosses copulatrices. L'équipement génétique nécessaire est donc disponible : cette découverte affaiblit sérieusement la portée de l'expérience.

a. Arthur Koestler, *L'Étreinte du crapaud*, Paris, Calmann-Lévy, 1972, trad. fr. de Georges Fradier.



bilan entropique d'un changement somatique avec le bilan entropique d'une même apparence phénotypique réalisée par détermination génétique.

Dans le dialogue imaginaire de tout à l'heure, le biologiste a fermé la bouche du lamarckien, en disant que l'hérédité des caractères acquis se traduirait pour l'individu par la perte de la liberté de modifier son corps en fonction de l'habitude et des conditions du milieu. Or, cette conclusion n'est pas si évidente que cela. Il ne fait aucun doute que la substitution du contrôle génétique au contrôle somatique (sans tenir compte du problème de l'hérédité) ne peut que diminuer la souplesse adaptative d'un individu donné : chez celui-ci, la possibilité du choix d'un changement somatique sera perdue totalement ou partiellement pour telle ou telle caractéristique. Mais la question générale demeure : n'est-il jamais « payant » de substituer le contrôle génétique au contrôle somatique ? Si tel était le cas, le monde serait certainement très différent de celui que nous connaissons. D'un autre côté, si l'hérédité lamarckienne était la règle, tout le processus de l'évolution et de la vie dépendrait d'un déterminisme génétique rigide. La réponse doit donc se situer entre ces deux extrêmes et, comme nous manquons de données pour résoudre la question, nous en sommes réduits au bon sens, et aux déductions que l'on peut tirer des principes cybernétiques.

Illustrons maintenant l'ensemble de la question par quelques considérations sur l'usage et le non-usage.

## 2. L'usage et le non-usage

Cette vieille paire de concepts, qui avait longtemps été au centre des discussions sur l'évolution, a presque disparu du débat, peut-être parce qu'en cette matière, il était spécialement nécessaire de distinguer clairement les types logiques dont relevaient les différents éléments de toute hypothèse.

Que les effets de l'usage puissent contribuer, d'une manière ou d'une autre, à l'évolution n'a rien de particulièrement mystérieux. Personne ne peut nier que sur la scène biologique, à première vue, tout se passe comme si les effets de l'usage et du non-usage se transmettaient de génération en génération. Mais cette règle ne cadre pas avec ce que nous savons de la nature autocorrectrice, adaptative, du changement somatique. Car, si tel était le cas, les êtres vivants

perdraient, en l'espace de quelques générations, toute liberté d'adaptation somatique.

Mais, pour aller au-delà de la position lamarckienne stricte, il faut affronter les difficultés posées par les types logiques des différents éléments de cette hypothèse. Je pense que ces difficultés peuvent être surmontées. En ce qui concerne l'usage, on peut, sans trop de peine, envisager des cas où la sélection naturelle favoriserait des individus dont le patrimoine génétique correspondrait aux changements somatiques courants chez les membres d'une population donnée. Les changements somatiques qui accompagnent l'usage sont communément adaptatifs (pas toujours cependant) : par conséquent, le contrôle génétique qui favoriserait de tels changements pourrait être avantageux.

Dans quelles circonstances est-il donc profitable, en termes de survie, de substituer le contrôle génétique au contrôle somatique ?

Le prix d'une telle substitution est, comme je l'ai montré, un manque de souplesse, mais ce manque doit être soigneusement défini si l'on veut préciser les conditions dans lesquelles cette substitution est bénéfique.

Il y a d'abord des cas où il n'y aurait peut-être plus jamais besoin de flexibilité après le passage au contrôle génétique. Ce sont les cas où le changement somatique est une adaptation à une condition constante du milieu. Les membres d'une espèce qui vivent en haute montagne peuvent aussi bien réussir leur adaptation au climat, à la pression atmosphérique, etc., par détermination génétique ; ils n'ont pas besoin de cette réversibilité qui est l'apanage du changement somatique.

Inversement, l'adaptation à des conditions variables et réversibles se fait beaucoup plus facilement par changement somatique, et il se peut très bien que seul un changement somatique très superficiel soit tolérable.

Car il y a une gradation dans la profondeur du changement somatique. Si un homme passe du niveau de la mer à une altitude de 4 000 m, il commencera à respirer plus vite, à moins d'être en très bonne condition physique, et son rythme cardiaque s'accélérera. Ces changements somatiques immédiats et réversibles conviennent parfaitement à des cas d'urgence, mais ce serait un gâchis extravagant de souplesse adaptative que d'employer le halètement et la tachycardie comme ajustement permanent à la haute altitude. Ce qui est requis dans ce dernier cas, c'est un changement somatique qui soit peut-être moins réversible, puisqu'il ne s'agit pas d'un cas d'urgence temporaire, mais de conditions durables et continues. Il sera donc



avantageux de sacrifier un peu de réversibilité pour économiser de la souplesse (c'est-à-dire, pour qui vit en altitude, réserver le halètement et la tachycardie à la nécessité éventuelle de fournir des efforts supplémentaires).

Il se produit alors ce que l'on appelle une *acclimatation*. Chez l'homme, des changements vont apparaître au niveau du cœur; le taux d'hémoglobine dans le sang va augmenter; le volume thoracique et la mécanique respiratoire vont se modifier, etc. Mais ces changements seront beaucoup moins réversibles que le halètement, de sorte que l'homme éprouvera peut-être un certain malaise s'il redescend dans la plaine.

Dans le jargon de ce livre, je dirai qu'il existe une hiérarchie dans l'adaptation somatique, qui répond soit à des exigences immédiates et particulières (à un niveau superficiel, plus concret), soit à un ajustement plus général (à des niveaux plus profonds, plus abstraits). Cette hiérarchie est similaire à celle de l'apprentissage : l'apprentissage primaire a trait aux actes, aux faits *stricto sensu*; l'apprentissage secondaire aux contextes et aux classes de contextes.

Il est intéressant de noter que l'acclimatation s'effectue grâce à de multiples changements opérant à plusieurs endroits (muscle cardiaque, hémoglobine, musculature pectorale, etc.); tandis que les mesures d'urgence sont généralement spécifiques et locales.

Dans l'acclimatation, l'organisme acquiert une souplesse superficielle au prix d'une plus grande rigidité en profondeur. Notre homme peut alors recourir au halètement et à la tachycardie à titre de mesures d'urgence s'il rencontre un ours, par exemple; mais il éprouvera des malaises quand il retournera rendre visite à ses vieux copains qui vivent au niveau de la mer.

Essayons d'explicitier cette question en termes plus formels. Examinons l'ensemble des propositions nécessaires pour décrire un organisme. Il peut y en avoir des millions, mais elles seront toujours reliées entre elles par des boucles et des circuits d'interdépendance. De plus, dans une certaine mesure, toute proposition descriptive sera normative pour cet organisme; c'est-à-dire qu'il y aura un niveau maximal et un niveau minimal au-delà desquels la variable décrite sera toxique. Par exemple, trop ou trop peu de sucre dans le sang provoque la mort, et il en est ainsi pour toutes les variables biologiques.

A chaque variable s'attache ce qu'on pourrait appeler une *métavaleur*; c'est-à-dire qu'il y va de l'intérêt de l'être vivant que la variable donnée se situe au niveau moyen de son éventail possible, et non pas

au maximum ou au minimum. Et comme les variables sont reliées entre elles par des circuits et des boucles, il s'ensuit que toute variable dont la valeur se situe à son maximum ou à son minimum doit partiellement gêner les autres variables situées dans la même boucle.

Souplesse adaptative et survie sont donc favorisées par tout changement tendant à maintenir les variables à un niveau moyen. Or, tout changement somatique extrême portera une ou plusieurs variables à des valeurs extrêmes. Ainsi y a-t-il toujours une tension qu'un changement génétique peut soulager, à condition que l'expression phénotypique de ce changement ne soit pas l'accroissement d'une tension déjà présente; ce qui est ici requis, c'est un changement génétique qui *modifie les seuils de tolérance aux valeurs les plus hautes et/ou les plus basses de la variable*.

Si, par exemple, avant le changement génétique (par mutation ou plus probablement par redistribution des gènes), les limites de tolérance d'une variable donnée sont respectivement 5 et 7, un changement génétique qui donnerait à ces limites les nouvelles valeurs de 7 et 9 contribuerait à la survie d'une créature dont l'ajustement somatique s'essoufflait à maintenir la variable à l'ancien niveau supérieur de 7. Au-delà, si cet ajustement somatique faisait grimper la variable à une nouvelle valeur de 9, un nouveau gain de valeur sélective pourrait être obtenu par un nouveau changement génétique qui ferait monter les seuils de tolérance encore plus haut dans l'échelle.

Il était difficile jadis de rendre compte d'un changement évolutif lié à un *non-usage*. On pouvait facilement imaginer qu'un changement génétique allant dans la même direction que les effets de l'habitude ou de l'usage serve à la survie, mais il était plus malaisé de voir en quoi serait profitable la réalisation d'un programme génétique reproduisant les effets d'un non-usage. Cependant, travaillant sur les types logiques du message génétique présumé, on peut formuler une hypothèse qui utilise un seul paradigme pour couvrir à la fois les effets de l'usage et ceux du non-usage. Le vieux mystère qui entourait la cécité des animaux cavernicoles et le fémur de deux cents grammes de la baleine bleue qui pèse quatre-vingts tonnes en vient à s'éclaircir quelque peu. Il faut seulement faire l'hypothèse que la préservation d'un organe résiduel, par exemple d'un fémur de cinq kilos chez une baleine de quatre-vingts tonnes, poussera toujours une ou plusieurs variables somatiques à leur limite de tolérance supérieure ou inférieure, et voir si la modification de ces limites sera acceptable.



Cependant, du point de vue de ce livre, cette solution aux problèmes (qui, sinon, sont embarrassants) de l'usage et du non-usage est un exemple intéressant non seulement du rapport qui existe entre changement génétique et changement somatique, mais aussi du rapport entre types logiques supérieurs et inférieurs, à l'intérieur de ce vaste processus mental qu'on appelle l'évolution.

Le message correspondant à un type logique supérieur (c'est-à-dire l'instruction la plus génétique) ne doit pas mentionner la variable somatique dont les tolérances sont modifiées par le changement génétique. En effet, le programme génétique ne contient probablement rien qui ressemble de près ou de loin aux noms ou aux substantifs du langage humain. Je pense que, lorsqu'on aura étudié le domaine presque totalement inconnu des processus par lesquels l'ADN détermine le développement de l'embryon, on s'apercevra que l'ADN ne mentionne en réalité que des *rappports*. Si nous demandions à l'ADN combien de doigts aura cet embryon humain, la réponse serait probablement « quatre paires de relations entre » (doigts). Et si nous demandions combien d'espaces il y aura entre les doigts, la réponse serait : « trois paires de relations entre » (espaces). Dans chaque cas, seules les relations *entre* sont définies et déterminées : les *relata*, les composants qui se trouvent à chaque bout de ces relations, dans le monde corporel, ne sont peut-être jamais mentionnés.

(Les mathématiciens noteront que le système hypothétique ici décrit ressemble à leur théorie des groupes, en ce sens qu'il ne traite que des relations entre les *opérations* par lesquelles quelque chose est transformé, jamais de ce « quelque chose » lui-même.)

Concernant cet aspect de la communication qui va du changement somatique au patrimoine génétique collectif d'une population grâce à la sélection naturelle, il est important de noter :

- a) que le changement somatique a une structure hiérarchique;
- b) que le changement génétique est, dans un certain sens, l'élément le plus haut placé dans cette hiérarchie (c'est-à-dire le plus abstrait et le moins réversible);
- c) que le changement génétique peut épargner au système, au moins partiellement, le poids de la rigidité : d'une part, en retardant son action jusqu'au moment où il devient probable que la situation qui avait été prise en charge par le soma à un niveau réversible est devenue bel et bien permanente; d'autre part, en n'agissant sur la variable phénotypique que de façon indirecte; le changement génétique ne modifie probablement que le niveau de réglage (voir

*Types logiques* \*) du contrôle homéostatique de la variable phénotypique;

d) que ce passage du contrôle direct de la variable phénotypique au contrôle du niveau de réglage de la variable s'accompagne probablement d'une ouverture et d'un élargissement des possibilités de changement; le contrôle des limites de tolérance de la taille du fémur de la baleine est sûrement assuré par des dizaines de gènes différents qui, à cet égard, agissent ensemble, mais qui ont peut-être chacun séparément un rôle tout à fait différent au niveau d'autres parties du corps.

On a déjà rencontré de ces cas où l'on passe du niveau d'un phénomène isolé (auquel peut d'abord s'intéresser l'évolutionniste) au niveau d'un phénomène à causes multiples alternatives ou synergistiques : c'était le cas, par exemple, lorsqu'on est passé du simple changement somatique au phénomène d'acclimatation. Il est vraisemblable qu'en biologie le passage d'un niveau logique au niveau logique supérieur doit toujours s'accompagner d'une telle multiplication des circonstances intervenantes à considérer.

### 3. Assimilation génétique

Les propos tenus dans la section 2 peuvent être illustrés presque point par point par les célèbres expériences de mon ami Conrad Waddington, démontrant ce qu'il a appelé l'*assimilation génétique*. La plus spectaculaire de ces expériences commença par la production de phénocopies \* des effets d'un gène (appelé *bithorax*) chez la mouche drosophile. Tous les membres ordinaires de la grande famille des diptères, mise à part la puce aptère, sont munis de deux ailes et d'une deuxième paire d'ailes réduites à l'état de petits organes ou haltères, qu'on pense être des balanciers. Or, sous l'effet du gène *bithorax*, les rudiments d'ailes du troisième segment du thorax deviennent des ailes presque parfaites : il en résulte une mouche à quatre ailes.

Cette modification très profonde du phénotype, réveillant une morphologie très ancienne, de nos jours inhibée, put également être produite par un changement somatique. Si on intoxiquait des pupes par des doses appropriées d'éther éthylique, les mouches adultes, issues de la métamorphose, présentaient le caractère *bithorax*. Donc



ce caractère était connu à la fois comme résultat génétique et comme résultat d'une perturbation violente de l'épigenèse\*.

Waddington réalisa ses expériences sur de vastes populations de mouches enfermées dans de grandes cages. A chaque génération, il soumettait ces populations à l'intoxication par l'éther pour obtenir des formes bithorax. A chaque génération, il sélectionnait les mouches qui présentaient le meilleur développement de ce qu'il pensait être le bithorax parfait. (Toutes avaient, en fait, un air assez pitoyable, étant totalement incapables de voler.) Il faisait se reproduire ces individus sélectionnés et soumettait la génération qui en résultait au traitement par l'éther, et à la sélection.

Dans chaque génération, il gardait quelques pupes qu'il n'intoxiquait pas, et les laissait se métamorphoser dans des conditions normales. Finalement, au cours de l'expérience, après quelque trente générations, des formes bithorax commencèrent à faire leur apparition dans les groupes non traités. En faisant se reproduire celles-ci, il apparut qu'elles n'étaient pas produites par le seul gène bithorax, mais par un ensemble de gènes agissant de concert pour déterminer l'apparition des quatre ailes.

Dans cette expérience, il n'y a aucune preuve de l'hérédité directe des caractères acquis. Waddington fit l'hypothèse que la redistribution des gènes dans la reproduction sexuée et le taux de mutation n'étaient pas affectés par l'agression physiologique subie par les organismes. Il fournit comme explication que la sélection effectuée sur une échelle gigantesque, supprimant toute chance de vie à peut-être plusieurs tonnes de mouches, ne retenait qu'un tout petit nombre d'animaux bithorax. Il soutint qu'il était légitime de considérer qu'avaient été ainsi sélectionnés des individus ayant le seuil le plus bas pour la production de l'anomalie bithorax.

Nous ignorons quel aurait été le résultat de l'expérience si Waddington n'avait pas sélectionné les « meilleurs » bithorax. Peut-être aurait-il, après trente générations, créé une population immunisée contre l'éther ou, au contraire, pourquoi pas, ayant besoin d'éther. Mais peut-être que si la modification bithorax était, comme la plupart des changements somatiques, partiellement adaptative, cette population, comme la population expérimentale de Waddington, aurait créé des copies génétiques (*génocopies*) des résultats obtenus à partir du traitement à l'éther.

Par ce nouveau mot, *génocopie*, je mets l'accent sur le fait que le changement somatique peut précéder le changement génétique, de telle sorte qu'il conviendrait mieux de considérer le change-

ment génétique comme en étant la copie. Autrement dit, les changements somatiques peuvent en partie déterminer les directions de l'évolution; ce fait se vérifiera d'autant mieux dans des *Gestalten* plus larges que celles que nous analysons ici : c'est dire qu'il va nous falloir encore élargir le type logique de notre hypothèse. On peut donc distinguer trois étapes dans l'élaboration de la théorie :

a) Au niveau de l'individu, le milieu et l'expérience peuvent provoquer le changement somatique, mais ne peuvent pas modifier les gènes. Il n'existe pas d'héritage direct au sens lamarckien; et d'ailleurs un tel héritage, *sans sélection*, réduirait à néant de façon irréversible la souplesse adaptative somatique.

b) Au niveau de la population, le milieu et l'expérience engendreront, par une sélection appropriée parmi les phénotypes, des individus mieux adaptés sur lesquels la sélection peut agir. Dans cette mesure, la *population* se comporte comme une unité lamarckienne : c'est sans aucun doute pour cette raison que le monde biologique a l'air d'être le produit d'une évolution de type lamarckien.

c) Mais soutenir que les changements somatiques *ouvrent la route* au changement évolutif fait intervenir un autre niveau de type logique, une *Gestalt* encore plus large. Il nous faudrait invoquer alors la co-évolution et dire que l'écosystème environnant, ou certaines espèces apparentées, évoluent pour s'adapter aux changements somatiques des individus. De tels changements dans l'environnement pourraient très bien agir comme un moule qui favoriserait telle ou telle *génocopie* des changements somatiques.

#### 4. Le contrôle du changement somatique

Un autre aspect de la communication entre les gènes et le développement du phénotype apparaît lorsqu'on s'interroge sur le contrôle génétique du changement somatique.

Il est sûr qu'il y a *toujours* une contribution génétique aux événements somatiques. Si une personne bronze au soleil, nous pouvons dire qu'elle a subi un changement somatique provoqué par l'exposition à la lumière d'une certaine longueur d'onde, etc. Si, par la suite, elle s'abrite du soleil, son bronzage disparaît; et, si elle était blonde, elle retrouvera son teint clair. Mais, après une nouvelle exposition au soleil, elle bronzerà à nouveau. Un homme change donc



de couleur quand il s'expose à la lumière du soleil, mais une telle exposition n'influe pas sur sa *capacité* de changer ainsi, c'est du moins ce que je crois.

Pourtant, il est concevable (et c'est évidemment le cas dans les processus plus complexes d'apprentissage) que la *capacité* d'opérer certains changements somatiques puisse être, elle-même, objet d'apprentissage (comme si quelqu'un était capable d'améliorer ou de réduire sa capacité de bronzer au soleil). Dans pareil cas, la capacité de réaliser ce *métachangement* pourrait être entièrement contrôlée par des facteurs génétiques. On peut même encore concevoir une capacité de *changer la capacité de changer*, et ainsi de suite. Mais il n'est pas possible, dans la réalité, que la série soit infinie.

Il s'ensuit que la série doit toujours prendre fin dans le génome, et il semble vraisemblable que, dans la plupart des cas d'apprentissage et de changement somatique, le nombre de niveaux de contrôle somatique soit réduit. Nous pouvons apprendre à apprendre, et probablement apprendre à apprendre à apprendre. Mais la séquence s'arrête vraisemblablement là.

Si l'on se fonde sur ces considérations, il est absurde de se demander : telle caractéristique de cet organisme a-t-elle été déterminée par ses gènes, par un changement somatique ou par un apprentissage ? Il n'existe pas de caractéristique phénotypique qui ne soit affectée par les gènes.

Une meilleure question serait : à quel niveau dans le typage logique le contrôle génétique intervient-il dans la détermination de telle caractéristique ? La réponse à cette question prendra toujours la forme suivante : au niveau logique *supérieur* à celui correspondant à la capacité pour l'organisme d'accomplir par le processus somatique un apprentissage ou un changement corporel.

Faute de distinguer entre le type logique du changement génétique et celui du changement somatique, presque toutes les études relatives au « génie », aux aptitudes innées et autres choses de ce genre, conduisent à des inepties.

##### 5. « Rien ne vient de rien » dans l'épigenèse

J'ai déjà fait remarquer que l'épigenèse est à l'évolution ce que l'élaboration d'une tautologie est à la pensée créatrice. Dans l'embryogenèse d'un être vivant, il n'y a aucune nécessité d'information

nouvelle ou de changement de plan ; mieux : le plus souvent, l'épigenèse doit être protégée contre l'intrusion d'informations nouvelles : le développement du fœtus doit se faire selon les règles axiomatiques inscrites dans l'ADN ou ailleurs. Dans le langage du deuxième chapitre, on peut dire que l'évolution et l'apprentissage sont nécessairement *divergents* et imprévisibles, mais que l'épigenèse, elle, doit être convergente.

Dans le domaine de l'épigenèse, les cas qui nécessitent une information nouvelle seront donc à la fois très rares et très nets. Mais il devrait y avoir des cas (pathologiques, toutefois) dans lesquels un manque ou une perte d'information entraîne d'importantes distorsions dans le développement. Dans ce contexte, les phénomènes de symétrie et d'asymétrie sont une mine inépuisable d'exemples. Les règles logiques qui doivent gouverner le jeune embryon pour qu'il présente de telles caractéristiques sont à la fois simples et formelles, de sorte que leur présence ou leur absence se remarque à coup sûr.

Les exemples les plus célèbres nous sont fournis par l'étude expérimentale de l'embryogenèse des amphibiens. J'analyserai ici des phénomènes ayant trait à la symétrie qu'on peut observer dans l'œuf de grenouille : mais ce qui est vrai pour la grenouille l'est probablement aussi pour tous les vertébrés.

Il semble que, sans une information provenant du monde extérieur, l'œuf de grenouille non fécondé ne dispose pas de l'information nécessaire (c'est-à-dire de la *différence* nécessaire) pour déterminer un axe de symétrie bilatérale. L'œuf présente deux pôles distincts : le pôle *animal*, où le protoplasme l'emporte sur le vitellus, et le pôle *végétatif*, où le vitellus domine ; mais il n'existe aucune différenciation au niveau des coordonnées de longitude (ou méridiens). En ce sens, l'œuf présente une symétrie radiale.

Il ne fait pas de doute que la différenciation des pôles animal et végétatif a été déterminée par la position de l'œuf dans le follicule ou par le plan de la dernière division cellulaire au moment de la production des gamètes. Ce plan, à son tour, est lui-même probablement déterminé par la position de la cellule mère dans le follicule. Mais cela n'est pas suffisant.

S'il n'y a pas une certaine différenciation dans le sens de la longitude, l'œuf non fécondé ne peut pas « savoir » ou « décider » où se situera le plan de symétrie médian de la grenouille, animal dont la symétrie est bilatérale : l'épigenèse ne peut commencer avant qu'un méridien ne se soit différencié des autres. Heureusement, nous savons



comment est fournie cette information décisive. Elle vient nécessairement de l'extérieur : c'est le point d'entrée du spermatozoïde. Le spermatozoïde pénètre dans l'œuf un peu en dessous de l'équateur et c'est le méridien passant par les deux pôles et le point d'entrée qui définit le plan médian de la symétrie bilatérale de la grenouille. La première segmentation de l'œuf suit ce méridien, et le côté de l'œuf par lequel le spermatozoïde est entré devient la face ventrale de la grenouille.

De plus, on sait que le message dont l'œuf a besoin n'est pas inscrit dans l'ADN ou dans d'autres structures complexes du spermatozoïde : une piqûre avec une fibre d'une brosse à poils de chameau peut faire tout aussi bien l'affaire. A partir d'une telle piqûre, l'œuf pourra se segmenter et, poursuivant son développement, devenir une grenouille adulte en parfaite santé, qui fera des bonds et attrapera des mouches. Elle sera, bien sûr, haploïde (c'est-à-dire qu'il lui manquera la moitié du stock normal de chromosomes). Elle ne pourra pas se reproduire, mais sinon sera parfaite à tous égards.

Un spermatozoïde n'est donc pas indispensable pour atteindre cet objectif. Ce qu'il faut, c'est un *marqueur de différence*, et l'organisme n'est pas exigeant. Mais sans marqueur, pas d'embryon : « De rien, il ne sort rien. »

Mais l'histoire ne finit pas là. La future grenouille (et déjà le têtard très jeune) est visiblement asymétrique dans son anatomie au niveau de l'endoderme. Comme la plupart des vertébrés, la grenouille est assez parfaitement symétrique au niveau de l'ectoderme (peau, cerveau, yeux) et du mésoderme (squelette, muscles), mais elle est franchement asymétrique dans ses structures endodermiques (intestin, foie, pancréas, etc.) (En fait, tout animal dont l'intestin est replié dans un plan autre que médian ne peut, pour cette raison même, qu'être asymétrique : si vous observez le ventre d'un têtard vous verrez que l'intestin, bien visible sous la peau, s'enroule en une grande spirale.)

Comme on pouvait s'y attendre, le *situs inversus* (état anatomique caractérisé par un renversement de la symétrie) existe chez les grenouilles, mais la chose est rarissime. Ce phénomène, bien connu dans l'espèce humaine, touche environ un individu sur un million. Ces individus ressemblent aux autres en tous points, mais, à l'intérieur de leur corps, tout est inversé : le côté droit de leur cœur envoie le sang vers l'aorte et le côté gauche vers les poumons. Les causes de cette inversion ne sont pas connues, mais le fait qu'elle puisse exister montre que l'asymétrie normale n'est pas déterminée par une asymé-

trie des molécules. L'inversion d'une partie d'une telle asymétrie due aux molécules impliquerait l'inversion de la totalité des structures asymétriques, du fait que les molécules doivent s'agencer de façon adéquate. Or, l'inversion de la totalité des structures moléculaires n'est pas pensable et ne pourrait être viable que dans un monde lui-même inversé.

Le problème reste donc de savoir d'où vient l'information qui détermine l'asymétrie. L'œuf doit sûrement recevoir une information spécifiant l'asymétrie correcte, celle qui est statistiquement normale.

Pour autant que nous sachions, cette information ne peut pas être transmise après la fécondation. Dans l'ordre chronologique des événements, l'expulsion hors de la mère vient en premier lieu, puis la fécondation ; ensuite, l'œuf est protégé par une masse gélatineuse pendant toute la période de segmentation et le premier stade du développement embryonnaire. Autrement dit, l'œuf doit contenir, avant la fécondation, l'information nécessaire pour déterminer l'asymétrie. Quelle forme cette information revêt-elle ?

Dans mes commentaires sur la nature de l'explication, au chapitre II, j'ai noté qu'aucun dictionnaire ne pouvait donner la définition correcte des mots *gauche* et *droite* : c'est-à-dire qu'aucun système arbitraire ne pouvait résoudre ce problème ; l'information, dans ce cas, ne pouvait qu'être monstrative. Nous avons maintenant l'occasion de découvrir comment l'œuf résout le même problème.

Je crois qu'il ne peut y avoir en principe qu'une seule sorte de solution (et j'espère que quelqu'un en cherchera la preuve à l'aide d'un microscope électronique à balayage). C'est dans l'œuf avant la fécondation que se trouve forcément la réponse, et sous une forme qui détermine toujours la même asymétrie, *indépendamment du méridien marqué par l'entrée du spermatozoïde*. Il s'ensuit que tout méridien, quelle que soit sa place, doit être inclus dans une organisation asymétrique et que tous les méridiens doivent être situés dans une asymétrie de même direction. De façon très simple, une sorte de *spirale de relations non quantitatives* (ou relations vectorielles) répond à cette exigence. Une telle spirale coupe chaque méridien obliquement pour faire sur chacun d'entre eux la même différence entre est et ouest.

Un problème analogue se retrouve dans la différenciation des membres bilatéraux. Mon bras droit est un objet asymétrique, et l'image en miroir exacte de mon bras gauche. Mais il existe des cas monstrueux, rares, où des individus naissent avec deux bras ou un bras fourchu sur le même côté. Dans ce cas, les deux bras constituent



un système à symétrie bilatérale. L'un des composants sera un bras droit et l'autre un bras gauche, de façon telle que l'un sera l'image en miroir de l'autre<sup>1</sup>. Cette règle a été énoncée pour la première fois par mon père en 1890, et fut appelée pendant longtemps la *loi de Bateson*. Il put montrer l'applicabilité de cette loi à presque tous les phyla d'animaux, après avoir mené des recherches dans tous les musées et dans de nombreuses collections privées européennes et américaines. Il a, en particulier, recueilli une centaine de cas de pattes de coléoptères présentant de telles anomalies.

J'ai réexaminé cette loi et démontré, à partir de ses données de départ, que mon père avait eu tort de se demander : qu'est-ce qui a déterminé cette symétrie nouvelle? Il aurait dû se demander : qu'est-ce qui a déterminé la *perte* de l'asymétrie?

J'ai, pour ma part, avancé l'hypothèse que les formes monstrueuses étaient dues à une *perte* ou à une *omission* d'information. La symétrie bilatérale demande plus d'information que la symétrie radiale, et l'asymétrie plus que la symétrie bilatérale. L'asymétrie d'un membre latéral tel que la main, exige une orientation adéquate dans trois directions : la direction du dos de la main doit être distinguée de celle de la paume; celle du pouce doit être distinguée de celle de l'auriculaire et celle du coude doit être distinguée de celle des doigts. Il faut que les trois directions s'agencent convenablement pour aboutir à une main *droite* plutôt qu'à une main *gauche*. Si l'une des directions est inversée, comme lorsque la main se reflète dans un miroir, on obtiendra une image inversée (voir chapitre III, section 9). Mais, si l'une de ces trois différenciations est *perdue* ou *omise*, on ne parviendra qu'à une symétrie bilatérale.

Le postulat « rien ne vient de rien » devient alors ici un peu plus complexe : la symétrie bilatérale provient de l'asymétrie lorsqu'une discrimination est perdue.

## 6. L'homologie

Parvenu en ce point, je laisserai de côté les problèmes de génétique au niveau de l'individu, de changement somatique et d'apprentissage, ainsi que les processus apparents de l'évolution, pour me tourner vers

1. J'ai un peu simplifié la loi pour les besoins de l'exposé. Pour de plus amples détails, voir « Réexamen de la loi de Bateson », in *Vers une écologie de l'esprit*, t. II, p. 133-150.

les résultats de l'évolution à plus vaste échelle. Je me demanderai quelles déductions nous pouvons faire concernant ses processus sous-jacents, en envisageant la perspective plus large de la phylogénie.

L'anatomie comparée a une longue histoire. Pendant au moins soixante ans, de la publication de *l'Origine des espèces* aux années vingt, ceux qui s'occupaient d'anatomie comparée ont mis l'accent sur les relations de parenté, jamais sur les processus évolutifs. Qu'on puisse constituer des arbres phylogénétiques était presque comme une preuve à l'appui de la théorie darwinienne. La connaissance des fossiles était forcément très incomplète et, comme l'on ne disposait pas de preuve aussi intangible d'une filiation entre espèces, les anatomistes ont montré un appétit insatiable pour les cas appartenant à cette classe de ressemblances nommée *homologie* : l'homologie « prouvait » la relation de parenté entre espèces et la relation de parenté était l'évolution.

On avait, bien sûr, noté, tout au moins depuis que l'évolution du langage le permettait, une ressemblance de forme entre les êtres vivants : on classait ma « main » avec votre « main » à vous, et ma « tête » avec la « tête » d'un poisson. Mais ce n'est que bien plus tard qu'on prit conscience qu'il fallait expliquer ce genre de ressemblances formelles. Même aujourd'hui, la plupart des gens ne s'étonnent guère que leurs mains se ressemblent et ne voient pas où est le problème. Ils n'éprouvent pas le moindre besoin d'une théorie de l'évolution. Les sages de l'Antiquité et même les hommes de la Renaissance pensaient que cette ressemblance entre les créatures illustrait une imbrication au sein de la Grande Chaîne des Êtres Organisés et que cette imbrication se faisait selon des liens non pas généalogiques mais logiques.

Quoi qu'il en soit, passer de la notion de ressemblance formelle à celle de parenté était faire un saut, lequel masquait une série d'hypothèses qui étaient elles-mêmes des sauts.

Admettons que l'on trouve des ressemblances formelles dans des milliers de cas – entre l'homme et le cheval, le homard et le crabe –, et supposons que, dans tous les cas, ces ressemblances formelles ne sont pas une simple preuve que ces êtres vivants sont liés les uns aux autres par le processus de l'évolution, mais sont le résultat effectif de ce processus. Voyons alors si la nature des ressemblances éclaire le processus en question.

Nous nous demandons : que nous apprennent les homologies sur le processus de l'évolution? Si nous comparons la description du homard



avec celle du crabe, nous remarquons que certains éléments de la description restent constants alors que d'autres diffèrent d'une description à l'autre. Ainsi notre première démarche consistera-t-elle à faire la distinction entre différentes sortes de changements : il y a des changements qui paraîtront plus probables et plus faciles, il y en a d'autres, au contraire, plus difficiles, donc plus improbables. Dans ces conditions, au cours de l'évolution, les variables à changement lent vont se laisser distancer et pourront devenir le noyau de ces homologies sur lesquelles pourront se fonder les hypothèses de grande envergure de la taxinomie.

Cette première classification en changements *rapides* et changements *lents* demande cependant explication. Que pouvons-nous ajouter à notre description du processus de l'évolution qui puisse permettre de prévoir quelles sont les variables qui changent lentement, et deviennent ainsi la base de l'homologie ?

A ma connaissance, le commencement d'une telle classification est implicite dans la théorie dite de la *récapitulation*.

Les premiers principes de la doctrine de la récapitulation ont été avancés pour la première fois en 1838 par l'un des premiers embryologistes allemands, Karl Ernst von Baer, à travers sa formulation de la « loi des états correspondants ». Il a démontré sa loi en comparant des embryons de vertébrés dont il ignorait la provenance :

Je suis tout à fait incapable de dire à quelle classe ils appartiennent. La similitude du mode de formation de la tête et du tronc de ces animaux est telle qu'il pourrait s'agir de lézards, de petits oiseaux ou de très jeunes mammifères. Les extrémités sont encore inexistantes, mais, même si elles étaient présentes, la première étape de leur développement ne nous apprendrait rien, étant donné qu'ils proviennent tous de la même forme fondamentale<sup>1</sup>.

A partir du concept d'« états correspondants » de von Baer, Ernst Haeckel, un contemporain de Darwin, a élaboré plus tard la théorie de la récapitulation, et la thèse très controversée selon laquelle « l'ontogénèse récapitule la phylogénèse ». Depuis lors, on a proposé de nombreuses formulations différentes de ce problème. La plus prudente est peut-être celle selon laquelle, entre les membres d'une espèce donnée et ceux d'une espèce apparentée, la ressemblance est plus grande entre les larves ou embryons qu'entre les adultes. Mais

1. *Encyclopaedia Britannica*, sous la rubrique « Baer, Karl Ernst von (1792-1876) ».

même cette formulation prudente est compromise par d'indéniables exceptions<sup>1</sup>.

Toutefois, malgré ces exceptions, je suis enclin à penser que le principe de von Baer donne une indication précieuse sur le processus de l'évolution. Qu'il soit juste ou non, ce principe soulève des questions importantes sur la survivance, non pas des organismes, mais des *traits*. Existe-t-il un plus grand dénominateur commun aux variables qui sont stables (celles, par conséquent, sur lesquelles se sont appuyés les zoologistes dans leur recherche de l'homologie) ? L'avantage de la loi des états correspondants sur d'autres formulations plus récentes tient à ce que von Baer ne cherchait pas à tout prix à faire des arbres phylogénétiques. Et, même dans la courte citation ci-dessus, il y a des points particuliers qui pourraient ne pas être remarqués par les plus fins limiers de la phylogénèse. Est-il vrai que les variables embryonnaires sont plus stables que les variables adultes ?

Von Baer ne s'intéressait qu'à des vertébrés supérieurs : lézards, oiseaux ou mammifères, tous organismes dont les embryons sont soit protégés par une coquille pleine de nourriture, soit logés confortablement dans une matrice. Or, avec des larves d'insectes, par exemple, la démonstration n'aurait tout simplement pas été possible : devant un étalage de larves de coléoptères non identifiées, tout entomologiste serait capable de dire à quelle famille appartient chacune d'entre elles. La diversité des larves, dans ce cas, est aussi surprenante que celle des adultes.

Cependant, la loi des états correspondants apparemment se vérifie non seulement pour l'ensemble des embryons vertébrés, mais aussi dans la succession des formes des membres dans les premiers stades de leur développement. L'homologie dite sérielle partage avec l'homologie phylogénétique ce principe que, dans l'ensemble, *les ressemblances précèdent les différences*. Lorsqu'elle est complètement formée, la pince du homard est devenue évidemment différente des appendices destinés à la marche qui se trouvent sur les quatre autres segments thoraciques, mais tous ces appendices se ressemblent dans les premiers stades du développement.

1. Par exemple, parmi les organismes marins vermiformes de l'ancienne classe des *entéropneustes*, plusieurs espèces qu'on avait coutume de considérer comme formant le genre unique des *balanoglosses* ont une embryogenèse totalement différente. *B. Kovalevskii* a une larve en forme de têtard avec des fentes respiratoires et une notochorde; tandis que d'autres espèces ont des larves ressemblant à celles des échinodermes.



Voilà probablement tout l'enseignement qu'on peut tirer du principe de von Baer : le fait que, en général, la ressemblance est plus *ancienne* (tant sur le plan phylogénétique qu'ontogénétique) que la différence. Ceci a peut-être l'air d'un truisme aux yeux de certains biologistes, un peu comme si on disait que, dans un embranchement, deux points proches de la bifurcation se ressemblent plus que ceux qui en sont plus éloignés. Mais cet apparent truisme ne serait plus vrai si on l'appliquait aux éléments du tableau périodique, et ne le serait pas nécessairement dans un monde biologique qui aurait été engendré par une création spéciale. Notre truisme renforce, en fait, l'hypothèse que les organismes sont apparentés comme des points ou des positions sur un arbre qui se ramifie.

Le principe : *la ressemblance est plus ancienne que la différence* explique seulement de façon incomplète le fait qu'il y ait homologie dans une multitude de cas, au sein du monde biologique. En disant que les ressemblances sont plus vieilles que les différences, on ne fait que répéter la question : « Pourquoi certains caractères deviennent-ils bases de l'homologie ? » La question reste quasiment inchangée : « Pourquoi certains caractères, survivant plus longtemps, deviennent-ils plus anciens si bien qu'ils constituent la base de l'homologie ? »

Nous nous trouvons là face au problème de la *survie*, non pas celle d'espèces ou de variétés qui luttent dans un monde hostile composé d'autres organismes, mais celle, plus subtile, de *traits* (d'éléments d'une description); ces traits doivent survivre à la fois dans un milieu extérieur et dans un monde intérieur constitué par d'autres traits intervenant dans tous les aspects de la reproduction, de l'embryogenèse et de l'anatomie de l'organisme en question.

Pourquoi, dans la description complexe que les savants donnent de l'organisme tout entier, certains éléments perdurent-ils vraiment plus longtemps (pendant plus de générations) que d'autres? Y a-t-il coïncidence, superposition ou synonymie entre les parties et les éléments de la description et ceux de l'ensemble des instructions qui déterminent l'ontogenèse?

Si un éléphant avait la denture ou d'autres caractéristiques formelles des membres de la famille des muridés, il serait une souris, en dépit de sa taille. De fait, l'hyrax, qui a la taille d'un chat, n'est pas loin d'être un hippopotame, et il s'en faudrait de peu que le lion soit un matou. Il semble bien que le seul critère de la taille ne soit pas pertinent. Ce qui compte, c'est la forme. Mais, dans notre contexte, il n'est pas facile de définir cette notion de « forme » ou de « structure ».

Nous sommes à la recherche des critères grâce auxquels nous

pourrions reconnaître, dans le tohu-bohu du processus de l'évolution, les traits formels qui seraient les candidats les plus appropriés à une réalité durable. Deux particularités de ces traits se détachent du reste, qui correspondent à deux façons traditionnelles de diviser le vaste domaine des « différences » : il y a la dichotomie entre structure et quantité et celle entre continuité et discontinuité. Les organismes qui diffèrent énormément sont-ils reliés par une série continue d'étapes, ou bien y a-t-il entre eux un saut brusque? Comme il est assez difficile (mais non impossible) d'imaginer une transition graduelle entre les structures, ces deux dichotomies vont probablement se recouper. Tout au moins, on peut s'attendre que les théoriciens qui préfèrent invoquer la structure vont préférer aussi les théories invoquant la discontinuité. (Mais il faut, bien sûr, écarter de telles préférences qui ne dépendent que de la tournure d'esprit du scientifique, ou d'opinions qui suivent la mode de l'époque.)

Les découvertes les plus probantes à cet égard sont, à mon avis, les élégantes démonstrations du zoologiste D'Arcy Wentworth Thompson, au début du siècle. Il montra que, dans de nombreux cas, peut-être même dans tous les cas qu'il a étudiés, deux formes animales dissemblables mais apparentées avaient ceci en commun : si on dessine une forme (par exemple de profil) selon de simples coordonnées cartésiennes orthogonales (par exemple, sur du papier quadrillé), il suffira de plier ou distordre ces coordonnées d'une façon appropriée pour qu'elles s'adaptent à l'autre forme. Le profil de la seconde forme qu'on obtiendra en déformant ainsi les coordonnées de départ correspondra *point par point* à celui de la première forme (voir figure 9).

Ce qui est significatif dans les découvertes de D'Arcy Thompson, c'est que, dans tous les cas, la distorsion est étonnamment simple et cohérente pour la totalité de la description de l'animal. La déformation des coordonnées pourrait être décrite par une quelconque transformation mathématique simple.

Cette simplicité et cette cohérence signifient certainement que ces *différences* entre les phénotypes, telles que les présente la méthode de D'Arcy Thompson, correspondent à assez peu de différences dans le génotype (c'est-à-dire à un assez petit nombre de gènes).

De plus, la cohérence de la distorsion sur l'ensemble du corps de l'animal porterait à croire que les gènes en question sont pléiotropiques (c'est-à-dire qu'ils affectent de nombreuses parties du phénotype, peut-être *toutes*) selon des voies qui sont, dans ce sens particulier, porteuses d'harmonie pour l'ensemble du corps.



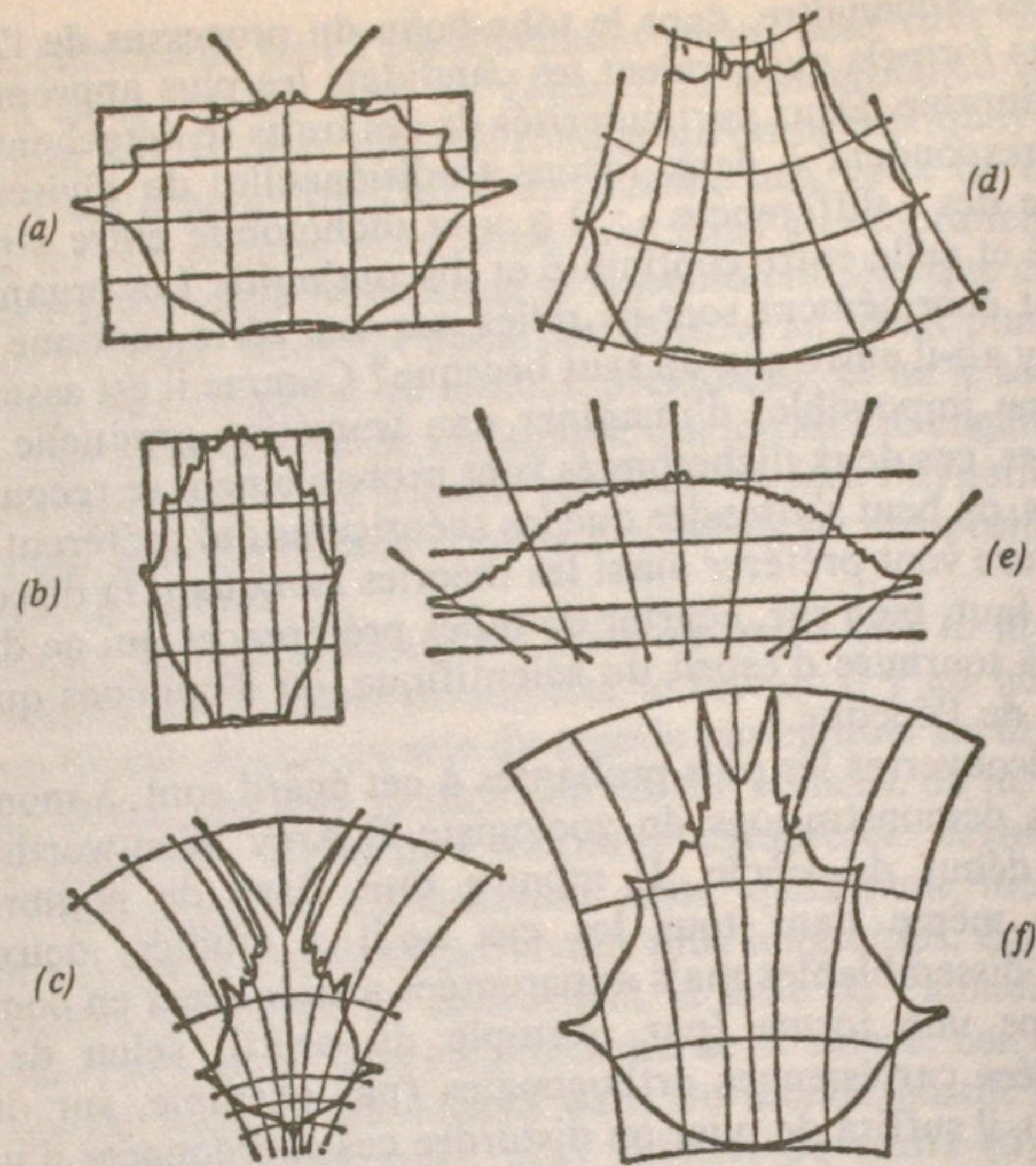


Figure 9. Carapace de différents crabes.  
(Extrait de D'Arcy Thompson, *On Growth and Form*, p. 294,  
avec l'autorisation de Cambridge University Press, copyright © 1961.)

Aller plus loin dans l'interprétation de ces découvertes n'est pas chose facile, et D'Arcy Thompson lui-même n'est pas d'un grand secours. Sa grande joie, à lui, c'était d'avoir montré que les mathématiques pouvaient décrire certains types de changements.

Dans cet ordre d'idées, il est intéressant de noter la controverse actuelle entre les partisans de la théorie « synthétique » de l'évolution (l'orthodoxie darwinienne actuelle) et leurs adversaires : les « typologistes »<sup>1</sup>. Ernst Mayr, par exemple, se moque de l'aveuglement des typologistes : « L'histoire nous montre que le typologiste n'a pas et ne peut avoir aucun avis fondé sur la sélection naturelle<sup>2</sup>. » Malheureusement, il ne révèle pas les sources qu'il utilise pour exposer la typologie défendue par certains de ses collègues. Est-il trop modeste pour en réclamer le mérite ? Ou bien est-ce qu'à en connaître un, on risque de se laisser attraper ?

Ne sommes-nous pas tous des typologistes qui s'ignorent ?

En tout cas, il existe sans aucun doute plusieurs façons de considérer les formes animales. Et, puisque nous sommes embarqués dans une étude platonicienne du parallélisme entre la pensée créatrice et ce vaste processus mental qu'on appelle *évolution biologique*, il vaut la peine de se poser la question suivante à chaque fois : cette manière-ci de considérer les phénomènes se retrouve-t-elle (est-elle représentée en parallèle) dans le système d'organisation des phénomènes eux-mêmes ? Certains des messages génétiques et des signes statiques qui déterminent le phénotype ont-ils le genre de syntaxe (j'emploie ce mot, faute d'en trouver un meilleur) qui distinguerait la pensée « typologique » de la pensée « synthétique » ? Pouvons-nous reconnaître, parmi les messages mêmes qui créent et façonnent les formes animales, certains qui seraient plutôt typologiques et d'autres qui seraient plutôt synthétiques ?

Lorsqu'on pose la question de cette façon-là, il semble que Mayr ait eu parfaitement raison de proposer sa notion de typologie. Les vieux graphiques de D'Arcy Thompson font une séparation nette entre deux

1. Selon Ernst Mayr, les typologistes considèrent que chaque espèce est caractérisée fondamentalement par un plan d'organisation particulier – une sorte de plan idéal –, donc solution de continuité entre les différentes espèces ; les partisans de la théorie « synthétique », ou néo-darwiniens, comme Ernst Mayr, n'admettent pas cette définition. Pour eux, le passage d'une espèce à l'autre se fait graduellement. En outre, selon cet auteur, toutes les théories non darwiniennes de l'évolution (lamarckisme de P. P. Grassé ; neutralisme de Kimura ; créationnisme) reposeraient précisément sur une conception typologique de l'espèce.

2. Voir Ernst Mayr, *Populations, Species and Evolution*, Cambridge (Mass.), Harvard University Press, 1963, p. 107 ; trad. fr. d'Yves Guy, *Populations, Espèces et Évolution*, Paris, Hermann, 1974.



sortes de communication à l'intérieur de l'organisme lui-même. Ses graphiques montrent que les animaux ont deux sortes de caractéristiques : (a) ils ont des structures quasi topologiques relativement stables, ce qui, chose bien compréhensible, a incité les scientifiques à poser en postulat la pure et simple discontinuité dans le processus de l'évolution; ces caractéristiques restent constantes au contact (b) des caractéristiques quantitatives relativement instables qu'on voit changer d'une description à l'autre.

Si nous traçons les coordonnées de façon à les adapter aux caractéristiques quasi-topologiques, nous constatons que les changements affectant les caractéristiques les moins stables doivent alors être représentés comme des distorsions de ces coordonnées.

Dans le sens de la question que nous avons posée sur l'homologie, on peut dire qu'il semble bien y avoir différentes sortes de caractéristiques, et que l'homologie phylogénétique va certainement dépendre des structures les plus stables, celles qui sont quasi topologiques.

### 7. Adaptation et dépendance

Le mot « adaptation » est, dans la langue de l'évolutionniste, plus ou moins synonyme de « dessein » dans la langue de théologiens comme William Paley<sup>1</sup>. Son *Tableau des preuves du christianisme* est un recueil impressionnant d'exemples remarquables d'élégantes adaptations des animaux à leur mode de vie. Mais j'ai le sentiment que le concept d'« adaptation » comme celui de « dessein » sont trompeurs.

Si nous considérons certaines manifestations particulières de l'adaptation – par exemple, la pince du crabe, la main et l'œil de l'homme – comme le point central de l'ensemble des problèmes que doit résoudre l'évolutionniste, nous déformons et appauvrissons notre étude du phénomène global de l'évolution. Ce qui s'est semblé-t-il produit – et peut-être était-ce dû aux stupides conflits entre les premiers évolutionnistes et l'Église –, c'est que, dans le flux héraclitéen du processus de l'évolution, seuls certains tourbillons ou remous ont été choisis pour faire l'objet d'une étude particulière. Le

1. William Paley (1743-1805) était un défenseur de l'histoire de la création de la Genèse bien avant la naissance de Darwin. Son *Tableau des preuves du christianisme* (1794, en trois parties, traduit de l'anglais par D. Levade, Paris, Belin, 1806) était, il y a peu de temps encore, une matière obligatoire pour les étudiants de Cambridge qui n'apprenaient pas le grec.

résultat en a été l'oubli partiel des deux grands processus stochastiques. Même les biologistes professionnels n'ont pas remarqué que, située dans une perspective plus large, l'évolution est aussi gratuite, aussi belle que la danse de Shiva, où toute beauté et toute laideur, toute création et toute destruction sont exprimées ou contenues en une seule voie complexe et symétrique.

En mettant en regard les deux termes *adaptation* et *dépendance* dans le titre de cette section, j'ai voulu corriger cette vue sentimentale, ou, en tout cas, trop optimiste, de l'évolution globale. Les cas fascinants d'adaptation qui donnent l'impression que la nature est tellement intelligente, tellement ingénieuse, pourraient bien représenter aussi les débuts d'une pathologie et d'une sur-spécialisation. Encore qu'il soit difficile d'envisager la pince du crabe ou la rétine de l'homme comme des premiers pas vers une pathologie.

Il semble que nous devrions nous demander : quelles sont les caractéristiques de ces adaptations qui se révèlent désastreuses, et en quoi diffèrent-elles de celles qui, comme la pince du crabe, paraissent bénéfiques, et le sont restées tout au long des âges géologiques?

La question est pressante. Elle concerne les dilemmes contemporains de notre civilisation. A l'époque de Darwin, toute invention semblait bénéfique, mais ce n'est plus le cas aujourd'hui. Au XX<sup>e</sup> siècle, tout observateur pénétrant regardera une invention avec méfiance, et doutera que les aveugles processus stochastiques s'agent toujours bien.

Nous avons un besoin crucial d'une science qui analysera, à tous les niveaux, cette question de l'adaptation-dépendance. L'écologie annonce peut-être une telle science, bien que les écologistes soient encore loin de pouvoir nous dire comment échapper à la course aux armements nucléaires.

En principe, ni le changement génétique aléatoire, accompagné de la sélection naturelle, ni les processus, également aléatoires, d'essai-et-d'erreur, accompagnés de renforcement sélectif, qui se déroulent dans la pensée, n'agiront forcément dans l'intérêt de l'espèce ou de l'individu. Au niveau social, il n'est pas davantage évident que les inventions et les ruses qui sont bénéfiques au niveau de l'individu aillent nécessairement dans le sens de la survie pour la société; pas plus que les programmes politiques que peuvent choisir les mandataires d'une société ne vont nécessairement dans le sens de la survie pour les individus.

On peut évoquer de nombreux cas de figures qui suggèrent qu'il est naïf de croire à la sélection naturelle ou au « laissez faire » :



a. Le reste du système se portera en masse vers l'innovation pour la rendre irréversible.

b. L'interaction avec d'autres espèces ou d'autres individus conduira à un changement de contexte, de sorte qu'une innovation ultérieure du même genre deviendra nécessaire, et que le système s'engagera dans une escalade et s'emballera.

c. L'innovation apporte d'autres changements dans le système et l'oblige ainsi à renoncer à d'autres adaptations.

d. La souplesse (c'est-à-dire l'entropie positive) du système est réduite à néant.

e. L'espèce adaptée est favorisée de façon telle que, abusant d'une certaine forme d'alimentation, elle finira par détruire sa niche écologique.

f. Ce qui paraît désirable à court terme devient nuisible à long terme.

g. L'espèce ou l'individu innovateur en vient à agir comme s'il ne dépendait plus, en partie, des espèces et des individus environnants.

h. Par un processus de dépendance analogue à celui des toxicomanes pour leur drogue, l'innovateur est contraint de s'efforcer à maintenir constants certains taux de changements. L'accoutumance sociale à la course aux armements n'est pas fondamentalement différente de l'accoutumance d'un individu à la drogue. La logique du drogué le pousse à toujours reprendre une nouvelle dose. Et ainsi de suite.

En définitive, on peut s'apercevoir que chacun de ces désastres repose sur une erreur de type logique. En dépit d'un avantage immédiat à un certain niveau logique, le signe s'inverse, le profit se transforme en désavantage dans un autre contexte, plus large ou plus long.

La connaissance systématique de la dynamique de ces processus nous échappe encore.

### 8. Les processus stochastiques divergents et convergents

Ross Ashby<sup>1</sup> fit remarquer il y a longtemps qu'aucun système (ni l'ordinateur, ni l'organisme) ne pouvait produire quelque chose de

1. Voir W. Ross Ashby, *Introduction Cybernetics*, New York, Londres, John Wiley and Sons, 1956; trad. fr. : *Introduction à la cybernétique*, Paris, Dunod, 1958.

nouveau s'il ne renfermait pas quelque source de hasard. Dans l'ordinateur, cette source est le générateur de nombres aléatoires, qui garantit que le processus de « recherche », les séquences d'essais-et-erreurs de la machine auront couvert à la fin toutes les possibilités de l'ensemble à explorer.

Autrement dit, tous les systèmes innovateurs, *créateurs*, sont, selon la terminologie du chapitre II, *divergents*; inversement, les séquences d'événements prévisibles sont, par ce fait même, convergentes.

Ceci ne veut, du reste, pas dire que tous les processus divergents sont stochastiques, car, pour être stochastique, un processus a besoin non seulement d'une source de hasard, mais aussi d'un comparateur intrinsèque appelé « sélection naturelle » quand il s'agit de l'évolution, et « préférence » ou « renforcement » quand il s'agit de la pensée.

Il se peut que, au regard de l'éternité, qui voit toute chose dans un contexte cosmique, sans limites, toute séquence d'événements devienne stochastique. Pour un tel regard, et même pour le saint taoïste plein de compassion et de patience, peut-être est-il clair qu'aucune préférence ne soit *in fine* nécessaire pour gouverner le système tout entier. Mais nous ne vivons que dans une portion limitée de l'univers, et chacun de nous a une existence limitée dans le temps. Pour nous, ce qui est divergent est une réalité, et cette réalité représente une source potentielle, soit de désordre, soit d'innovation.

J'ai parfois le sentiment que nous, tout aveugles que nous sommes, nous remplissons, à la place du saint, la tâche de choisir et de préférer, pendant que lui se repose. (Cela me rappelle ce poète mythique, qui était aussi objecteur de conscience; il disait : « Je suis la civilisation pour laquelle les autres se battent. » Peut-être avait-il, en quelque façon, raison?)

Quoi qu'il en soit, il apparaît que nous existons dans une biosphère restreinte, dont l'orientation principale est déterminée par deux processus stochastiques entrecroisés. Un tel système ne peut rester longtemps sans changement. Mais le degré de changement est limité par trois facteurs :

1) La barrière weismannienne entre changement somatique et changement génétique (dont il a été question dans la première section de ce chapitre) garantit que les adaptations somatiques ne deviendront pas intempestivement irréversibles.

2) A chaque génération, la reproduction sexuelle offre la garantie que le nouveau programme inscrit dans l'ADN ne sera jamais outrageusement incompatible avec l'ancien, ce qui représente une



forme de sélection naturelle agissant au niveau de l'ADN indépendamment des conséquences qu'une telle innovation pourrait avoir au niveau du phénotype.

3) L'épigenèse agit comme un système convergent et conservateur; l'embryon qui se développe représente par lui-même un contexte de sélection favorisant le conservatisme.

Alfred Russell Wallace avait vu clairement que la sélection naturelle était un processus conservateur. Son modèle quasi cybernétique, qu'il mentionne dans une lettre où il explique son idée à Darwin, a déjà été mentionné ailleurs, mais il trouve parfaitement sa place ici :

L'action de ce principe (le combat pour l'existence) ressemble parfaitement à celle de la machine à vapeur, qui contrôle et rectifie toutes les irrégularités juste avant qu'elles ne deviennent évidentes. De la même façon, aucun déséquilibre non compensé ne peut jamais prendre de proportions manifestes dans le règne animal, car il se ferait sentir tout de suite, en rendant d'abord l'existence plus difficile et en provoquant nécessairement, par la suite, l'extinction de la vie<sup>1</sup>.

#### 9. Comparaison et combinaison des deux systèmes stochastiques<sup>2</sup>

Dans cette section, j'essaierai de décrire les deux systèmes avec plus de précision, d'examiner les fonctions de chacun d'entre eux, et finalement d'étudier le caractère du système plus vaste de l'évolution totale qui est le produit de la combinaison des deux sous-systèmes.

Chaque sous-système comprend donc deux éléments (comme l'indique le mot *stochastique* \*) : un élément aléatoire et un processus de sélection agissant sur les effets de celui-ci.

Dans le système stochastique auquel les néo-darwiniens ont accordé le plus d'attention, l'élément aléatoire est le changement *génétique*, qui se produit soit par mutation, soit par redistribution des gènes

1. Voir Alfred Russell Wallace, « On the Tendency of Varieties to Depart Indefinitely from the Original Type », Linnean Society Papers, Londres, 1858; réédité in P. Appleman (ed.), *Darwin. A Norton Critical Edition*, New York, W.W. Norton, 1970, p. 97.

2. Cette section est la partie la plus difficile et peut-être la plus importante du livre. Le lecteur profane, et en particulier celui qui souhaite découvrir l'utilité de tout travail de pensée, trouvera peut-être l'aide escomptée dans le memorandum adressé aux régents de l'Université de Californie, placé en appendice.

parmi les membres d'une population. Je fais l'hypothèse que la mutation est insensible aux exigences du milieu ou aux besoins internes de l'organisme. Je présume, cependant, que le mécanisme de sélection, qui agit sur des organismes présentant des changements fortuits, prendra en compte à la fois la tension interne de chaque organisme et, plus tard, les conditions du milieu auquel il est soumis.

Il est de prime importance de noter que, dans la mesure où les embryons sont protégés dans l'œuf ou dans le corps de la mère, le milieu extérieur ne pourra pas avoir d'effet sélectif important sur les innovations génétiques avant que l'épigenèse n'ait franchi de nombreuses étapes. Dans le passé, et maintenant encore, la sélection naturelle externe a favorisé les changements qui protégeaient l'embryon et les jeunes des dangers extérieurs. Il en a résulté une séparation de plus en plus grande entre les deux systèmes stochastiques.

Il y a une autre façon d'assurer la survie d'un minimum de descendants : c'est d'en multiplier considérablement le nombre. Si chaque cycle reproductif de l'individu produit des *millions* de larves, la nouvelle génération peut souffrir une décimation quelque six fois supérieure : ce qui revient à considérer les causes extérieures de la mort sous l'angle des probabilités, en ne faisant aucune tentative pour s'adapter à leur nature particulière. Cette stratégie laisse aussi à la sélection interne le champ libre pour le contrôle du changement.

Dès lors, qu'il y ait protection de la progéniture avant terme ou multiplication dans des proportions astronomiques, il en résulte qu'aujourd'hui, pour la plupart des organismes, les conditions internes constitueront la *première* contrainte à laquelle une nouvelle forme devra se soumettre. La nouvelle forme sera-t-elle viable dans ce cadre? L'embryon supportera-t-il la nouvelle forme ou bien le changement produira-t-il des irrégularités létales dans son développement? La réponse dépendra de la flexibilité somatique de l'embryon.

Avant tout, lors de la reproduction sexuelle, l'appariement des chromosomes dans la fécondation impose un processus de comparaison : ce qui est nouveau dans l'ovule doit s'assembler à ce qui est ancien dans le spermatozoïde ou vice versa, et ce test favorisera conformité et possibilité de conservation. Telle nouveauté trop grossière sera éliminée pour incompatibilité.

Après ce processus de fusion propre à la reproduction, apparaîtront toutes les complexités du développement : ici, l'aspect combinatoire de l'embryologie, que traduit le terme d'*épigenèse*, imposera de nouveaux tests de conformité. Nous savons que, dans l'état antérieur,



toutes les exigences de compatibilité avaient été satisfaites pour conduire jusqu'au phénotype de la maturité sexuelle; car, si ce n'avait pas été le cas, l'état antérieur n'aurait jamais pu exister.

Il est très facile d'en arriver à l'idée que, si le nouveau est viable, c'est qu'il devait y avoir un défaut auparavant. Cette opinion, à laquelle sont inévitablement enclins des organismes souffrant eux-mêmes d'une pathologie due à un changement social trop rapide, frénétique même, est, bien entendu, presque entièrement une absurdité. Ce qui, de fait, est *toujours* important, c'est d'être certain que le nouveau n'est pas *pire* que l'ancien. Il n'est toujours pas certain qu'une société qui connaît le moteur à explosion puisse être viable, ni que les appareils de communication électroniques comme la télévision soient compatibles avec l'âpre compétition qu'a engendrée à l'intérieur de notre espèce la Révolution industrielle. Toutes choses étant par ailleurs égales (ce qui, d'ailleurs, n'est pas souvent le cas), l'ancien, qui en quelque sorte a été testé, a plus de chance d'être viable que le nouveau, qui, lui, ne l'a pas été.

La sélection interne représente donc la première série tortueuse de tests auxquels est soumis tout élément ou combinaison génétique nouvelle.

En revanche, le second système stochastique prend sa source immédiate dans l'adaptation externe (c'est-à-dire dans l'interaction entre phénotype et milieu). L'élément aléatoire est ici donné par le système du phénotype (en interaction avec le milieu).

Les caractères particuliers acquis en réponse à un changement donné dans le milieu peuvent être prévisibles. Si l'apport en nourriture se réduit, l'organisme va probablement perdre du poids, principalement en métabolisant sa propre graisse. L'usage et le non-usage occasionnent des changements dans le sens du développement ou de l'atrophie de tel ou tel organe. Et ainsi de suite. De même, il est souvent possible de prédire des changements particuliers dans le milieu : un refroidissement du climat peut réduire de façon prévisible la biomasse locale et, par conséquent, réduire les ressources de nourriture pour de nombreuses espèces. Mais, si on les considère *ensemble*, le phénotype et le milieu engendrent de l'*imprévisible*<sup>1</sup>. Ni l'organisme, ni le milieu ne possèdent d'informations sur ce que va faire l'autre. Mais, dans le sous-système, se trouve déjà un élément sélectif dans la mesure où les changements somatiques suscités par

1. Il pourrait être intéressant pour le lecteur de comparer l'imprévisibilité engendrée par ces deux sous-systèmes en interaction avec celle qu'engendre l'interaction entre Alice et son flamant dans l'épisode célèbre du jeu de croquet.

l'habitude et le milieu (y compris l'habitude elle-même) sont adaptatifs. (*Dépendance* est le nom qu'on peut donner à la vaste classe des changements causés par le milieu et l'expérience, qui ne sont pas adaptatifs et qui ne vont pas dans le sens de la survie.)

De concert, la physiologie et le milieu *proposent* un changement somatique qui peut être viable ou non, et c'est l'état en cours de l'organisme tel qu'il est déterminé par la *génétique* qui en définit la viabilité. Comme je l'ai montré dans la quatrième section, les limites de ce qui peut être réalisé par le changement somatique ou par l'apprentissage sont toujours en dernière instance fixées par la génétique.

Ainsi, la combinaison du phénotype et du milieu constitue en définitive l'élément aléatoire du système stochastique, celui qui *propose* le changement; mais c'est l'état génétique qui *dispose*, qui autorise certains changements et en interdit d'autres. Les lamarckiens voudraient que ce soit le changement somatique qui contrôle la génétique, mais la situation est en réalité inverse : c'est la génétique qui limite les changements somatiques, qui les rend possibles ou impossibles.

De plus, comme d'ailleurs tout ce qui contient un potentiel de changement, le génome de l'organisme individuel est ce que les informaticiens appelleraient une *banque*, où sont stockées d'autres possibilités d'adaptation disponibles. La plupart de ces solutions alternatives resteront inutilisées, donc invisibles chez un individu donné.

De même dans l'autre système stochastique : on pense aujourd'hui que le patrimoine génétique collectif de la *population* doit être extrêmement hétérogène. Toutes les combinaisons génétiques possibles ont effectivement lieu, ne fût-ce que rarement, grâce au brassage des gènes dans la reproduction sexuelle. Il existe donc une immense banque de possibles génétiques, dans laquelle toute population sauvage peut puiser, sous la contrainte de la sélection, comme l'ont montré les études de Waddington sur l'assimilation génétique (voir section n° 3).

Pour autant que ce tableau soit juste, tant la population que l'individu sont toujours prêts à se transformer. Selon toute vraisemblance, il n'est pas nécessaire d'attendre les mutations appropriées : point qui présente un certain intérêt historique. Comme on sait, Darwin a changé d'avis sur le lamarckisme parce qu'il croyait que le temps géologique ne suffisait pas à un processus d'évolution qui se déroulerait sans le secours de l'hérédité lamarckienne : aussi prit-il



une position lamarckienne dans les éditions ultérieures de *l'Origine des espèces*. Mais la découverte, par Théodosius Dobzhansky, que l'unité d'évolution est la population et que la population est un réservoir hétérogène de possibilités génétiques, réduit très fortement le temps dont une théorie évolutionniste a besoin : la population est en effet capable de réagir immédiatement à la pression du milieu. L'organisme individuel a la faculté d'opérer un changement somatique adaptatif, mais c'est la population qui, grâce à une mortalité sélective, subit le changement qui sera transmis aux générations futures. C'est la *capacité potentielle* au changement somatique qui devient l'objet de la sélection, et c'est sur les *populations* qu'agit la sélection du milieu.

Voyons maintenant en quoi ces deux systèmes stochastiques contribuent l'un et l'autre au processus global de l'évolution. Dans les deux cas, c'est évidemment l'élément sélectif qui donne l'orientation aux changements qui sont finalement incorporés au tableau d'ensemble.

La structure temporelle des deux processus stochastiques est nécessairement différente. Dans le cas du changement génétique aléatoire, le nouvel état de l'ADN est présent dès le moment de la fécondation, mais il n'influera éventuellement sur l'adaptation externe que beaucoup plus tard. Autrement dit, le dernier test du changement génétique est un test de *conservation*. Il s'ensuit que c'est ce système stochastique interne qui garantira que la ressemblance formelle dans les relations internes entre parties (c'est-à-dire l'homologie) sera très répandue chez les espèces d'êtres vivants. En outre, il est possible de prédire laquelle, parmi de nombreuses sortes différentes d'homologie sera celle que favorisera le plus la sélection interne : c'est avant tout l'homologie cytologique, cet ensemble si étonnant de ressemblances qui unit le monde des organismes cellulaires. Où que nous regardions, nous trouvons dans les cellules des formes et des processus comparables. La danse des chromosomes, les mitochondries et autres corpuscules cytoplasmiques, et la structure ultra-microscopique uniforme des flagelles – que ce soit chez les plantes ou chez les animaux –, toutes ces ressemblances très profondes sont le résultat de la sélection interne qui, à ce niveau élémentaire, va dans le sens du conservatisme.

On arrive à une conclusion semblable en s'interrogeant sur le sort des changements qui ont survécu aux premiers tests cytologiques. Un changement trouble nécessairement une chaîne d'événements posté-

rieurs d'autant plus longue, et dès lors complexe, que son impact a été plus précoce dans la vie de l'embryon.

Il est difficile, sinon impossible, d'évaluer quantitativement la distribution des différentes homologies tout au long de la vie d'un organisme. Affirmer que l'homologie est l'élément nettement prédominant aux tout premiers stades de la production de gamètes, de la fécondation, etc., c'est parler en termes quantitatifs et identifier des *degrés* d'homologie, en attribuant une valeur à des caractéristiques telles que le nombre de chromosomes, la structure mitotique, la symétrie bilatérale, les membres à cinq orteils, le système nerveux central dorsal, etc. Une telle évaluation risque d'être très artificielle dans un monde où la quantité ne détermine jamais la structure (comme nous l'avons vu au chapitre II). Mais l'impression demeure. Les *seules* structures formelles qui soient communes à tous les organismes cellulaires – les plantes comme les animaux – se situent précisément au niveau cellulaire.

En suivant cette ligne de pensée, on débouche sur une conclusion intéressante : malgré controverses et scepticisme, la théorie de la récapitulation est défendable. Il est *a priori* raisonnable de penser que la ressemblance des formes actuelles avec les formes ancestrales est plus grande pour les embryons que pour les adultes. Nous voilà bien loin de ce qu'avaient imaginé Haeckel et Spencer lorsqu'ils disaient que la formation de l'embryon devait suivre la voie de la phylogénèse. La formulation actuelle est plus négative : dévier au début du parcours est plus difficile (moins probable) que dévier dans les étapes ultérieures.

Si nous étions des ingénieurs de l'évolution et que nous nous efforcions de déceler le parcours phylogénétique qui conduit de la créature en forme de têtard, pleinement aquatique, au balanoglosse sessile, vermiforme et vivant dans la boue, nous nous apercevions que le cours de l'évolution le plus aisé est celui qui évite aux stades embryonnaires des perturbations trop précoces et trop brutales. Nous pourrions même trouver que le fait de décomposer l'épigenèse en stades distincts serait une simplification du processus *évolutif*. Nous en arriverions alors à envisager une créature dont la larve aquatique, en forme de têtard, se métamorphoserait à un certain moment en un adulte sessile et vermiforme.

Le mécanisme du changement n'est ni simplement permissif ni simplement créatif : ce qui existe plutôt, c'est un déterminisme continu par lequel les changements qui peuvent se produire appartiennent à une *classe* de changements appropriés à tel mécanisme



particulier. Le système du changement génétique aléatoire, filtré par le processus sélectif de la viabilité interne, donne à la phylogenèse le caractère d'une homologie très répandue.

Si nous examinons maintenant l'autre système stochastique, nous arrivons à une image très différente. Bien qu'aucun apprentissage ni aucun changement somatique ne puisse affecter directement l'ADN, il va évidemment de soi que les changements somatiques (c'est-à-dire les fameux caractères acquis) sont habituellement adaptatifs. Il est utile sur le plan individuel de la survie et/ou de la reproduction, et/ou sur le plan individuel du simple confort et de la diminution des tensions internes, de s'adapter aux changements du milieu. De telles adaptations se produisent à de nombreux niveaux, mais, à chacun de ces niveaux, l'avantage est certain ou apparent : c'est une bonne idée de haleter quand on arrive à haute altitude, et c'en est une autre d'apprendre à ne pas le faire quand on reste longtemps en haute montagne; bonne idée aussi que d'avoir un système physiologique qui s'ajuste aux contraintes pesant sur lui, même si l'adaptation conduit à l'acclimatation et que l'acclimatation peut être une dépendance.

En d'autres mots, l'adaptation somatique créera toujours un contexte favorable au changement génétique, mais le fait que ce changement génétique se produise ou non est une question tout à fait différente. Mettons-la de côté pour l'instant, et considérons l'éventail de tout ce qui peut être proposé par le changement somatique. Manifestement, c'est cet éventail ou ensemble de possibilités qui délimite quel résultat final pourra être atteint par cet élément stochastique de l'évolution.

Un caractère commun aux changements somatiques vient immédiatement à l'esprit : *tous* ces changements sont *quantitatifs* – les informaticiens diraient : *analogiques*. Dans le corps de l'animal, le système nerveux central et l'ADN sont dans une large mesure (voire totalement) d'ordre digital, mais le reste de la physiologie est d'ordre analogique<sup>1</sup>.

Par conséquent, en comparant les changements génétiques aléatoires du premier système stochastique avec les changements somatiques de type réponse du second, on en vient encore à un des principes généraux du chapitre II : *la quantité ne détermine pas la structure*.

1. Notons qu'à un niveau épistémologique profond, l'opposition entre le digital et l'analogique est effectivement très marquée, comme celle entre les éléments des systèmes digitaux. Cette opposition ou cette discontinuité est une barrière fondamentale entre le somatique et le génétique (c'est-à-dire une barrière qui rend impossible l'hérédité lamarckienne).

Les changements génétiques peuvent être très abstraits, agissant à de nombreux degrés au-delà de leur dernière manifestation phénotypique, et il ne fait pas de doute qu'ils peuvent être qualitatifs ou quantitatifs dans leur manifestation finale. Mais les changements somatiques sont beaucoup plus directs et, à ma connaissance, sont uniquement quantitatifs. Les éléments descriptifs qui se retrouvent dans la description de différentes espèces (c'est-à-dire des homologies) ne sont jamais troublés, pour autant que je sache, par les changements somatiques que l'habitude et le milieu peuvent provoquer.

Il semblerait donc que l'opposition démontrée par D'Arcy Thompson (voir *figure 9*) trouve son origine dans cette opposition observable entre les deux grands systèmes stochastiques.

Pour terminer, il faut comparer les processus de pensée avec le double système stochastique de l'évolution biologique. La pensée est-elle aussi caractérisée par un tel système double? (Si elle ne l'est pas, toute la structure de ce livre peut être remise en question.)

En premier lieu, il est important de noter que ce que, dans le chapitre I, j'ai appelé « platonisme » devient aujourd'hui acceptable grâce à des arguments qui sont presque l'inverse de ceux auxquels serait portée une théologie dualiste. Si on peut établir un parallélisme entre l'évolution biologique et l'esprit, ce n'est pas en postulant un Inventeur ou un Architecte caché derrière le mécanisme du processus de l'évolution, mais, au contraire, en postulant que la pensée a un caractère stochastique. Au XIX<sup>e</sup> siècle, les critiques de Darwin (en particulier Samuel Butler) voulaient introduire dans la biosphère ce qu'ils appelaient « l'esprit » (c'est-à-dire une entéléchie surnaturelle). Aujourd'hui, je soulignerais au contraire que la pensée *créatrice* doit toujours contenir un élément aléatoire. Le processus d'exploration – l'incessant processus d'*essai-erreur* – ne peut parvenir à du *nouveau* qu'en s'engageant dans les voies que le hasard lui propose. Certaines de ces voies, après avoir été essayées, sont sélectionnées en vue de quelque chose comme la survie.

Si nous admettons que la pensée créatrice est fondamentalement stochastique, nous découvrons plusieurs aspects du processus mental humain qui suggèrent une analogie positive. Ce que nous recherchons est une division binaire du processus de pensée telle que chacune des moitiés serait stochastique; mais ces deux moitiés différeraient en ce que leur élément aléatoire serait digital pour l'une, analogique pour l'autre.

Il semble que la façon la plus simple d'aborder ce problème soit de



considérer d'abord les processus de sélection qui régissent et limitent le résultat. Bien connues sont en effet les deux principales façons de tester les pensées et les idées.

La première est le test de cohérence : cette nouvelle idée fait-elle sens par rapport à ce qui est déjà connu ou admis ? En admettant même qu'il existe plusieurs sortes de sens et que la « logique » est, comme nous l'avons déjà vu, un modèle pauvre de fonctionnement du monde, il n'en demeure pas moins que la première exigence du penseur à propos des notions qui lui viennent à l'esprit est que, d'une façon ou d'une autre, elles se tiennent, qu'elles aient quelque cohérence (dans la rigueur ou dans la liberté imaginative). Réciproquement, l'engendrement de notions nouvelles dépend presque totalement (mais peut-être pas tout à fait) de la redistribution et de la recombinaison des idées que nous avons déjà.

Il existe en fait un parallélisme remarquable entre le processus stochastique qui se poursuit à l'intérieur du cerveau et cet autre qui engendre ce changement génétique aléatoire sur lequel une sélection interne agit, afin d'assurer la conformité entre le nouveau et l'ancien. Et, si on y regarde de plus près, la ressemblance formelle semble s'accroître encore.

Dans ma comparaison entre l'épigenèse et l'évolution créatrice, j'ai fait remarquer que, dans l'épigenèse, toute information *nouvelle* devait être tenue à l'écart et que ce processus ressemblait plutôt à l'élaboration de théorèmes par le biais d'une série de tautologies. J'ai fait remarquer dans le même chapitre que l'ensemble du processus d'épigenèse pouvait être envisagé comme une sorte de filtre, à la fois critique et strict : il exige que, dans le développement de l'individu, certaines normes de conformité soient respectées.

Il nous faut maintenant remarquer que, dans ce processus intracérébral qu'est la pensée, il existe un filtre semblable, qui, tout comme l'épigenèse dans l'organisme individuel, exige la conformité et met, en quelque sorte, cette exigence en vigueur par un processus qui ressemble plus ou moins à la logique (c'est-à-dire qui ressemble à l'élaboration d'une suite de tautologies menant à la création de théorèmes). La *rigueur* est ainsi, dans le processus de la pensée, ce que la *cohérence interne* est dans l'évolution.

En définitive, le système stochastique intracérébral de la pensée ou de l'apprentissage ressemble beaucoup à cet élément de l'évolution dans lequel les changements génétiques aléatoires sont sélectionnés par l'épigenèse. Finalement, l'historien des cultures se trouve devant un monde où les ressemblances formelles subsistent pendant plusieurs

générations d'histoire culturelle, de sorte qu'il peut rechercher ces structures tout comme un zoologiste recherche des homologues.

Si on se tourne à présent vers l'autre processus d'apprentissage ou de pensée créatrice, celui qui comprend non seulement le cerveau de l'individu, mais aussi le monde qui entoure l'organisme, on y trouve l'équivalent de ce processus d'évolution où l'expérience crée la relation entre l'être vivant et le milieu que nous appelons *adaptation*, et qui impose des changements dans l'habitude et le soma.

Dans chaque acte, la créature vivante procède par essais-et-erreurs successifs et, pour qu'un essai soit nouveau, il faut qu'il comporte, d'une façon ou d'une autre, un degré de hasard. Même si l'acte nouveau n'est qu'un membre d'une classe d'actes bien connue, il doit encore représenter, par sa nouveauté même, une validation ou un test de la proposition : « C'est ainsi qu'il faut faire. »

Mais dans l'apprentissage, comme dans le changement somatique, il existe des limites et des facilitations qui sélectionnent ce qui peut être appris. Certaines d'entre elles sont externes à l'organisme ; d'autres lui sont internes. Au premier chef : ce qui peut être appris à un moment donné est limité ou facilité par ce qui a été appris antérieurement, de sorte qu'il y a en fait un apprentissage à l'apprentissage, la limite de ce qui peut être changé immédiatement pour répondre à une nécessité du milieu étant *in fine* fixée par la constitution génétique : à chaque étape, on épluche un peu plus et on se rapproche du contrôle génétique (comme nous l'avons vu lors de la discussion sur le changement somatique dans la quatrième section).

Il est nécessaire, pour finir, de réunir les deux processus stochastiques que j'ai séparés pour les besoins de l'analyse. Quelle relation formelle existe-t-il entre les deux ?

A mon sens, le fond du problème se trouve dans l'opposition entre le digital et l'analogique ou, pour employer un autre langage, entre le *nom* et le *processus* nommé.

Mais la *nomination* est en soi un processus, et qui est présent non seulement dans nos analyses, mais aussi, de façon profonde et significative, dans les systèmes que nous essayons d'analyser. Quels que soient le codage et la relation mécanique qui existent entre l'ADN et le phénotype, l'ADN est toujours, en quelque façon, une masse d'instructions, imposant – et, en ce sens, nommant – les relations qui deviendront ensuite apparentes dans le phénotype.

Lorsque nous admettons que la nomination est un phénomène qui se produit dans les phénomènes que nous étudions et qui les organise,



nous reconnaissons *ipso facto* que nous nous attendons à trouver dans ceux-ci des hiérarchies de types logiques.

Jusque-là, nous sommes d'accord avec Russell et ses *Principia*. Mais nous ne nous trouvons pas ici, comme Russell, dans l'univers de la logique abstraite et des mathématiques, et nous ne pouvons accepter une hiérarchie vide de noms et de classes. Le mathématicien peut très bien parler de *noms de noms de noms* ou de *classes de classes de classes*. Mais, quand on s'occupe des sciences du vivant, cet univers vide ne peut convenir. Nous essayons de traiter de l'imbrication, ou de l'interaction, des étapes digitales (c'est-à-dire des processus de nomination) et des étapes analogiques. *Le processus de nomination est lui-même nommable* : ce qui nous oblige à substituer, à la simple échelle des types logiques que les *Principia* nous proposaient, une *alternance*.

Autrement dit, si je veux maintenant recombinaison les deux processus stochastiques que, pour la facilité de l'analyse, j'avais séparés comme *processus de l'évolution* et *processus mental*, je devrai les envisager comme étant en alternance. Ce qui dans les *Principia* semble être une échelle constituée d'échelons semblables (noms de noms de noms, etc.) deviendra l'alternance de deux sortes d'échelons. Pour passer du *nom* au *nom du nom*, il nous faut passer par le *processus* de nomination du nom : il faut toujours qu'il y ait un processus générateur, par lequel une classe est créée avant qu'elle ne puisse être nommée.

Matière vaste et complexe que nous traiterons dans le chapitre VII.

## De la classification au processus

Au principe était la parole, la parole était chez Dieu et la parole était Dieu.

Évangile selon saint Jean.

Prouvez-le (*Show me*).

Chanson de *My Fair Lady*<sup>1</sup>.

Au chapitre III, le lecteur était invité à contempler un assortiment varié de cas illustrant la quasi-lapalissade que deux descriptions valent mieux qu'une. La série de cas se terminait par ma description de ce que j'appelle *explication*. J'affirmais qu'au moins une sorte d'explication consistait à compléter la description d'un processus ou d'un ensemble de phénomènes par une tautologie abstraite sur laquelle la description pouvait être cartographiée. Il se peut qu'il y ait d'autres types d'explication; il se peut également que toute explication se réduise en fin de compte à quelque chose qui ressemble à ma définition.

Il est certain que le cerveau ne contient aucun élément matériel autre que ses canaux et connexions propres et ses métabolites et que tout ce *hardware* matériel n'entre jamais dans les histoires que raconte l'esprit. La pensée peut porter sur des cochons ou des cocotiers, mais il n'y a dans le cerveau ni cochons ni cocotiers; et, dans l'esprit, il n'y a pas de neurones, il y a simplement des *idées* de cochons et de cocotiers. Il y a cependant toujours une certaine complémentarité entre l'esprit et les supports de son fonctionnement. Le processus de codage ou de représentation qui substitue l'idée de cochon ou de cocotier aux choses elles-mêmes est déjà un pas, un bond même, dans les types logiques : le nom n'est pas la chose nommée et l'idée de cochon n'est pas un cochon.

Même si nous nous représentons des circuits plus vastes, dépassant la limite de notre peau, et que nous appelons *esprits* de tels circuits comprenant l'homme, sa hache, l'arbre qu'il abat et l'entaille sur le tronc de l'arbre<sup>2</sup>, même si l'on peut considérer l'homme, la hache,

1. Comédie musicale inspirée de George Bernard Shaw, *Pygmalion*.

2. Voir *Vers une écologie de l'esprit*, t. II, p. 215.



l'arbre et l'entaille comme un système unique de circuits qui répondrait aux critères d'un *esprit* (cf. chapitre IV), il n'y aurait malgré tout dans cet esprit plus vaste ni arbre, ni homme, ni hache, ni entaille. Toutes ces « choses » n'y sont représentées que sous forme d'images, et de nouvelles d'elles-mêmes. On pourrait dire qu'elles se proposent elles-mêmes, ou qu'elles proposent leurs propres caractères.

En tout cas, ce qui m'apparaît profondément vrai, c'est qu'on retrouve d'un bout à l'autre de notre recherche quelque chose comme la relation entre tautologie et matière à expliquer. La toute première étape par laquelle on passe des cochons et des cocotiers au monde de leurs versions codées plonge le penseur dans un univers abstrait et, je crois, tautologique. C'est très bien de définir l'explication comme « ce qui réunit tautologie et description », mais ce n'est qu'une approche de la question, qui limiterait l'explication à l'espèce humaine. Oui, mais les chiens et les chats, pourrait-on croire, acceptent les choses telles quelles, sans toute cette ratiocination. Eh bien non. Le fer de lance de mon raisonnement, c'est que même le processus de perception est un acte relevant des types logiques. Chaque image est un complexe à multiples niveaux de codages et de cartes. Et les chats et les chiens, ils ont bel et bien leurs images visuelles. Quand ils *vous* regardent, ils voient *vous*, c'est sûr. Et, quand un chien est piqué par une puce, il est sûr que le chien a l'image d'une « démangeaison », située « ici » ou « là ».

Il reste, bien entendu, à appliquer ce principe au domaine de l'évolution biologique. Avant de nous atteler à cette tâche, il faudra cependant nous attarder quelque peu sur la relation entre la forme et le processus, en traitant d'une part la notion de *forme* comme un analogue de ce que j'ai appelé la *tautologie*, et d'autre part celle de processus comme l'analogue de l'agrégat de phénomènes à expliquer : la tautologie est à la description ce que la forme est au processus.

La dichotomie qui règne dans nos esprits scientifiques entre ce monde de phénomènes « extérieur » à nous et nous qui l'observons, se retrouve également dans les relations entre les phénomènes mêmes que nous cherchons à analyser. La dichotomie existe de part et d'autre de la barrière qui nous sépare des objets de notre discours. Les choses-en-soi (*Dinge an sich*), inaccessibles à l'analyse directe, ont entre elles des relations comparables aux relations qui ont lieu entre elles et nous. Car elles non plus (même celles qui sont vivantes) ne peuvent les unes des autres avoir d'expérience directe; fait de

première importance et point de départ nécessaire à toute compréhension du monde vivant. D'une importance cruciale est la présupposition que les idées (ce terme étant pris ici dans une acception très large) ont leur puissance et leur réalité. Elles sont ce que nous pouvons savoir, et elles sont tout ce que nous pouvons savoir. Quant aux règles ou « lois » qui lient entre elles ces idées, ce sont là les « vérités »; et elles sont notre approche la plus avancée de la vérité ultime.

Pour tâcher de rendre ce propos plus compréhensible, je voudrais décrire comment s'est déroulée ma propre analyse d'une culture de Nouvelle-Guinée<sup>1</sup>.

Le travail que j'ai effectué en Nouvelle-Guinée s'appuyait, dans une large mesure, sur le livre de Ruth Benedict, *Patterns of Culture*<sup>2</sup>, une collaboration avec Margaret Mead et Reo Fortune sur le terrain. Les conclusions théoriques que Margaret Mead a tirées de ses observations ont été publiées sous le titre *Sex and Temperament in Three Primitive Societies*<sup>3</sup>. Le lecteur qu'intéresserait la dissection détaillée de ces idées et de leur cheminement peut se référer à mon *Naven*, à *Sex and Temperament* de Margaret Mead ainsi qu'à l'ouvrage fondamental de Benedict, *Patterns of Culture*.

Benedict a essayé d'élaborer une typologie des cultures en employant des termes comme *apollinien*, *dionysien* et *paranoïde*. Dans *Sex and Temperament* et dans *Naven*, nous avons tenté de caractériser, plutôt que des configurations culturelles, des personnes, les membres des cultures que nous étudions. Nous y employons toujours des termes en rapport avec ceux de Benedict car elle empruntait en fait ses typologies au langage qui sert à décrire les personnes. J'ai consacré, par exemple, un chapitre entier de *Naven* à essayer de classer les personnes en tempéraments « cyclothymes » et « schizothymes<sup>4</sup> », selon la vieille méthode de Kretschmer. Je consi-

1. Gregory Bateson, *Naven*, Cambridge, Cambridge University Press, 1936; trad. fr. : *la Cérémonie du Naven*, Paris, Ed. de Minuit, 1971.

2. Ruth Benedict, *Patterns of Culture*, New York, Houghton Mifflin, 1934; trad. fr. : *Échantillons de civilisations*, Paris, Gallimard, 1950.

3. Margaret Mead, *Sex and Temperament in Three Primitive Societies*, New York, Morrow, 1935; trad. fr. : *Mœurs et Sexualité en Océanie*, Paris, Plon, 1963.

4. Ces termes quasiment inusités aujourd'hui, dérivent de l'opposition entre les psychoses maniaco-dépressive et schizophrénique. Le terme *cyclothyme* désignait le tempérament des personnes qui, selon Kretschmer, étaient enclines à la psychose maniaco-dépressive; tandis que *schizothyme* désignait le tempérament des schizophrènes potentiels. Voir Kretschmer, *Physique and Character*, Londres, Kegan Paul, 1936, ainsi que *Naven* (chap. XII, p. 173-183).



dérais cette typologie comme une carte abstraite sur laquelle je disséquais mes descriptions des hommes et des femmes iatmul.

Cette façon de disséquer, en particulier la différenciation des types de comportement des deux sexes qui aurait été étrangère à la conceptualité de *Patterns of Culture*, nous a éloignés de la typologie pour nous rapprocher des questions de processus. Il devenait évident de considérer les données iatmul comme illustrant bien ces interactions entre hommes et femmes, qui créent entre eux cette différence d'*ethos* – concept fondamental de ma propre typologie des personnes. Je cherchais donc à voir comment le comportement des hommes pouvait susciter et déterminer celui des femmes et réciproquement.

Bref, je suis passé d'une classification (ou d'une typologie) à une étude des processus qui engendrent les différences prises en compte par la typologie.

L'étape suivante était le passage du processus à la *typologie des processus*. J'ai donné à ces processus le nom générique de *schismogenèse*, et après leur avoir donné un nom, je les ai *classés*. Il apparut alors qu'une dichotomie fondamentale devenait possible. Les processus d'interaction à même de provoquer la schismogenèse (c'est-à-dire, en premier lieu, déterminant un caractère chez les individus, et, au-delà, créant une tension intolérable) pouvaient en effet être classés en deux grandes catégories : ceux qui étaient *symétriques* et ceux qui étaient *complémentaires*. J'ai appliqué le terme *symétrique* à toutes les formes d'interaction qu'on pouvait décrire en termes de compétition, de rivalité, d'émulation mutuelle, etc. (c'est-à-dire un type d'interaction où tel comportement de A suscite chez B un comportement semblable qui, à son tour, provoque chez A un nouveau comportement semblable, et ainsi de suite. Si, par exemple, A s'engage dans de la vantardise, B répondra aussi par une plus grande vantardise, etc.).

Par opposition, j'ai appelé *complémentaires* les séquences d'interaction où les actions de A et de B sont différentes mais s'adaptent l'une à l'autre (par exemple, domination-soumission, exhibitionnisme-voyeurisme, dépendance-assistance). J'ai remarqué que ces relations binaires pouvaient également être schismogéniques (par exemple, la dépendance pouvait faire naître l'assistance, et réciproquement).

A ce point, j'avais une classification ou typologie, non pas de personnes, mais de *processus*, et il était naturel de se demander, à partir de cette classification, ce qui engendrerait des interactions

entre les processus en question. Que se passerait-il lorsque la rivalité symétrique (elle-même engendrant une schismogenèse *symétrique* de compétition excessive) serait combinée à une dépendance-assistance *complémentaire*?

Je peux vous affirmer qu'il y avait des interactions fascinantes. Il s'avéra par exemple que les thèmes d'interaction symétrique et complémentaire s'annulaient – s'annulent – mutuellement (c'est-à-dire qu'ils avaient des effets mutuellement opposés sur la relation), la domination-soumission va un peu trop loin, un peu de compétition vient réduire la tension et qu'inversement, lorsque la compétition va trop loin, un rien de dépendance soulage.

Plus tard, sous la rubrique *raccord final*<sup>1</sup>, j'ai étudié quelques-unes des permutations possibles des thèmes complémentaires combinés. J'ai fait remarquer qu'une différence dans les prémisses, presque dans la chorégraphie, entre les cultures des classes moyennes anglaise et américaine était liée au fait que le voyeurisme est en Angleterre surtout une fonction filiale (c'est-à-dire associée à la dépendance et à la soumission), tandis qu'en Amérique c'est une fonction parentale (c'est-à-dire associée à la domination et à l'assistance).

Tout ceci a déjà été développé ailleurs. L'important dans le contexte qui nous occupe, c'est de noter que mes procédures d'investigation étaient ponctuées par l'alternance de la classification et de la description des processus. J'avais gravi, sans plan délibéré, les échelons alternés qui mènent de la description au vocabulaire de la typologie. Mais cette classification des individus selon des types me ramenait à l'étude des processus par lesquels les individus en étaient arrivés là. Ces processus, à leur tour, étaient classés selon des *types* de processus, auxquels je donnais à leur tour un nom. Le degré suivant consistait à passer de la classification en types de processus à l'étude des interactions entre les processus classés. Cette échelle en zigzag, passant de la typologie, d'un côté, à l'étude du processus, de l'autre, est représentée dans la figure 10.

Je voudrais maintenant avancer que les relations implicites dans les événements du récit personnel que je viens de faire (c'est-à-dire la séquence en zigzag des étapes de la forme au processus et inversement) constituent un paradigme très puissant pour la cartographie de

1. G. Bateson, « Morale and National Character », in G. Watson, *Civilian Morale*, Boston, Houghton Mifflin, 1942, p. 71-91; repris dans *Steps to an Ecology of Mind*, New York, Ballantine, 1972; trad. fr. : « Le "moral" des nations et le caractère national », *Vers une écologie de l'esprit*, Éd. du Seuil, 1977, t. I, p. 103-119.



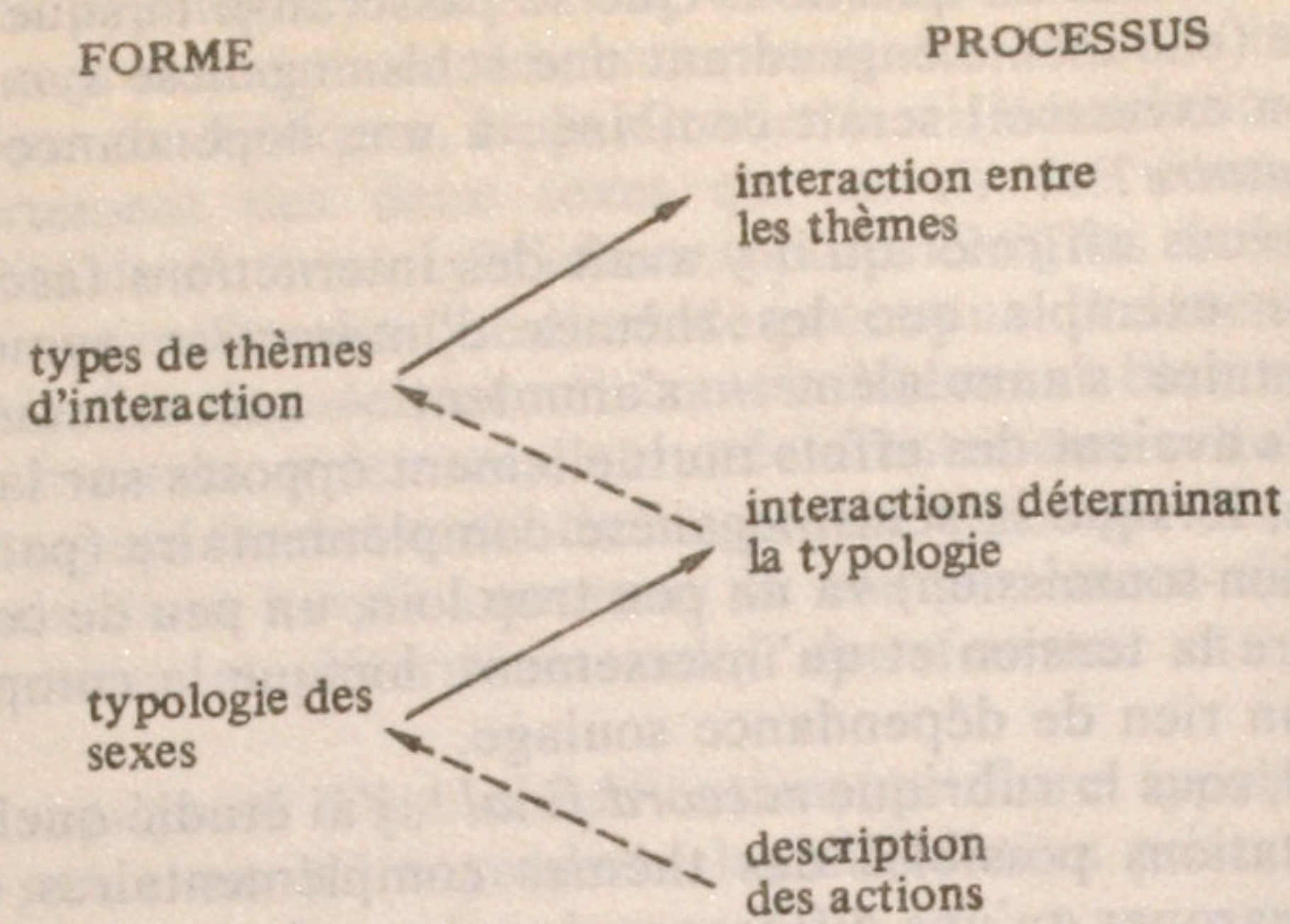


Figure 10. Niveaux d'analyse de la culture iatmul.  
(Les flèches indiquent la direction de mes arguments.)

nombreux phénomènes (dont certains ont déjà été mentionnés plus haut).

J'avancerai que ce paradigme ne se limite pas à l'histoire personnelle de la façon dont un dispositif théorique particulier s'est construit chez un chercheur, mais qu'il réapparaît chaque fois qu'un processus mental tel que nous l'avons défini au chapitre IV préside à l'organisation des phénomènes. Autrement dit, lorsque nous extrayons la notion de type logique du champ abstrait de la logique, et que nous commençons à dresser la carte d'événements biologiques réels sur les hiérarchies de ce paradigme, nous sommes confrontés d'emblée au fait que, dans le monde des systèmes mentaux et biologiques, la hiérarchie n'est pas une simple liste de classes, de classes de classes et de classes de classes de classes, mais qu'elle est aussi devenue *l'échelle en zigzag de la dialectique entre forme et processus*.

J'irai plus loin, avançant que la nature même de la perception est conforme à ce paradigme; que l'apprentissage doit se modeler sur le même genre de paradigme en zigzag; que, dans le monde social, la relation entre l'amour et le mariage ou entre l'éducation et le statut social se conforme nécessairement à un paradigme semblable; que, dans l'évolution, la relation entre changement somatique et phylogé-

nétique ou entre aléatoire et sélectionné à cette forme en zigzag. J'avancerai enfin que de telles relations ont cours à un niveau plus abstrait, entre la spéciation et la variation, entre la continuité et la discontinuité, entre le nombre et la quantité.

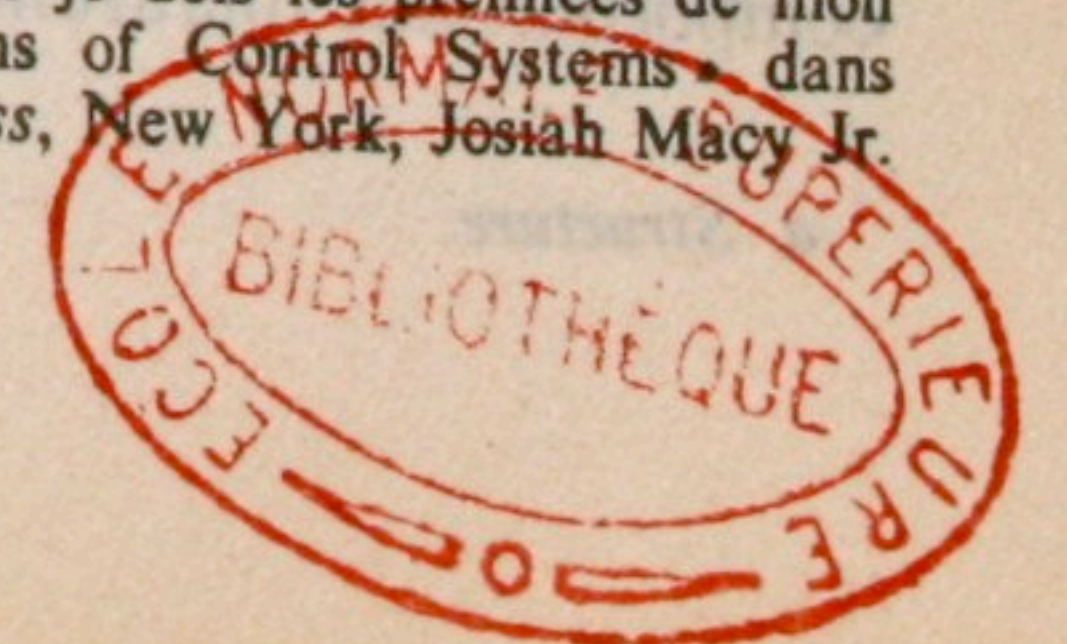
En d'autres termes : la relation que j'ai circonscrite de façon quelque peu ambiguë dans mon histoire de l'analyse de cette culture néo-guinéenne peut en fait résoudre beaucoup de vieilles questions embarrassantes, sujettes à controverses, que ce soit dans le domaine de l'éthique, de l'éducation ou de la théorie de l'évolution.

Je suis parti d'une distinction que je dois à Horst Mittelstaedt, qui fit remarquer qu'il existe deux *sortes* de méthodes pour accomplir un acte adapté<sup>1</sup>. Prenons comme exemple tirer sur un oiseau. Premier cas : le tireur se sert d'une carabine de chasse. Il vise en essayant de situer la cible dans le point de mire; il peut jauger l'erreur de sa visée par rapport à la cible; il peut corriger cette erreur, peut-être en créant une nouvelle, qu'il corrige à son tour, jusqu'à ce qu'il soit satisfait. Il presse alors la détente, et tire.

Il est important de noter que l'autocorrection se déroule à l'intérieur même du seul acte de tirer. Mittelstaedt employait le terme réglage par *rétroaction* (*feedback*) pour désigner cette classe de méthodes employées pour accomplir un acte.

Par opposition, considérons le cas d'un homme qui tire au jugé, avec un fusil à canon court sur un oiseau en plein vol, ou qui se sert d'un revolver tenu au-dessous d'une table, empêchant de corriger la visée. Dans de tels cas, il faut qu'un ensemble d'informations soit capté par l'intermédiaire des organes sensoriels, qu'à partir de ces informations se fasse un calcul, et que, en fonction du résultat (approximatif) de ce calcul, le coup soit tiré. Il n'y a dans ce cas aucune possibilité de corriger une erreur en restant dans les limites de l'acte lui-même. Si l'on veut améliorer le résultat, la correction doit affecter une vaste *classe* d'actions. Aussi celui qui veut se perfectionner dans le maniement de ce type de fusil ou dans l'art du tir au pistolet par-dessous la table, doit-il s'entraîner régulièrement au tir au pigeon, ou sur des cibles factices. Après un long entraînement, il peut régler l'action de ses nerfs et de ses muscles de façon telle qu'au moment critique sa performance sera « automatiquement » la meilleur.

1. C'est à Mittelstaedt et à la présentation qu'il fit en 1960 de son étude de la façon dont les mantes religieuses capturent les mouches que je dois les prémices de mon intuition. Voir « The Analysis of Behavior in Terms of Control Systems » dans *Transactions of the Fifth Conference on Group Process*, New York, Josiah Macy Jr. Foundation, 1960.





leure possible. Mittelstaedt appelle ce genre de méthode réglage par *calibrage*.

Dans ces exemples, il semble que le réglage par calibrage est au réglage par rétroaction ce que le type logique supérieur est au type logique inférieur. Cette relation est indiquée par le fait que l'auto-correction dans le maniement d'un fusil à canon court n'est possible que par une information venant de la pratique (c'est-à-dire d'une *classe* d'actions réalisées antérieurement).

Il est vrai, bien sûr, qu'en s'entraînant on peut aussi se perfectionner au tir à l'épaulée. C'est que les composants de l'acte qui s'en trouvent améliorés sont communs aux deux types de tir. Par l'entraînement, le tireur peut améliorer sa position, apprendre à presser sur la détente sans dévier de la cible, à synchroniser l'instant du tir et celui de la correction de visée de façon à ne pas corriger à l'excès, et ainsi de suite. L'amélioration de ces éléments qui constituent le tir à l'épaulée dépend de l'entraînement, et du réglage par calibrage de l'action des nerfs, des muscles et de la respiration, auxquels on parvient grâce à l'information donnée par une classe d'actions réalisées antérieurement.

En ce qui concerne la visée, cependant, l'opposition entre le cas isolé et la classe de cas dérive d'une opposition entre types logiques différents. Il ressort également que ce que Mittelstaedt appelle *calibrage* correspond à ce que j'appelle *forme* ou *classification*, et que sa *rétroaction* est comparable à mon *processus*.

La question évidente qui se pose dès lors a trait à la relation entre ces trois oppositions : forme/processus, calibrage/rétroaction et type logique supérieur/type logique inférieur. Sont-elles équivalentes? J'avancerai que deux d'entre elles (forme/processus et calibrage/rétroaction) sont en effet réciproquement équivalentes, mais que le rapport entre type logique supérieur et type logique inférieur est plus complexe. D'après ce qui a déjà été dit, il est clair que la structure<sup>a</sup> peut déterminer le processus et qu'inversement le processus peut déterminer la structure. Il en résulte qu'il doit exister un rapport entre deux niveaux de structures reliés par une description de processus. Je crois que cela équivaut dans le monde réel à ce que Russell a décrit, dans le monde abstrait, comme passage de la *classe* à la *classe des classes*.

Considérons le rapport entre rétroaction et calibrage dans un cas comportant une hiérarchie, tel le contrôle de la température dans une

a. Structure.

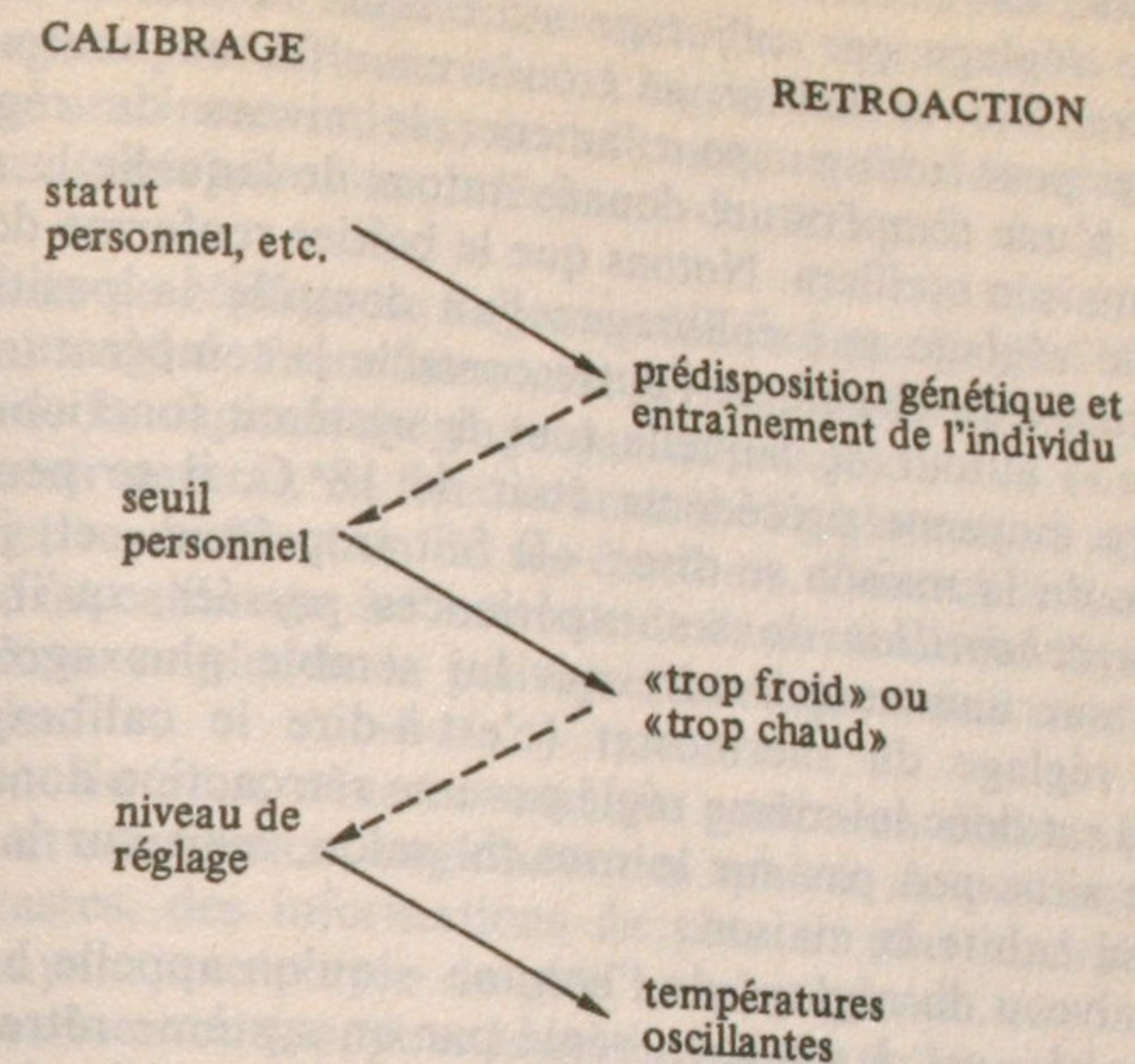


Figure 11. Niveaux de contrôle de la température de la maison.  
(Les flèches indiquent la direction du contrôle.)

maison où sont installés une chaudière, un thermostat, sans oublier ses habitants (voir figure 11).

Au niveau le plus bas de notre échelle se trouve la température. Cette température réelle de minute en minute (qui est un *processus*) affecte un thermomètre (qui est, d'une certaine façon, un organe sensoriel), lequel est raccordé au système de façon telle que la température, se manifestant par la courbure plus ou moins grande d'un bilame, établira ou coupera le contact électrique qui contrôle la chaudière (réglage par calibrage, par oscillation entre deux positions d'un commutateur). Lorsque la température dépasse un certain seuil, le commutateur passe à la position dite « arrêt »; lorsqu'elle tombe au contraire en dessous d'une certaine limite inférieure, il passe à la position « marche ». La température de la maison va donc osciller entre ces deux seuils. Jusque-là, un tel système est un simple servomécanisme tel que celui que j'ai décrit dans le chapitre IV<sup>a</sup>.

a. Cf. p. 110.



Cependant, ce circuit à rétroaction simple est contrôlé par un système de réglage par calibrage situé dans le boîtier même du thermomètre. Sur ce boîtier, se trouve en effet un bouton que le propriétaire peut tourner pour amener le niveau de réglage du thermostat à une température donnée autour de laquelle la température de la maison oscillera. Notons que le boîtier renferme donc deux systèmes de réglage par calibrage : l'un contrôle la position « ouvert »/« fermé » du circuit, et l'autre contrôle la température (« haute »/« basse ») autour de laquelle tout le système fonctionne. Si la température moyenne précédente était de 18° C, il se peut que le propriétaire de la maison se dise : « Il fait trop froid » et, jugeant à partir d'un *échantillon* de ses expériences passées, qu'il règle le thermostat sur une température qui lui semble plus agréable. Le niveau de réglage du thermostat (c'est-à-dire le calibrage de la rétroaction) est donc lui-même réglé par une rétroaction dont l'organe sensoriel se situe non pas sur le mur du salon, mais sur la peau de l'homme qui habite la maison.

Mais le niveau du réglage de l'homme – qu'on appelle habituellement son *seuil* – est, à son tour, réglé par un système rétroactif. Un individu peut devenir plus résistant au froid à force de l'endurer ou de s'y exposer; ou moins résistant après un séjour prolongé aux tropiques. Il peut même se dire : « Je deviens trop frileux », et se mettre à des exercices de plein air, qui modifieront son calibrage. Mieux : un changement dans son statut social peut lui imposer un entraînement spécial, ou des activités qui l'exposent au froid : il peut devenir moine, ou soldat, et être ainsi calibré pour un statut social défini.

En d'autres termes, les rétroactions et les calibrages *alternent* dans une séquence hiérarchique. Notons qu'à chaque alternance complète (d'un calibrage à l'autre et d'une rétroaction à l'autre) la sphère de pertinence que nous analysons s'agrandit : au niveau le plus bas et le plus simple de cette échelle en zigzag, la sphère de pertinence était une chaudière, allumée ou éteinte; au niveau suivant, une maison oscillait autour d'une certaine température. Au niveau d'après, la température pouvait être modifiée, mais dans une sphère de pertinence comprenant alors la maison *plus* l'habitant, et dans un temps beaucoup plus long, au cours duquel l'homme s'est livré à différentes activités extérieures.

A chaque zigzag de notre échelle, la sphère de pertinence s'élargit : autrement dit, il y a, à chaque niveau, changement de structuration logique de l'information recueillie par l'organe sensoriel à chaque niveau.

Prenons un autre exemple : le conducteur d'une automobile, roulant à 110 km/h, alerte l'organe sensoriel d'un agent de la circulation (lequel organe peut être un radar). L'agent a un niveau de réglage, un seuil pour ses interventions, de telle sorte qu'il doit réagir à toute différence supérieure ou inférieure de 10 km/h à la limite de vitesse.

Le niveau de réglage de l'agent a été fixé par le chef de la police locale, qui a agi de façon autocorrective en tenant compte des ordres émanant de la capitale (réglage par calibrage).

Le pouvoir central, en l'occurrence les législateurs, a agi de façon autocorrective en fonction de ses électeurs. Ceux-ci, à leur tour, ont déterminé un calibrage, à l'intérieur de l'assemblée des législateurs en faveur, par exemple, de la politique des démocrates ou de celle des républicains.

Une fois de plus, nous notons une gradation d'alternances entre calibrage et rétroaction, englobant des sphères de pertinence de plus en plus vastes, des informations de plus en plus abstraites, et des décisions ayant une portée de plus en plus grande.

On peut observer que, pour le système de la police ou de l'exécution de la loi, comme en fait pour tout système hiérarchisé, il n'est pas du tout souhaitable qu'un contact direct s'établisse entre des niveaux qui ne sont pas consécutifs. Du point de vue de l'ensemble de l'organisation, il n'est pas bon qu'un canal de communication relie le conducteur de l'automobile et le chef de la police nationale : une telle communication serait néfaste pour le moral des forces de police. De même, il n'est pas non plus souhaitable que l'agent de police ait un accès direct à l'assemblée de législateurs, car un tel canal de communication saperait l'autorité du chef de la police.

Descendre de deux ou plusieurs échelons dans la hiérarchie n'est également pas souhaitable : l'agent de police ne doit pas avoir de contrôle direct sur le système d'accélération ou de freinage de l'automobile...

De tels sauts de niveau, que ce soit vers le haut ou vers le bas, ont pour effet que l'information appropriée à la prise de décision à un certain niveau sera employée pour prendre une décision à un autre niveau : c'est là une erreur de type logique tout à fait courante.

Dans les systèmes législatif ou administratif, de tels sauts de type logique s'appellent faire une législation *ex post facto*. Dans les systèmes familiaux, les erreurs analogues s'appellent *doubles contraintes*. En génétique, la barrière weismannienne, qui fait obstacle à l'hérédité des caractères acquis, semble éviter des désastres de cette



nature. Permettre à l'état somatique d'avoir une influence directe sur la structure génétique pourrait détruire l'organisation hiérarchisée de l'être vivant.

Lorsque nous comparons l'apprentissage du tir à l'épaulée avec celui du tir au jugé, une autre complication s'ajoute au simple paradigme de la hiérarchie russellienne des types logiques. Les deux opérations comprennent des séquences cybernétiques autocorrectrices, mais une différence systémique apparaît immédiatement lorsque les séquences sont considérées comme des contextes d'apprentissage.

Le cas du tir à l'épaulée est relativement simple. L'erreur à corriger (c'est-à-dire l'information à utiliser) est la *différence* qui apparaît entre le viseur du canon et la direction de la cible – différence qui se révèle au cours du processus d'alignement entre le regard et la cible. Le tireur doit faire et refaire de nombreuses fois le circuit consistant à enregistrer des informations sur l'erreur, la corriger; enregistrer d'autres informations sur la nouvelle erreur, la corriger; enregistrer l'information selon laquelle l'erreur est voisine de zéro, puis tirer.

Mais notons que le tireur ne fait pas entrer en ligne de compte (ou ne doit pas faire entrer en ligne de compte) ce qui s'est produit au premier tour dans les opérations de réglage du tour suivant. La seule information pertinente, c'est l'erreur du moment présent. Le tireur n'a pas besoin de se changer *lui-même*.

Celui qui tire au jugé se trouve dans une position tout à fait différente. Pour lui, il n'existe pas de séparation entre la visée et le tir qui lui permettrait de corriger sa visée avant de presser la détente<sup>1</sup>. Viser-tirer, avec un trait d'union, est un acte unique dont la réussite ou l'échec se reporte comme information sur le tir suivant. C'est l'opération tout entière qui doit s'améliorer et, par conséquent, c'est elle qui est l'objet de l'information.

Au tir suivant, le tireur doit régler son acte en prenant comme base la position de la nouvelle cible, *plus* l'information de ce qu'il a fait au tour précédent du circuit cybernétique, *plus* l'information sur le résultat de ces actes.

1. J'ai moi-même appris à tirer pendant la Deuxième Guerre mondiale avec une arme automatique. L'instructeur me plaçait le dos tourné à un gros arbre, à une distance de deux mètres environ. De la main droite, je tenais l'arme dans son étui, sur ma hanche. Je devais me retourner en sautant, dégainer mon automatique et tirer avant que mes pieds ne touchent le sol. La balle devait de préférence atteindre l'arbre, mais la vitesse et la bonne exécution de l'opération étaient plus importantes que la précision du tir.

Au troisième tour de circuit, avec une autre cible, il devrait idéalement se servir de l'information sur la *différence* entre ce qui s'est passé au premier tour et ce qui s'est passé au deuxième. Il peut se servir de l'information à un niveau non verbal, kinesthésique, et se dire à lui-même, à travers l'imagerie musculaire : « Voilà ce qu'on éprouve quand on surcorrige. »

Le tireur à la carabine ne fait simplement que parcourir son circuit cybernétique un certain nombre de fois *distinctes*; l'homme au revolver doit accumuler de la dextérité, emboîter ses expériences successives, comme des poupées russes, chacune se trouvant dans un contexte d'informations qui découle de toutes les expériences pertinentes précédentes<sup>1</sup>.

Il ressort de ce paradigme que la notion de type logique, lorsqu'elle est transplantée du domaine abstrait où se meuvent les philosophes des mathématiques et de la logique au tohu-bohu des organismes réels, prend une allure toute différente. Au lieu d'une hiérarchie de classes, nous avons alors affaire à une hiérarchie d'*ordres de récurrence*.

Dans ces exemples de calibrage et de rétroaction, la question que je pose est celle de la nécessité de distinguer entre ces deux concepts dans le monde réel. Dans les chaînes des descriptions, plus longues, du thermostat de chauffage et de l'application de la loi, est-ce que ce sont les phénomènes eux-mêmes qui contiennent (c'est-à-dire qui sont caractérisés par) une telle dichotomie dans leur organisation, ou bien cette dichotomie est-elle un artefact de ma description? De telles chaînes peuvent-elles être imaginées *sans* qu'y soit présente une alternance de rétroaction et de calibrage? Peut-être se trouve-t-il qu'une telle alternance est essentielle à la façon dont est assemblé le monde de l'action adaptative? Les caractéristiques du processus mental doivent-elles être élargies, jusqu'à inclure les notions de calibrage et de rétroaction?

Il y aura certainement des gens qui *préféreront* croire que le monde est avant tout ponctué par le calibrage : ce sont les typologistes dont Ernst Mayr pensait qu'ils ne pourraient jamais comprendre la sélection naturelle. Et il y en aura d'autres qui, au contraire, ne verront jamais que du processus ou de la rétroaction.

Héraclite, à qui nous devons la phrase célèbre : « Dans le même fleuve, personne ne peut se baigner deux fois », serait ravi de

1. Nous interroger sur les critères de pertinence nous mènerait trop loin dans des problèmes de niveaux d'apprentissage contextuels et autres.



contempler l'homme qui tire au jugé. Il pourrait tout à fait justement dire : « Personne ne peut tirer deux fois avec un revolver », parce qu'à chaque coup de feu, c'est un homme différent qui tire, calibré différemment. Mais peut-être, plus tard, se souvenant de son aphorisme que tout coule, que rien n'est immobile, Héraclite se raviserait-il et nierait-il l'existence même de toute forme de calibrage. Après tout, l'immobilité est l'essence même du calibrage. Le monde tourne autour d'un point immobile.

Je crois que la solution de cette question ne tient qu'aux idées que nous avons sur la nature du temps (tout comme les paradoxes abstraits de Russell se résolvent quand on introduit la notion de temps dans le raisonnement; voir chapitre IV).

Ce qui se passe dans l'apprentissage du tir au jugé est *nécessairement* discontinu parce que l'information sur le soi (c'est-à-dire l'information requise pour le calibrage) n'est recueillie qu'*après* l'instant du tir. En fait, le coup de revolver est à son maniement ce que la poule est à l'œuf. Il faudrait corriger la célèbre boutade de Samuel Butler que la poule est le moyen qu'utilise l'œuf pour faire un autre œuf, et dire que le succès futur de la poule à élever une famille est le critère selon lequel l'œuf dont elle est issue était vraiment de bonne qualité. Si le faisan a été abattu, c'est que le fusil a été bien manié et l'homme bien calibré.

De cette vue, il découle que le processus d'apprentissage du maniement d'un revolver est nécessairement discontinu. L'apprentissage ne peut se faire que par adjonctions séparées, au cours des essais successifs de tir.

De même, le système thermostatique de contrôle de la température d'une maison et le système de l'application de la loi sont nécessairement discontinus pour des raisons qui ont rapport avec le *temps*. Si un événement dépend de telle ou telle caractéristique d'un échantillon varié d'autres événements d'une autre espèce, il faut que du temps se passe pour permettre à l'échantillon de se constituer; le temps écoulé ponctuera ainsi l'événement qui en dépend, et produira une discontinuité. Mais, évidemment, il n'existerait pas de tels « échantillons » dans un monde de causalité purement physique. Les échantillons sont des artefacts de la description, des créations de l'esprit et des agents formateurs du processus mental.

Un monde de sens, d'organisation et de communication n'est pas concevable sans discontinuité, sans seuil. Si les organes sensoriels ne peuvent recevoir de nouvelles que de la différence, si les neurones ou bien sont excités ou bien ne le sont pas, alors le seuil devient

nécessairement un aspect de la façon dont est assemblé le monde vivant et mental.

Le clair-obscur, c'est très bien. Mais William Blake nous dit fermement que les sages voient des contours et, par conséquent les dessinent.



*Et alors?*

Oh! Ne raisonnez pas le besoin. Les plus vils mendiants ont leur superflu dans la plus pauvre chose. N'accordez à la nature que ce dont la nature a besoin, l'homme vit au même prix que la bête.

Shakespeare, *Le Roi Lear*<sup>a</sup>.

*La fille* : Et alors?

Tu nous parles de quelques fortes présuppositions et de grands systèmes stochastiques. Et à partir de là, nous devrions continuer, et imaginer comment le monde *est*? Mais...

*Le père* : Oh, non. Je vous ai aussi parlé des limites de l'imagination. Donc vous devriez savoir qu'on ne peut pas imaginer le monde tel qu'il *est*. (Et pourquoi mettre l'accent sur ce petit mot?) Et je vous ai parlé du pouvoir d'auto-validation des idées : le monde, en partie, devient – en vient à être – tel qu'il est imaginé.

*La fille* : C'est donc cela, l'évolution? Ce changement et ce glissement incessants des idées pour qu'elles concordent toutes? Mais jamais elles ne le feront.

*Le père* : C'est cela. Tout se déplace et tourne autour des vérités. « Cinq plus sept continueront à faire douze. » Dans le monde des idées, les nombres seront toujours différents des quantités. Les gens continueront probablement à employer des *numéraux* pour désigner à la fois des quantités et des nombres. Et ils seront toujours induits en erreur par leurs mauvaises habitudes. Et ainsi de suite. Mais ton image de l'évolution est bien exacte. Ce que Darwin a appelé « sélection naturelle » n'était que l'affleurement de la tautologie ou de la présupposition qui dit que ce qui reste vrai plus longtemps reste effectivement vrai plus longtemps que ce qui ne reste pas vrai aussi longtemps.

a. Trad. fr. Pierre Messiaen.



*La fille* : Oui, je sais que tu adores faire retentir cette sentence. Mais les vérités restent-elles vraies à tout jamais? Et ces choses que tu appelles des *vérités* sont-elles toutes tautologiques?

*Le père* : Un instant. Il y a au moins trois questions en une seule. Je t'en prie.

Premièrement, *non*. Nos opinions sur les vérités sont sûrement susceptibles de changer.

Deuxièmement, que les vérités que saint Augustin appelait des *vérités éternelles* soient vraies pour toujours, indépendamment de nos opinions, je ne peux pas le savoir.

*La fille* : Mais peux-tu *savoir* si tout cela est tautologique?

*Le père* : Non, bien sûr que non. Mais une fois la question posée, je ne peux éviter d'avoir une opinion.

*La fille* : Eh bien?

*Le père* : Eh bien quoi?

*La fille* : Est-ce tautologique?

*Le père* : Bon. Mon opinion est que la *Creatura*, le monde du processus mental, est à la fois tautologique et écologique. Je veux dire que c'est une tautologie qui se cicatrise doucement elle-même. Livré à lui-même, tout gros morceau de *Creatura* tendra vers la tautologie, c'est-à-dire vers une cohérence interne des idées et des processus. Mais de temps à autre, la cohérence se déchire; la tautologie se trouble comme la surface de l'eau quand on y jette une pierre. Alors, lentement, mais sans perdre un instant, la tautologie commence à se cicatriser. Et cette cicatrisation peut être brutale. Des espèces entières peuvent être exterminées dans le processus.

*La fille* : Mais, papa, la cohérence consiste aussi en ce qu'elle se met toujours à se consolider.

*Le père* : Donc la tautologie n'est pas détruite, elle est simplement reportée au niveau supérieur d'abstraction, au type logique suivant. C'est ainsi.

\*

*La fille* : Mais combien de niveaux y a-t-il?

*Le père* : Non, cela, je ne peux pas le savoir. Je ne peux savoir si, finalement, c'est une tautologie, ni combien de types logiques elle comporte. Je suis à l'intérieur et, par conséquent, je ne peux connaître les limites extérieures – s'il y en a.

\*

*La fille* : Je trouve tout ça bien nébuleux. A quoi ça rime, tout ça? Quel est le but?

*Le père* : Ah non! Si tu étais amoureuse, tu ne poserais pas cette question.

*La fille* : Tu veux dire que le but final, c'est l'amour?

*Le père* : Encore une fois : non. Je disais non à ta question, je n'y répondais pas. C'est une question pour ingénieur ou industriel occidental. Tout ce livre tourne autour du caractère erroné de cette question.

*La fille* : Tu n'as jamais dit cela dans le livre.

*Le père* : Il y a un million de choses que je n'ai jamais dites. Mais je vais répondre à ta question. Ça contient des millions et des millions, un nombre infini de « buts », comme tu les appelles.

*La fille* : Mais c'est comme ne pas en avoir... Papa, est-ce une sphère?

*Le père* : Ah, très bien. Ça ira, comme métaphore : une sphère multidimensionnelle, peut-être.

*La fille* : Hum... une tautologie auto-cicatrisante qui est aussi une sphère, une sphère multidimensionnelle.

\*

*La fille* : Et alors?

*Le père* : Mais je te l'ai déjà dit : il n'y a pas d' « alors ». Il y a un million de buts ou aucun.



*La fille* : Mais alors, pourquoi avoir écrit ce livre ?

*Le père* : C'est différent. Ce livre, ou notre conversation, ce ne sont que des petits morceaux du grand univers. La tautologie auto-cicatrisante tout entière n'a pas de « buts » que l'on puisse énumérer. Mais à partir du moment où tu la brises en petits morceaux, c'est tout différent. L'« intention » apparaît lorsqu'on dissèque l'univers. C'est ce que Paley appela le « dessein » et Darwin l'« adaptation ».

*La fille* : Rien qu'un artefact de la dissection ? Mais à quoi sert la dissection ? Tout ce livre n'est que dissection. A quoi sert-elle ?

*Le père* : Oui, c'est en partie une dissection et en partie une synthèse. Je suppose que, sous un microscope assez grand, aucune idée ne peut être fautive, aucune intention destructrice, aucune dissection trompeuse.

\*

*La fille* : Tu as dit que nous ne constituons que les parties d'un quelconque tout.

*Le père* : Non, j'ai dit que les parties étaient utiles, lorsque nous voulions décrire des touts.

*La fille* : Donc, tu veux décrire des touts ? Mais tu les as décrits... et alors ?

\*

*Le père* : Très bien, disons que nous vivons, comme je disais, dans une tautologie auto-cicatrisante qui se déchire plus ou moins souvent, et plus ou moins gravement. C'est ainsi, semble-t-il, que cela se passe dans notre coin d'espace-temps. Je suppose qu'une déchirure dans le système tautologique écologique lui est même, d'une certaine façon, bénéfique. Il est possible que sa capacité de cicatrisation doive s'exercer, comme dit Tennyson, « de peur qu'une seule bonne habitude ne corrompe le monde ».

Et, bien sûr, la mort a ce côté positif. Aussi bon que soit l'homme, il devient un élément nuisible dès qu'il s'attarde un peu trop longtemps. Le tableau noir où toutes les informations se sont accumulées doit être effacé, et les belles inscriptions réduites à l'état d'une poussière de craie dispersée au hasard.

*La fille* : Mais...

*Le père* : Et ainsi de suite. Il existe des sous-cycles de vie et de mort au sein d'une écologie plus vaste, plus durable. Mais qu'appellerons-nous mort du système plus vaste ? la fin de notre propre biosphère ? Peut-être est-elle sans importance aux yeux du ciel ou de Shiva. Mais c'est la seule que nous connaissions.

*La fille* : Mais ton livre en fait partie.

*Le père* : Certainement. Mais oui, je vois ce que tu veux dire et tu as raison, bien sûr. Ni le cerf ni le puma n'ont besoin d'excuses pour exister, et mon livre non plus, parce qu'il est une partie de la biosphère, n'en a pas besoin. Même si je me trompe du tout au tout !

*La fille* : Le cerf ou le puma peuvent-ils avoir tort ?

*Le père* : N'importe quelle espèce peut se retrouver dans un cul-de-sac de l'évolution et je suppose qu'une espèce commet une sorte d'erreur quand elle prend part à sa propre extinction. L'espèce humaine, comme nous le savons tous, peut s'anéantir d'un instant à l'autre.

\*

*La fille* : Et alors ? Pourquoi avoir écrit ce livre ?

*Le père* : Il y a aussi une certaine fierté, l'impression que, si nous descendons tous vers la mer comme des lemmings, il faut qu'il y ait au moins un lemming pour prendre des notes et dire : « je vous l'avais dit ». Croire que je pourrais arrêter la course vers l'océan serait encore plus arrogant que de dire : « je vous l'avais dit ».

*La fille* : Je crois que tu racontes des bêtises, papa. Je ne t'imagines pas seul lemming intelligent prenant des notes sur l'autodestruction des autres. Cela ne te ressemble pas. Voilà. Personne ne va acheter un livre écrit par un lemming sarcastique.

*Le père* : Oh si. Ça fait toujours plaisir d'avoir un livre qui se vende, mais c'est toujours une surprise, je suppose. De toute manière, là n'est pas la question. (Et tu serais bien surprise du nombre de livres écrits par des lemmings sarcastiques qui se vendent, en fait, très bien.)

\*



La fille : Et alors ?

Le père : Pour moi, après avoir traîné ces idées pendant cinquante ans, il m'est progressivement apparu évident que la confusion d'esprit n'était pas nécessaire. J'ai toujours détesté la confusion d'esprit, et j'ai toujours pensé qu'elle était une condition nécessaire à la religion. Mais il semble que ce ne soit pas le cas.

La fille : Ah, c'est de ça que parle le livre ?

Le père : Tu vois, ils prêchent la *foi* et ils prêchent la *soumission*; mais moi, je voulais de la *clarté*. Tu pourrais me répondre que la *foi* et la *soumission* étaient nécessaires pour maintenir la recherche de la *clarté*, mais j'ai essayé d'éviter ce genre de *foi* qui aurait masqué les failles de la *clarté*.

La fille : Continue.

Le père : Eh bien, il y a eu des moments décisifs. Notamment lorsque je me suis rendu compte que l'idée de Frazer sur la magie avait la tête en bas. Tu sais, la vision conventionnelle des choses, c'est que la religion est issue de la magie, mais je crois que c'est le contraire : la magie est une sorte de religion dégénérée.

La fille : Alors, que ne crois-tu pas ?

Le père : Eh bien, je ne crois pas, par exemple, que le but premier de la danse de la pluie était de faire en sorte qu'« il » pleuve. J'ai le sentiment que c'est une mauvaise interprétation d'un besoin religieux beaucoup plus profond : affirmer son appartenance à ce que l'on pourrait appeler la *tautologie écologique*, les vérités éternelles du milieu et de la vie.

Il existe toujours une tendance – presque un besoin – de vulgariser la religion, pour la transformer en amusement, en politique, en magie ou en « pouvoir ».

La fille : Mais, la perception extra-sensorielle ? Et la matérialisation ? Et l'expérience extra-corporelle ? Et le spiritualisme ?

Le père : Ce ne sont que symptômes, résultats manqués d'ingénieux efforts pour échapper à un grossier matérialisme devenu intolérable. Un miracle est l'idée qu'a un matérialiste sur la façon d'échapper au matérialisme.

La fille : N'y a-t-il aucune échappatoire ? Je ne comprends pas.

Le père : Ah si. Mais, tu vois, la magie n'est en réalité qu'une sorte de pseudo-science. Et, comme la science appliquée, elle offre toujours la possibilité de *contrôle*. On ne peut donc pas échapper par là à cette manière de penser par séquences dans laquelle ce mode de pensée est lui-même pris.

La fille : Alors, comment y échappes-tu ?

Le père : Ah ! La réponse au matérialisme grossier n'est pas le miracle, mais la beauté – ou, bien sûr, la laideur. Un petit extrait d'une symphonie de Beethoven, une seule variation Goldberg, un simple organisme, cactus ou chat, le vingt-neuvième sonnet de Shakespeare ou les serpents de mer de la Ballade du Vieux Marin. Tu te souviens ? « Sans s'en rendre compte, il les bénit », et l'Albatros tomba de son cou dans la mer.

La fille : Mais tu n'as pas écrit ce livre-là ; c'est celui-là que tu aurais dû écrire, sur l'Albatros et la Symphonie.

Le père : Ah oui. Mais tu vois, je ne pouvais pas. Il fallait d'abord que j'écrive celui-ci. Maintenant, après toutes ces discussions sur l'esprit, la tautologie et la différence, je serai bientôt prêt pour les symphonies et pour les albatros...

La fille : Continue.

Le père : Non, tu vois, il n'est pas possible de dresser sur une feuille de papier la carte de la beauté et de la laideur. C'est vrai, un dessin peut être très beau, même sur une feuille de papier, mais ce n'est pas de cela que je parle. La question est de savoir sur quelle surface il faut cartographier une *théorie* de l'esthétique ? Si tu me poses cette



question maintenant, je pourrais tâcher d'y répondre. Mais il y a deux ans, quand ce livre n'était pas encore écrit, je n'aurais pas pu.

*La fille* : Très bien. Alors, que répondrais-tu aujourd'hui?

*Le père* : Et puis il y a la *conscience*, que je n'ai pas touchée dans ce livre, ou seulement une ou deux fois. La conscience et l'esthétique sont les deux grandes questions qui n'ont pas été touchées.

*La fille* : Mais, dans les bibliothèques, il y a des salles pleines de livres qui parlent de ces questions « non touchées ».

*Le père* : Non, non. La question non touchée est la suivante : sur quelle sorte de surface faut-il cartographier l'« esthétique » et la « conscience »?

*La fille* : Je ne comprends pas.

*Le père* : Voici ce que je veux dire, plus ou moins : la « conscience » et l'« esthétique » (quelle que soit la signification de ces mots) sont soit des caractéristiques présentes dans tous les *esprits* (tels que nous avons défini le terme dans ce livre), soit des dérivés des créations imaginaires issues ultérieurement de ces esprits. Dans les deux cas, c'est la définition première de l'esprit qui doit donner le cadre où viendront s'ajuster les théories de l'esthétique et de la conscience. C'est à partir de cette définition première qu'il faut faire la carte de l'étape suivante. La terminologie pour traiter de la beauté et de la laideur ou de la conscience doit être élaborée à partir des idées de ce livre, ou à partir d'idées similaires. C'est-à-dire qu'elle doit être cartographiée sur elle. C'est aussi simple que cela.

*La fille* : Simple?

*Le père* : Oui, simple. Je veux dire que la proposition de ce qui doit être fait est simple. Je n'ai pas dit que la *réalisation* sera simple.

\*

*La fille* : Bon. Comment commencerais-tu?

*Le père* : Il n'y a que le premier pas qui coûte <sup>a</sup>.

*La fille* : D'accord. Mais peu importe. Par où commencerais-tu?

\*

*Le père* : Si ces questions n'ont jamais eu de réponse, c'est qu'il doit y avoir une raison. Je veux dire que nous pourrions nous servir de cela comme première indication pour la réponse : le fait historique que tant de personnes ont essayé et n'ont jamais réussi. La réponse doit être dissimulée d'une manière ou d'une autre. Voici sans doute ce qui arrive : le fait même de poser la question conduit toujours celui qui la pose sur une fausse piste. Il écoute la chanterelle, et se laisse prendre à l'appau.

*La fille* : Et alors?

*Le père* : Jetons donc un coup d'œil sur les truismes de « l'élève » que j'ai rassemblés dans ce livre pour voir si l'un ou l'autre ne pourrait pas dissimuler des réponses aux questions sur la conscience ou sur l'esthétique. Je suis certain qu'une personne, ou un poème... ou un paysage...

*La fille* : Pourquoi ne pas faire une liste de ce que tu appelles « les principes de l'élève »? On pourrait alors essayer sur cette liste les idées de « conscience » et de « beauté ».

\*

*Le père* : Voici la liste. Il y avait d'abord les six critères de l'*esprit* (chapitre IV) :

1. Constitué de parties qui elles-mêmes ne sont pas mentales. L'« esprit » est présent dans certains types d'*organisation* de parties.
2. Les parties sont alertées par des événements dans le temps. Les différences, quoique statiques dans le monde extérieur, peuvent engendrer des événements si *nous* nous déplaçons par rapport à elles.
3. L'énergie collatérale. Le stimulus (étant une différence) ne peut fournir aucune énergie mais le répondant possède de l'énergie, généralement fournie par son métabolisme.

<sup>a</sup>. En français dans le texte.



4. Ensuite, les formes de causes-et-effets dans les chaînes circulaires (ou plus complexes).
5. Tous les messages sont codés.
6. Finalement, le plus important, il y a les types logiques.

Ce sont là des points relativement bien définis et qui se complètent assez bien. La liste est peut-être redondante et pourrait être abrégée, mais cela n'a pas d'importance pour le moment. En plus de ces cinq points, il y a le reste du livre. Il traite des différentes variétés de ce que j'ai appelé la *double description*, depuis la vision binoculaire jusqu'à l'effet combiné des « grands » processus stochastiques, ainsi qu'à celui du « réglage » et de la « rétroaction ». On pourrait dire aussi « rigueur et imagination » ou « pensée et action ». C'est tout.

\*

*La fille* : Très bien. Dans ce cas, où mettrais-tu les phénomènes de beauté et laideur et de conscience?

*Le père* : N'oublie pas le *sacré*, non plus. Encore un autre sujet qui n'a pas été traité dans ce livre.

*La fille* : Je t'en prie, papa, arrête. Chaque fois qu'on arrive à poser une question, tu changes de sujet. On dirait qu'il y a toujours une autre question. Si tu pouvais répondre à une question, rien qu'une.

*Le père* : Non. Tu ne comprends pas. Que dit e.e. cummings<sup>a</sup>? « La plus belle réponse est toujours celle qui pose la question la plus difficile. » Quelque chose comme ça. Comme tu vois je ne pose pas chaque fois une nouvelle question. Je rends la même question plus vaste. Le *sacré* (quoi que cela veuille dire) a certainement un rapport avec le *beau* (quoi que cela signifie). Et si nous pouvions définir ce rapport, nous pourrions peut-être donner un sens à ces mots. Ou peut-être cela ne sera-t-il jamais nécessaire. Chaque fois que nous ajoutons un nouvel élément ayant un rapport à la question, nous obtenons plus d'indications sur le genre de réponse auquel nous devons nous attendre.

a. Edward Estlin Cummings, poète et peintre américain (1894). Connu pour son orthographe et sa mise en pages fantaisistes ainsi que pour sa suppression des majuscules et de la ponctuation.

*La fille* : Nous avons maintenant six éléments dans la question.

*Le père* : Six?

*La fille* : Oui, six. Au début de la conversation, il y en avait deux, maintenant, c'est six. Il y a d'abord la conscience, la beauté et le sacré puis le rapport entre la conscience et la beauté, entre la beauté et le sacré et entre le sacré et la conscience. Cela fait six.

*Le père* : Non, sept. Tu oublies le livre. Les six points réunis constituent une sorte de question triangulaire et ce triangle doit être mis en rapport avec ce qui a été dit dans ce livre.

*La fille* : Parfait. Continue, s'il te plaît.

*Le père* : Je crois que j'aimerais intituler mon prochain livre « Dans la gueule du loup », parce que tout le monde n'arrête pas de me demander de me jeter tête baissée dans ladite gueule. C'est monstrueux – vulgaire, réductionniste, sacrilège, appelle ça comme tu voudras – de foncer tête baissée muni d'une question sursimplifiée. C'est un péché à l'encontre de nos trois nouveaux principes. Contre l'esthétique, contre la conscience et contre le sacré.

*La fille* : Mais où?

*Le père* : Ah oui. Cette question montre la relation étroite qui existe entre la conscience, la beauté et le sacré. C'est la conscience qui tourne en rond, comme un chien, la gueule ouverte (le cynisme, au sens littéral), et qui aboutit à une réponse vulgaire. La folie du réductionnisme, c'est d'être conscient de la nature du sacré ou de celle de la beauté.

*La fille* : Tout cela a-t-il un rapport avec le livre?

*Le père* : Oui. Vraiment cela a un rapport. Si le chapitre IV, la liste des critères, était isolé du contexte, il serait un peu « patapouf » comme disent les enfants. Ce serait une réponse vulgaire à une question simplifiée à l'excès ou une réponse simplifiée à l'excès à une question vulgaire. Or, c'est précisément l'élaboration de la discussion



sur la « double description », la « structure » et le « processus » et sur les systèmes stochastiques doubles qui sauve le livre de la vulgarité. Du moins, je l'espère.

*La fille* : Et le prochain livre ?

*Le père* : Il commencera par une carte de la gueule du loup.

*La fille* : Une carte vulgaire ?

*Le père* : Peut-être. Mais je ne sais pas ce qui viendra après la carte, et qui l'englobera dans une question plus vaste et plus difficile.

*Cette époque qui ne tourne plus rond*<sup>1</sup>

A la réunion du comité chargé de la politique de l'enseignement, le 20 juillet 1978, j'ai fait remarquer que les méthodes pédagogiques couramment employées étaient une « escroquerie » du point de vue de l'étudiant. La présente note tente d'expliquer ce point de vue.

C'est un problème d'*obsolescence* : alors qu'une grande partie de ce qu'enseignent les universités à l'heure actuelle est nouveau, à la pointe du progrès, les présupposés, les prémisses de pensée sur lesquelles se fonde cet enseignement sont anciennes et je dirai même *obsolètes*.

Je pense à des notions telles que :

- a. le dualisme cartésien séparant la « matière » et l' « esprit » ;
- b. le fait étrange que les métaphores qui nous servent à décrire et expliquer les phénomènes mentaux relèvent de la physique : « puissance », « tension », « énergie », « forces sociales », etc. ;
- c. notre préjugé anti-esthétique qui nous vient de l'importance que Bacon, Locke et Newton ont accordée aux sciences physiques, à savoir que tous les phénomènes (y compris les phénomènes mentaux) peuvent et doivent être étudiés et *évalués* en termes quantitatifs.

La conception du monde – l'épistémologie latente, en partie *inconsciente* – que transporte l'ensemble de ces idées est démodée pour trois raisons :

1. Au plan pragmatique, il ne fait aucun doute que ces prémisses et leurs corollaires conduisent à la goinfrerie de la consommation, à la surcroissance monstrueuse, à la guerre, à la tyrannie et à la pollution. En ce sens, la fausseté de *nos* prémisses est démontrée chaque jour, et les étudiants en sont à moitié conscients.

1. Mémoire distribué aux régents de l'Université de Californie, août 1978.

a. L'Université de Californie comprend neuf campus répartis à travers l'État (Berkeley, Davis, San Diego, etc.) L'Université est dirigée par vingt-trois administrateurs appelés « régents », dont seize sont nommés pour un terme de douze ans par le gouverneur de l'État de Californie. C'est ainsi que Gregory Bateson a été nommé en 1977 par Edmund G. (Jerry) Brown, qui voulait quelque peu réveiller cette assemblée de notables.



2. Au plan intellectuel, ces prémisses sont obsolètes en ce que la théorie des systèmes, la cybernétique, la médecine holistique, l'écologie et la psychologie de la Gestalt peuvent démontrer qu'elles offrent des façons bien meilleures de comprendre le monde de la biologie et du comportement.

3. Comme fondement de la *religion*, des prémisses comme celles que j'ai mentionnées sont devenues *parfaitement intolérables et donc obsolètes* depuis un siècle environ. Au cours de la période qui a suivi la théorie darwinienne, des penseurs comme Samuel Butler ou le prince Kropotkine l'ont affirmé assez ouvertement. Mais, au XVIII<sup>e</sup> siècle déjà, William Blake avait compris que la philosophie de Locke et de Newton ne pouvait donner lieu qu'à des « affres sataniques ».

Inéluctablement, notre civilisation, dans chacun de ses aspects, est coupée en deux de façon béante. Dans le domaine de l'économie, nous sommes confrontés à deux caricatures de la vie : la caricature capitaliste et la caricature communiste ; de plus, on nous dit que nous devons prendre parti dans la lutte qui oppose ces deux idéologies monstrueuses. Dans le domaine de la pensée, nous sommes déchirés entre les excès divers du refus de l'affect et le courant toujours puissant du fanatisme anti-intellectuel.

Il en va de même en religion ; les garanties constitutionnelles de la « liberté religieuse » ont donné lieu, semble-t-il, à des exagérations semblables : un protestantisme étrange, devenu complètement séculier, tout un éventail de cultes magiques, et une ignorance religieuse totale. Ce n'est pas un hasard si l'Église catholique abandonne l'usage du latin alors que la nouvelle génération apprend à chanter en sanscrit !

Et c'est dans ce monde de 1978 que nous essayons de gérer une université et d'y maintenir des exigences de « qualité » face à la montée de la *méfiance*, de la *vulgarité*, de l'*exploitation des ressources*, de la *victimisation de personnes*, du *mercantilisme* et de la *folie*. Face aux voix criardes de la goinfrerie, de la frustration, de la peur et de la haine.

On comprend que le Conseil d'administration concentre son attention sur les sujets qui peuvent être abordés en surface pour éviter de se laisser déborder par les extrémismes de toutes sortes. Mais je persiste à croire que les manifestations de cette obsolescence profonde finiront par forcer l'attention.

En tant qu'école de formation technique, nous nous débrouillons plutôt bien. Nous savons au moins apprendre à des jeunes le métier

d'ingénieur, de médecin, d'avocat, et nous pouvons leur donner les capacités qui les conduiront au succès dans des emplois dont la philosophie sous-jacente est ce même vieux pragmatisme dualiste. Et c'est déjà beaucoup. Mais ce n'est peut-être pas là le rôle essentiel, la fonction principale d'une grande université...

N'allez cependant pas imaginer que seuls la faculté, l'administration et les régents du Conseil d'administration sont obsolètes, face à des étudiants pleins de noblesse et de sagesse, ouverts au nouveau. *Ils sont tout aussi obsolètes que nous*. Nous sommes tous logés à la même enseigne, celle où il est inscrit « RIEN QUE 1978 », l'époque qui ne tourne plus rond. En 1979, nous en saurons un peu plus long, à force de rigueur et d'imagination, les deux grands pôles contraires du processus mental. Mais chaque pôle, pris en lui-même, est léthal. La rigueur seule, c'est la mort par paralysie ; l'imagination seule, c'est la folie.

Blanc-Bonnet et Bonnet-Blanc *se sont mis d'accord* pour se battre ; et n'est-ce pas une bénédiction que des générations opposées s'accordent pour dire que le « pouvoir » social a une dimension physique, et qu'elles puissent livrer bataille pour cette étrange abstraction ? (En d'autres lieux, en d'autres temps, on se battait pour l'« honneur », la « beauté » et même pour la « vérité »...)

En regardant tout ce gâchis sous un autre angle, je crois que les étudiants des années soixante avaient raison : il y avait quelque chose qui n'allait pas du tout dans leur système d'éducation et, en fait, dans presque toute la culture. Mais je crois qu'ils se trompaient dans leur diagnostic sur le lieu du malaise. Ils se battaient pour la « participation » et pour le « pouvoir ». Dans l'ensemble, ils ont gagné la bataille car ils sont maintenant représentés au Conseil d'administration et ailleurs. Mais il devient de plus en plus clair que leur victoire dans cette bataille pour le « pouvoir » n'a modifié en rien le processus de l'enseignement. L'obsolescence dont je parlais est restée inchangée, et il ne fait pas de doute que, dans quelques années, nous assisterons toujours aux mêmes combats pour les mêmes faux problèmes. Et tout recommencera.

Il y a vraiment quelque chose qui ne va pas en profondeur... et je ne suis pas convaincu que cette chose qui ne tourne pas rond soit une sorte de tribulation nécessaire, à laquelle il soit impossible de rien changer.

Une certaine forme de liberté vient de la reconnaissance que ce qui ne pouvait être qu'ainsi l'est en effet. Car, dès lors qu'on l'a reconnu,



advient le savoir de l'acte à accomplir. On ne peut rouler à bicyclette qu'après que, dans ses réflexes partiellement inconscients, on reconnaît les lois de son équilibre instable.

Je dois maintenant vous demander de réfléchir d'une façon à la fois plus technique et plus théorique que celle qu'on attend généralement d'administrateurs sur le sentiment que vous avez de votre place dans l'histoire. Je ne vois pas pourquoi les régents d'une grande université devraient partager les penchants anti-intellectuels de la presse et des médias. Et les leur imposer serait insultant.

Je propose en conséquence d'analyser ce processus déséquilibré qu'on appelle *obsolescence*, et que nous pourrions appeler plus exactement *progrès unilatéral*. De toute évidence, pour que de l'obsolescence ait lieu, il faut qu'il y ait, ailleurs dans le système, d'autres changements, par rapport auxquels ce qui est obsolète reste en quelque sorte à la traîne. Dans un système statique, il n'y aurait pas d'obsolescence!

Il semble que le processus de l'évolution comprend deux composants, et que, de façon analogue, le processus mental a, lui aussi, une structure double. Je voudrais me servir de l'évolution biologique comme d'une parabole ou d'un paradigme, pour introduire ce qui va suivre, et qui concerne la pensée, le changement culturel, et l'éducation.

La survie<sup>1</sup> dépend de deux phénomènes ou processus opposés, deux façons de parvenir à l'action adaptative. L'évolution doit, comme Janus, regarder en même temps dans deux directions opposées : en dedans, vers les règles de développement et vers la physiologie de l'être vivant, et au-dehors, vers les caprices et exigences du milieu. L'opposition entre ces deux composants indispensables de la vie est intéressante. Le développement interne (l'embryologie ou « épigénèse ») est *conservateur* : il exige que toute chose nouvelle soit conforme aux règles du *statu quo ante* ou compatible avec elles. Pour qui envisage la sélection naturelle de traits nouveaux anatomiques ou physiologiques, il est évident que l'un des aspects de ce processus de sélection favorisera, parmi les éléments nouveaux, ceux qui ne vont

1. Par « survie », j'entends le maintien d'un état stable à travers des générations successives. Ma définition, formulée négativement, serait : *l'évitement de la mort du système le plus vaste dont nous pouvons nous préoccuper*. L'extinction des dinosaures était sans importance au niveau de la galaxie, mais ce n'est pas cela qui va les consoler. La survie inéluctable de systèmes plus vastes que notre propre écologie, voilà qui ne peut nous affecter beaucoup.

pas trop chambouler la machine : c'est le conservatisme minimal nécessaire.

Par opposition, le monde extérieur change sans cesse et se tient toujours prêt à recevoir les êtres vivants qui ont subi un changement : il insiste presque pour le changement. Jamais, aucun animal, aucune plante, ne peut être « prêt à l'emploi ». La formule interne, insistant sur la compatibilité, n'est jamais suffisante, pour le développement et la vie de l'organisme : c'est toujours l'être vivant lui-même qui doit accomplir des changements dans son propre corps. Il doit acquérir certains caractères somatiques par l'usage, le non-usage, l'habitude, l'épreuve ou l'alimentation. Cependant, ces « *caractères acquis* » ne peuvent jamais être transmis à la descendance ; ils ne peuvent pas être directement représentés dans l'ADN. En termes d'organisation, une injonction (par exemple, faire des bébés avec des épaules solides pour qu'ils travaillent mieux dans les mines de charbon) doit être transmise *par des canaux*, et le canal, dans ce cas, passe par la sélection naturelle externe des descendants qui (grâce à la distribution *aléatoire* des gènes et à la naissance aléatoire de mutations) s'avéreront avoir une plus grande capacité à développer leurs épaules par leur travail dans la mine.

Le corps de l'individu subit des changements adaptatifs sous la contrainte de l'extérieur, tandis que la sélection naturelle agit sur le patrimoine génétique de la *population*. N'oublions pas pour autant le principe, habituellement négligé par les biologistes, que c'est le caractère acquis dit « travail dans la mine » qui établit un contexte pour la sélection des changements génétiques appelés « plus grande capacité au développement des épaules ». Ce n'est pas parce qu'ils ne sont pas véhiculés et transmis par l'ADN que les caractères acquis ne sont pas importants. Ce sont toujours les *habitudes* qui établissent les conditions de la sélection naturelle.

Notons aussi le principe converse : l'acquisition de mauvaises habitudes au niveau social crée sûrement un contexte pour la sélection de tendances génétiques à long terme létales.

Nous sommes maintenant prêts à analyser l'obsolescence dans les processus mentaux et culturels.

Si vous voulez comprendre le processus mental, observez l'évolution biologique et, inversement, si vous voulez comprendre l'évolution biologique, allez observer le processus mental.

J'ai attiré l'attention sur le fait que, en biologie, la sélection interne doit toujours mettre l'accent sur la *compatibilité* avec le passé



immédiat et que, pendant une longue période d'évolution, c'est la sélection interne qui détermine ces « homologues » qui faisaient les délices des biologistes de la génération précédente. C'est la sélection interne qui est conservatrice, et ce conservatisme apparaît très nettement dans l'embryologie et dans la préservation de la forme.

Le processus mental bien connu par lequel une tautologie<sup>1</sup> se développe et se différencie en plusieurs théorèmes ressemble au processus que montre l'embryologie.

En un mot, le conservatisme s'enracine dans la *cohérence* et la *compatibilité*, lesquelles vont de pair avec ce que j'ai appelé plus haut la *rigueur* dans le processus mental. C'est là que nous devons chercher la racine des obsolescences.

Et le paradoxe, le dilemme qui nous embarrasse et nous consterne lorsque nous songeons à corriger ou à combattre l'obsolescence, est simplement la crainte de devoir perdre cohérence, clarté, compatibilité et même santé de l'esprit, si nous laissons s'en aller l'obsolète.

Il existe cependant un autre aspect de l'obsolescence. De toute évidence, si une partie d'un système culturel reste « à la traîne », c'est qu'une autre partie a évolué « trop vite ». L'obsolescence est l'opposition entre ces deux pièces du système. Si le retard d'une des parties est dû à la composante interne de la sélection naturelle, alors il est naturel de penser que la racine du progrès trop rapide – si on peut parler de « progrès » – est à chercher dans les processus de sélection externe.

Il ne fait pas de doute que les choses se passent bien ainsi. « L'époque ne tourne pas rond » parce que les deux éléments qui gouvernent le processus évolutif ne sont pas synchronisés : l'imagination s'est avancée beaucoup trop loin de la rigueur, et pour les gens âgés, conservateurs, comme moi, ce qui en résulte tient quasiment de la démence, pour ne pas dire du cauchemar, ce frère de la démence ; car le rêve est un processus qui n'est corrigé ni par la rigueur interne ni par la « réalité » externe.

Dans certains domaines, ce que je viens de dire nous est déjà familier. Tout le monde sait que la loi est en retard sur la technologie, ou que l'obsolescence qui va avec le vieillissement est une obsoles-

1. « Tautologie » est le terme technique qui désigne des ensembles ou des réseaux de propositions comme la géométrie d'Euclide, la géométrie de Riemann ou l'arithmétique. L'ensemble naît d'une série de groupes d'axiomes ou de définitions arbitraires, et aucune information « nouvelle » ne peut être ajoutée à ce groupe après les axiomes. La « preuve » d'un théorème est la démonstration que le théorème était bel et bien latent en totalité dans les axiomes et définitions.

cence des modes de pensée : d'où la difficulté d'emboîter le pas aux jeunes, etc.

Mais j'en ai dit un peu plus que ce que ces exemples particuliers ne pouvaient contenir. Il semble que ces exemples expliquent de fait un principe très profond et très général – très général parce qu'il s'applique aussi bien au processus de l'évolution qu'au processus mental.

Nous parlons d'un genre de relation qui se présente chaque fois comme un élément indispensable dans de nombreux processus de changement. Cette relation porte beaucoup de noms, dont certains nous sont familiers : structure/quantité, forme/fonction, lettre/esprit, rigueur/imagination, homologie/analogie, réglage/rétroaction, etc.

Les individus peuvent aller dans le sens de l'un ou de l'autre terme de ce dualisme ; nous les appelons alors « conservateurs », « radicaux », ou « progressistes », etc. Mais derrière ces épithètes se cache une vérité épistémologique : c'est que des pôles contraires, qui divisent les personnes, sont des nécessités dialectiques du monde vivant : on ne peut pas avoir le « jour » sans la « nuit », ni la « forme » sans la « fonction ».

Le problème pratique est un problème de combinaison : si nous tenons compte de la relation dialectique qui existe entre les pôles contraires, comment devons-nous procéder ? Il est facile de ne jouer qu'un des deux rôles du jeu, mais l'*art de gouverner* demande quelque chose de plus et, en vérité, de plus difficile.

Je pense que, si le Conseil d'administration a un devoir qui sort de la simple routine, c'est bien celui de s'élever à la fonction du véritable homme d'État, en ce sens qu'il doit dépasser toute partialité en faveur de tel courant, de telle mode particulière, traversant la politique de l'Université.

Voyons comment on rencontre ces oppositions entre forme et fonction, etc., en ayant à l'esprit qu'il s'agit toujours d'une question de temps : pour éviter l'obsolescence, comment le changement dans la forme devra-t-il être accéléré *sans risque* ? Et comment les descriptions d'un changement dans le fonctionnement devront-elles être résumées et codées, pas trop rapidement, dans le corpus de la forme ?

La règle de l'évolution biologique est claire : les effets physiques immédiats de la fonction sur l'individu ne devront jamais avoir la possibilité d'empiéter sur le codage génétique individuel ; en revanche, le patrimoine génétique de la *population* est sujet au changement



selon une sélection naturelle qui reconnaît les différences, surtout les différences dans la capacité de parvenir à une fonction adaptative accrue. La même barrière qui empêche l'hérédité « lamarckienne » met précisément le système génétique à l'abri du changement trop rapide lorsqu'il est soumis aux exigences, éventuellement capricieuses, du milieu.

Mais les cultures, les systèmes sociaux ou les universités n'ont pas l'équivalent de cette barrière. Les innovations s'intègrent de façon irréversible dans le système en cours sans que soit éprouvée leur viabilité à long terme; et les changements indispensables rencontrent la résistance du noyau des individus conservateurs sans qu'on ait aucune assurance que ces changements particuliers sont bien ceux auxquels il faut s'opposer.

Le confort et l'inconfort *individuels* deviennent alors seuls critères pour le choix du changement *social*, et on oublie l'opposition fondamentale de type logique qui existe entre le membre et la catégorie, jusqu'au moment où le nouvel état de choses crée (ce qui est inévitable) de nouveaux malaises. La peur de la mort et de la douleur à l'échelle de l'individu impose qu'il est « bon » d'enrayer les épidémies, et c'est seulement après cent ans de médecine préventive que nous prenons conscience du problème de la surpopulation, etc.

L'obsolescence ne sera pas évitée en se contentant d'accélérer les changements dans la structure, ou de ralentir les changements de fonction. Il est évident que ne sont appropriés ni le conservatisme excessif ni le trop grand empressement au changement. La combinaison de ces deux tours d'esprit antagonistes conviendrait peut-être mieux que chacun d'eux pris séparément, mais, on le sait, les systèmes fondés sur un antagonisme sont sujets à une logique dangereuse : c'est la force relative des parties adverses en présence qui fait normalement la décision, non la force des arguments.

Ce n'est pas tellement le « pouvoir » qui corrompt, mais le *mythe* du « pouvoir ». J'ai noté plus haut qu'il fallait se méfier du « pouvoir », comme de l'« énergie », de la « tension » et de ces autres métaphores quasi physiques. La métaphore du « pouvoir » est une des plus dangereuses. Celui qui convoite une abstraction mythique ne peut être qu'insatisfait! En tant que professeurs, nous ne devons pas encourager ce mythe.

Lorsqu'on est dans un conflit, et qu'on a en face de soi un adversaire, il est bien difficile de voir au-delà de cette opposition

victoire/défaite. On est toujours tenté de faire comme un joueur d'échecs un coup habile pour gagner plus vite. La discipline qu'exige la recherche constante du meilleur déplacement sur l'échiquier est difficile à obtenir et difficile à conserver. Le joueur doit toujours voir plus loin, au-delà, selon une *Gestalt* plus vaste.

Nous revenons donc au point de départ : envisager cet endroit selon une plus vaste perspective. L'endroit en question est une université, et nous en sommes les régents. Qu'est-ce qu'« une plus vaste perspective »? Une perspective *à propos* des perspectives. La question qui se pose alors est la suivante : en notre qualité de membres du Conseil, encouragerons-nous tout ce qui va contribuer à faire naître chez les étudiants, que ce soit dans la faculté ou à la table même de notre Conseil, ces perspectives plus vastes qui redonneront à notre système la synchronie ou l'harmonie appropriées entre la rigueur et l'imagination?

Comme *professeurs*, sommes-nous sages?

G.B.



## Glossaire <sup>a</sup>

**ADAPTATION** : Capacité qu'a un organisme d'apparement améliorer son ajustement à son environnement et à son mode de vie. Le processus qui conduit à cet ajustement.

**ALÉATOIRE** (*random*) : Une séquence d'événements est dite *aléatoire* s'il est impossible de prédire un événement d'un type donné à partir de celui (ou de ceux) qui le précède, et si le système obéit aux règles de la probabilité. Remarquez que les événements que nous qualifions d'aléatoires font toujours partie d'un ensemble limité. La pièce de monnaie (non truquée) qu'on jette en l'air donne, dit-on, un résultat aléatoire. A chaque coup, la probabilité d'obtenir pile ou face reste la même. Mais le caractère aléatoire se situe à l'intérieur de cet ensemble limité : c'est pile ou c'est face, et aucune autre possibilité ne peut entrer en ligne de compte.

**ANALOGIQUE** : Cf. DIGITAL.

**BROWNIEN (MOUVEMENT)** : Mouvement incessant des particules, désordonné et imprévisible, dû à leurs impacts mutuels.

**COÉVOLUTION** : Système stochastique de changement évolutif dans lequel deux ou plusieurs espèces sont en interaction de façon telle que les changements qui interviennent dans l'espèce A préparent le terrain pour la sélection naturelle des changements intervenant dans l'espèce B. Les changements ultérieurs intervenant dans l'espèce B préparent, à leur tour, la sélection d'autres changements similaires dans l'espèce A.

**CYBERNÉTIQUE** : Branche des mathématiques qui traite des questions de contrôle, de récurrence et d'information.

**DIGITAL** ou **NUMÉRIQUE** (*digital*) : Un signal est *digital* lorsqu'il y a discontinuité entre lui et d'autres signaux desquels il doit être distingué. *Oui* et *non* sont des exemples de signaux digitaux. En revanche, quand un signal inclut une grandeur ou une quantité représentant une quantité continûment variable dans le référent, il est qualifié d'*analogique*.

**EIDÉTIQUE** : Une image mentale est eidétique si elle possède toutes les caractéristiques d'une perception, en particulier si elle est liée à un organe sensoriel, et donne ainsi l'impression de venir de l'extérieur.

<sup>a</sup>. Rappelons que Bateson donne dans ce glossaire sa définition à lui des termes qu'il emploie, qui n'est pas forcément leur définition habituelle (cf., par exemple, INFORMATION, TAUTOLOGIE ou SACREMENT).



**ÉNERGIE** : J'ai employé le terme *énergie* dans ce livre pour qualifier une *quantité* ayant pour dimensions la masse multipliée par la vitesse au carré ( $mV^2$ ). D'autres personnes, y compris des physiciens, l'emploient dans bien d'autres sens.

**ENTROPIE** : Degré de désordre, de désorganisation, d'indifférenciation, d'imprévisibilité et de hasard (cf. ALÉATOIRE) des relations qui existent entre les composants d'un ensemble. L'inverse est la *néguentropie*, le degré d'organisation, d'arrangement ou de prévisibilité d'un ensemble. En physique, certaines formes d'ordre sont associées à une quantité d'énergie disponible.

**ÉPIGÉNÈSE** : Les processus de développement de l'embryon envisagés, à chaque stade, dans leurs relations avec le *statu quo ante*.

**ÉPISTÉMOLOGIE** : L'épistémologie est une branche de la science combinée à une branche de la philosophie. En tant que science, l'épistémologie étudie comment les organismes isolés et les ensembles d'organismes *connaissent*, *pensent*, et *décident*. En tant que philosophie, elle étudie les limites nécessaires et les autres caractéristiques des processus de connaissance, de pensée et de décision.

**GÉNÉTIQUE** : Au sens strict, la science de la génétique traite de tous les aspects de l'hérédité et de la diversité innée des organismes et, dans l'organisme lui-même, des processus de croissance et de différenciation.

**GÉNOTYPE** : L'ensemble des règles et des instructions par lesquelles le patrimoine génétique contribue à la réalisation du *phénotype* (voir ce mot).

**HASARD** : Cf. ALÉATOIRE.

**HOMOLOGIE** : Ressemblance formelle entre deux organismes telle que les relations existant entre certaines parties de l'un sont semblables aux relations existant entre les parties correspondantes de l'autre. On considère que de telles ressemblances formelles révèlent des liens de parenté à l'intérieur de l'évolution des espèces.

**IDÉE** : Dans l'épistémologie proposée dans ce livre, la plus petite unité de processus mental est une différence, une distinction ou une information relative à une différence. Ce qu'on appelle « idée » dans le langage courant est plutôt un ensemble complexe de telles unités. On hésiterait d'ailleurs à employer ce terme pour qualifier, par exemple, la symétrie bilatérale d'une grenouille ou le message représenté par une simple impulsion nerveuse.

**INFORMATION** : Toute différence qui fait la différence.

**LINÉAIRE** et **LINÉAL** : *Linéaire* est un terme technique en mathématiques qui désigne une relation entre des variables telle que, lorsqu'on les rapporte l'une contre l'autre selon des coordonnées cartésiennes, on obtient une ligne droite. *Linéal* désigne une relation entre une série de causes ou d'arguments telle que la séquence ne revient pas à son point de départ. *Linéaire* s'oppose à *non linéaire*. *Linéal* s'oppose à *récurrent*.

**MUTATION** : Selon la théorie conventionnelle de l'évolution, la descendance peut être différente des parents pour un certain nombre de raisons :

1. des modifications dans l'ADN appelées mutations;
2. la redistribution des gènes dans la reproduction sexuelle;
3. des changements somatiques intervenus au cours de la vie de l'individu en réponse à des contraintes dues au milieu, à l'habitude, à l'âge, etc.;
4. la ségrégation somatique, c'est-à-dire la perte ou la redistribution des gènes dans l'épigenèse, ayant pour résultat de donner à certaines parties des tissus une composition différente. Les changements génétiques sont toujours *digitaux* (voir ce mot), mais les partisans de la théorie néodarwinienne admettent que ce sont les petits changements qui, en général, sont la matière de l'évolution. Ils admettent qu'un grand nombre de petits changements mutationnels se combinent au cours d'un grand nombre de générations pour finir par donner des différences évolutives importantes.

**NÉGUENTROPIE** : Cf. ENTROPIE.

**NUMÉRIQUE** . Cf. DIGITAL.

**ONTOGÉNÈSE** : Processus de développement de l'individu; elle comprend le développement embryonnaire dirigé par le patrimoine génétique, *plus* tous les changements éventuels que le milieu ou l'habitude peuvent imposer.

**PARALLAXE** : Mouvement *apparent* d'un objet, dû en fait au déplacement de l'œil de l'observateur par rapport à lui. Différence entre les positions apparentes d'un objet telles qu'elles sont vues par l'un et par l'autre œil.

**PHÉNOCOPIE** : *Phénotype* (voir ce mot) ayant des caractéristiques identiques à celles d'autres phénotypes où elles sont déterminées par des facteurs génétiques. Mais, dans la phénocopie, ces caractéristiques proviennent d'un changement somatique dû à une contrainte du milieu.

**PHÉNOTYPE** : Ensemble des propositions qui composent la description d'un organisme réel; l'aspect et les caractéristiques d'un organisme réel. Cf. GÉNOTYPE.

**PHYLOGÉNÈSE** : Histoire de l'évolution d'une espèce.

**PROCHRONISME** : Principe général selon lequel les organismes contiennent dans leur forme les signes de leur croissance passée. Le prochronisme est à l'ontogénèse ce que l'*homologie* (voir ce mot) est à la phylogénèse.

**RÉDUCTIONNISME** : Pour rendre compte des données connues, tout savant doit fournir l'explication la plus simple, la plus économique et (généralement) la plus élégante possible. Mais le réductionnisme devient un défaut si l'on accorde une importance excessive au principe que l'explication la plus simple est la seule possible. Il arrive qu'on doive envisager les données dans une *Gestalt* plus grande.

**SACREMENT** : Signe extérieur et visible d'une grâce intérieure, spirituelle.

**SOMATIQUE** (du grec *soma*, le corps) : On dit d'un caractère qu'il a une origine *somatique* quand on veut insister sur le fait qu'il a résulté d'un changement accompli par le corps lui-même, qui s'est produit durant la vie de l'individu et qui a été causé par un effet du milieu ou par une habitude.

**SOUPLESSE** : Cf. TENSION.



STOCHASTIQUE (du grec *stokhazein*, tirer à l'arc vers une cible; c'est-à-dire disperser des événements de façon partiellement aléatoire, certains résultats étant préférés aux autres). On peut dire d'une séquence d'événements qu'elle est *stochastique* quand elle présente un caractère aléatoire associé à un processus de sélection, de sorte que seuls certains résultats auront la possibilité d'être durables.

TAUTOLOGIE : Ensemble de propositions liées entre elles où la validité des liens ne peut être mise en doute. La vérité des propositions, en revanche, n'est pas posée. Exemple : la géométrie euclidienne.

TAXON : Unité ou ensemble dans la classification des animaux ou des végétaux (par exemple : espèce, genre, famille).

TENSION (*stress*) : Manque d'entropie, condition qui apparaît lorsque la capacité d'adaptation d'un organisme est soumise à des exigences trop nombreuses ou contradictoires venant du milieu extérieur ou d'une maladie interne. L'organisme ne dispose plus de la *souplesse* nécessaire parce qu'il a épuisé les autres solutions disponibles qu'il avait en réserve.

TOPOLOGIE : Branche des mathématiques qui ne tient pas compte des quantités et qui ne traite que des relations formelles entre les éléments, en particulier entre ceux qui peuvent être représentés géométriquement. La topologie traite des caractères (d'une surface ou du corps, par exemple) qui restent inchangés dans un changement d'ordre quantitatif.

TYPES LOGIQUES : En voici une série d'exemples :

1. Le nom n'est pas la chose nommée, mais relève d'un type logique différent, supérieur à celui de la chose nommée.
2. La classe est d'un type logique différent de celui de ses membres, et supérieur à lui.
3. Les instructions que délivre le niveau de réglage d'un thermostat, ou le contrôle qu'il assure, sont d'un type logique supérieur à celui du contrôle assuré par le thermomètre. (Le niveau de réglage est concrètement choisi grâce à un bouton sur le mur, dont on manœuvre la position pour déterminer la température autour de laquelle on voudrait voir varier celle de la maison.)
4. Le mot *tumbleweed*<sup>a</sup> relève du même type logique que *broussaille* ou *arbre*. Ce n'est pas le nom d'une espèce ou d'un genre particulier de plantes; il désigne une classe de plantes qui ont pour caractère commun un type particulier de croissance et de dissémination.
5. L'*accélération* est un type logique supérieur à la *vitesse*.

a. *Tumbleweed* : Ce terme vernaculaire américain n'a pas d'équivalent français. Il désigne une catégorie de plantes, anémochores, fréquentes dans les régions désertiques (Arizona, etc.), qui se coupent de leurs racines en automne et qui se font emporter par le vent, roulées en boule.



ABDUCTION, 145, 149-151.  
 ABRAXAS, 26.  
 ACCLIMATATION, 162.  
 ACQUIS  
 caractères -, 155, 227.  
 ADAPTATION, 180-184.  
 niveau d' -, cf. NIVEAUX.  
 ADN, 157, 164, 188, 190, 193.  
 ALICE  
 et le flamant, 186 n.  
 ALTERNANCES  
 de générations, 84.  
 AMES, A., Jr., 39-44.  
 ANALOGIQUE  
 changement -, cf. CHANGEMENT.  
 codage -, cf. CODAGE.  
 ANGLAIS  
 opposition entre les Américains et les -,  
 199.  
 APOLINIENNE  
 culture -, 197.  
 APPRENTISSAGE  
 génétique de l' -, cf. GÉNÉTIQUE.  
 niveaux d' -, 162.  
 secondaire (- II), 140.  
 ARMEMENTS  
 course aux -, 182.  
 ASBY, R., 182.  
 ASYMÉTRIE  
 dans l'œuf, 171.  
 double -, 18 n.  
 ATTRIBUTS, 69.  
 AUGUSTIN, SAINT, 11, 26, 59, 212.  
 AURIGNACIENNE  
 époque -, 148.  
 AUTO-CICATRISATION, 212.  
 AUTO-CORRECTION, 201, 202.  
 AUTONOMIE, 134-135.  
 BACON, F., 223.  
 BAER, K. E. VON, 174-175.  
 BALANOGLOSSE SESSILE, 189.  
 BATESON  
 loi de -, 172.  
 BATESON, M. C., 20.  
 BEETHOVEN, L. VAN, 217.  
 BELL, PETER, 17.  
 BENEDICT, R., 197.  
 BERKELEY, G., 103, 106.  
 BERNARD, C., 50, 113.  
 BIBLE, 195.  
 BIGELOW, 113.  
 BILATÉRALE  
 symétrie -, 169-170.  
 BINOMIALE  
 formule -, 80.  
 BIOLOGIE  
 valeurs en -, 61-62.  
*biston belaturia*, 156.  
*bithorax*, 165-166.  
 BLAKE, W., 12 n, 104, 121, 209.  
 BROWNIEN  
 mouvement -, 47, 51.  
 BUBER, M., 107.  
 BUT, 113, 214.  
 BUTLER, S., 28, 85 n, 99, 155, 191, 208,  
 224.  
 CALIBRAGE, 43, 201.  
 CARABINE  
 de chasse, 201.  
 CARACTÈRE, 123.  
 CARTÉSIEN  
 dualisme -, 223.  
 CHANGEMENT, 69-70.  
 analogique, 190-191.  
 génétique du - somatique, cf. GÉNÉTI-  
 QUE.  
 irréversible, 110.  
 limites du -, 186-189.  
 perception du -, 104-105.  
 quantitatif, 191.  
 somatique, 160-162.  
 CHAT  
 œil de -, 20.  
 CHEVAL, 63-64.



CODAGE, 116-121, 195.  
 analogique, 118-119.  
 de la partie pour le tout, 121.  
 digital, 118-119.  
 monstratif, 120-121.  
 par gabarit, 119-120.  
 COÉVOLUTION, 53.  
 COMPARATIVE  
 méthode -, 94.  
 COMPARÉE  
 anatomie -, 173.  
 COMPLÉMENTAIRE  
 interaction -, cf. INTERACTION.  
 CONNAISSANCE  
 de soi, 141-146.  
 CONQUE, 20-21.  
 CONSCIENCE, 38, 135-136, 218.  
 CONSERVATION  
 lois de -, 52-53.  
 CONSERVATISME  
 dans l'évolution, 184.  
 CONTEXTE, 53, 122-123.  
 anatomique, 24-25.  
 comme structure dans le temps, 23.  
 et signification, 24.  
 favorable au changement, 190.  
 pavlovien, 126.  
 CONVERGENTES  
 séquences -, 50-52.  
 CORNEILLE, 57.  
 CORRESPONDANTS  
 états -, 175.  
 CRABES, 15-19.  
 CRAPAUD  
 accoucheur (*alytes obstetricians*), 157-159.  
 CREATURA, 15-18, 212.  
 CRIME, 145.  
 CROISSANCE, 20, 64-65.  
 CULMINANT  
 point -, 55.  
 CYBERNÉTIQUE, 50, 110-112, 202-203.  
 dans l'histoire, 112-113.  
 CYCLOTHYME, 197.  
 DARWIN, C., 28, 49, 59, 72, 153, 155, 187, 191, 214.  
 DAUPHIN, 129-131, 144-145.  
 DÉFINITION  
 en anatomie comparée, 25.  
 DÉPENDANCE, 62, 146, 154, 180-182, 187.  
 DESCARTES, R., 97.  
 DESCRIPTION, 87-93, 176.  
 double -, 151, 220.  
 DESSEIN, 180.

DIAGRAMMES, 138.  
 DIFFÉRENCE, 35, 74-75, 100-107, 119, 169.  
 en dehors de l'espace et du temps, 105-106.  
 quantitative, 106.  
 DIGITAL  
 codage -, cf. CODAGE.  
*ding an sich*, 19, 36, 74, 196.  
 DISCONTINUITÉ  
 formelle, 180.  
 vs. Lamarckisme, 190 n.  
 DISCRIMINATION, 127-128.  
 DIVERGENT(E)S  
 phénomènes -, 169, 183.  
 séquences -, 47-50.  
 DIVERTISSEMENT, 149.  
 DOBZHANSKY, T., 188.  
 DONNE, J., 137.  
 DORMITIVE  
 explication -, 92, 139.  
 DOUBLE CONTRAINTE (*double bind*), 122, 133, 205.  
 DRYDEN, J., 31.  
 DYONISIENNE  
 culture -, 197.  
 ÉCONOMIE  
 règle d' -, 34.  
 ÉLÉMENT, cf. PARTIES ET TOUTS.  
 ÉLÉPHANT, 24.  
 EMBALLEMENT, 111.  
 EMBRYOGENÈSE, cf. ÉPIGENÈSE.  
 ÉMERGENCE, 114.  
 ÉNERGIE  
 collatérale, 107-109.  
 ENTÉLÉCHIE, 191.  
 ENTRAÎNEMENT, 201, 202; cf. aussi PRACTIQUE.  
 ENTRE ESPÈCES  
 communication -, 125, 143-144.  
 ENTROPIE, 14, 15, 72.  
 ÉPIGENÈSE, 24, 54-56, 166, 168-172, 192, 226.  
 ÉPIMÉNIDE, 124.  
 ÉPISTÉMOLOGIE, 12.  
 ÉSOPE, 149.  
 ESPRIT  
 contrôle génétique de l' -, cf. GÉNÉTIQUE.  
 critères distinctifs de l' -, 97-98.  
 ESSAI-ET-ERREUR, 135, 191.  
 ESTHÉTIQUE, 17, 87, 217-218.  
 ÉTERNELLES  
 vérités -, 59, 197, 211.  
 EUCLIDE, 88.

EXPLICATION, 47, 55, 87-93, 195.  
 EXPLORATION, 145-146.

FIBONACCI  
 série de -, 20.  
 FORME, 196  
 et fonction, 229.  
 FORTUNE, R. F., 197.  
 FRASER, SIR J., 216.  
 FUSIL  
 à canon court, 201.

GABARIT  
 codage par -, cf. CODAGE  
 GAUCHE  
 définition de la -, 90.  
 GÉNÉTIQUE  
 assimilation -, 165-167.  
 contrôle - de l'esprit, 193.  
 de l'apprentissage, 123.  
 du changement somatique, 167-168.  
 patrimoine -, 85.  
 GÉNOCOPIE, 166.  
 GNOSTICISME, 27.  
 GOETHE, J. W. VON, 25.  
 GRAMMAIRE  
 anatomique, 25-26.  
 GRANDE CHAÎNE DE L'ÊTRE, 27, 28, 173.  
 GRENOUILLE  
 œuf de -, 169.  
 GRESHAM  
 loi de -, 14.  
 HAAG, R., 130 n.  
 HABITUDE, 193.  
 et sélection naturelle, 227.  
 HAECKEL, E. H., 174, 189.  
 HAMPDEN-TURNER, 132 n.  
 HENDRIX, G., 81 n.  
 HÉRACLITE, 180, 207, 208.  
 HÉRALDIQUE, 147.  
 HEXAGO-RECTANGLE, 45-47, 59.  
 HISTOIRE, 21-24.  
 HOLISME, 100.  
 HOMÉOSTASIE, 50, 165.  
 HOMOLOGIE, 24, 172-180, 190, 228.  
 mentale, 193.  
 HUMOUR, 124.  
 HYPERTENSION, 141, 145.

IATMUL, 138, 197.  
 ILLUMINATION, 81, 93.  
 IMAGES  
 formation des -, 38-44.  
 IMAGINATION, 225.  
 INCONSCIENTS  
 processus -, 38.

INDUSTRIELLE  
 révolution -, 28, 49.  
 INFORMATION, 52, 53, 74.  
 perte d' -, 172.  
 INTERACTION  
 complémentaire, 112, 198-199.  
 imprévisible, 186.  
 symétrique, 112, 198-199.  
 INTÉRIEUR ET EXTÉRIEUR, 137-138.  
 INTERRUPTEUR, 115-116.

JEU(X), 132-133, 143-145.  
 théorie des -, 29.  
 JUNG, C. G., 15, 102.

KAMMERER, P., 158 n.  
 KANT, E., 105.  
 KEATS, J., 21.  
 KOEHLER, O., 57.  
 KOESTLER, A., 159 n.  
 KORSYBSKI, A., 36, 117.  
 KROPOTKINE, prince, 224.  
 KRETSCHMER, E., 197.

LAMARCK, J.-B., 27-28, 51, 100, 113, 126, 155, 156.  
 LAMARCKISME, 28, 126 n, 155, 160-161, 187-188.  
 LANGAGE(S), 68-69.  
 synonymes, 79-84.  
 LEAR, roi, 52, 211.  
 LINÉALE  
 pensée -, 68.  
 LOCKE, J., 223.  
 LOGIQUE(S), 66-67.  
 types -, 28, 49, 70, 115, 121-134, 155, 159, 163, 164, 182, 194, 200, 205.  
 types - dans la perception, 196-197.  
 LOGOS, 27.  
 LOMBRIC, 58.  
 LORENZ, K., 148.  
 LOUTRES, 133.  
 LOVEJOY, A. O., 27.  
 LUCRÈCE, 52.

MACAULAY, lord, 11 n.  
 MACBETH, 79.  
 MCCULLOCH, W. S., 59 n, 93 n.  
 MACHINE  
 à vapeur, avec régulateur, 49 n, 110-112, 118.  
 MAGIE, 216.  
 MAILLON  
 le plus faible, 48-49, 60.  
 MALLORY, L., 146.  
 MANTES, 201 n.



- MARIN  
ballade du vieux , 217.  
MARTIN, C. P., 85 n.  
MARXISME, 49.  
MATTERHORN, 146.  
MAXWELL, C., 113, 114, 115.  
MAYR, E., 179, 207.  
MEAD, M., 197.  
MÉTACOMMUNICATION, 123.  
MICRONYSTAGMUS, 103.  
MITTELSTAEDT, H. 201-202.  
MOIRÉ  
phénomènes de, 86-87.  
MOLIÈRE, 92.  
MONSTRATIF  
codage -, cf. CODAGE.  
MORPHOGENÈSE, 157, 169.  
MORT, 134, 135, 214-215.
- NATURELLE  
sélection -, cf. SÉLECTION.  
NÉVROSE  
expérimentale, 126.  
NEWTON, I., 223.  
NEWTONIENNE  
particule -, 29.  
NIVEAU(x), cf. LOGIQUE(S) (types -)  
d'adaptation, 162-163.  
de réglage, 164, 204-205.  
NOMBRE, 56-60, 118.  
impair, 81-83.  
nom ordinal du - impair, cf. NOM(S).  
NOM(S), 193-194.  
ordinal du nombre impair, 82.
- OBJECTIVITÉ, 37-38.  
OBSOLESCENCE, 223.  
OCCAM  
principe d'--, cf. ÉCONOMIE (règle d'--).  
OMAR KHEYYÂM, 153.  
OMISSION, 172.  
OPÉRANT  
conditionnement -, 129-130.  
OR  
section d'--, 20.  
O'REILLY, J., 130 n.  
OSCILLATION, 154.
- PALEY, W., 180, 214.  
PARADOXE, 66.  
PARALLAXE, 40-42.  
PARANOÏDE  
culture, 97.  
PARTHÉNOGENÈSE, 85 n.  
PARTIES ET TOUTS, 17-18, 45-47, 99-100.  
PARTIE POUR LE TOUT
- codage de la , cf. CODAGE.  
PASTEUR, L., 52.  
PATRIMOINE  
génétique, cf. GÉNÉTIQUE.  
PERTINENCE, 22.  
PHALÈNE  
du bouleau, cf. *biston belaturia*  
PHYSIQUES  
métaphores , 223.  
PLATON, 12 n, 179, 191.  
PLEROMA, 15, 100, 101.  
PLOTIN, 11, 23.  
PLUIE  
danse de la -, 216.  
PLUTON, 77-78.  
POLYPLOIDIE, 63-64.  
POPULATION, 126 n, 166-167, 230.  
POUVOIR  
mythe du -, 230.  
PRATIQUE, 145, 202; cf. aussi ENTRAÎNEMENT.  
PRÉSUPPOSITIONS, 31, 150.  
PREUVE, 33.  
PRÉVISION, 50-52.  
PRINCIPIA MATHEMATICA, 123.  
PROBABILITÉ, 51.  
PROCESSUS, 194.  
PROFONDEUR  
perception de la -, 39-43.  
PROSPERO, 22.  
PRYOR, K., 130 n.  
PSYCHANALYSE, 23.  
PSYCHÉDÉLIQUE  
expérience -, 49 n.  
PYTHAGORE, 59.
- QUANTITÉ, 56-61.
- RACCORD  
final, 199.  
RAPPORT, 60.  
RÉCAPITULATION, 174, 189.  
RÉCURSIVITÉ, 207.  
RÉDUCTIONNISME, 221.  
RÉGÉNÉRATION, 120.  
RÉGLAGE  
niveau de -, cf. NIVEAU.  
RELIGIEUSE  
liberté -, 224.  
RÉPÉTITION  
de parties, 10.  
RÊVE, 228.  
RIGUEUR, 143, 192, 220, 225, 228.  
RITUEL, 143.  
ROSE, 57-58.  
ROSENBLUETH, A. N., 113.

- ROSETTE  
pierre de -, 53.  
RUSSELL, B., 28, 60 n, 123, 124, 131, 194, 202, 206.  
RYTHME, 86, 87.
- SACRÉ, 220-221.  
SACREMENT, 14, 37.  
SALUT, 143 n.  
SCHISMOGENÈSE, 112, 198-199.  
SCHIZOPHRÉNIE, 16, 145.  
SCHIZOTHYME, 197.  
SECONDAIRE  
apprentissage -, cf. APPRENTISSAGE.  
SEGMENTATION, 20.  
SÉLECTION  
externe, 186.  
interne, 185-186.  
naturelle, 52, 72, 110, 153, 154, 166-167, 183, 211, 227.  
SÉQUOIAS  
forêt de -, 119.  
SEXES, 84-85.  
SHAW, G. B., 195 n.  
SHIVA, 26, 181, 215.  
SIGNIFICATION, 106.  
*situs inversus*, 170.  
SOCIOBIOLOGIE, 139 n.  
SOI, 137-138, 146, 206.  
SOMATIQUES  
changements -, cf. CHANGEMENT.  
SOUPLESSE, 161, 162, 163.  
SPENCER, H., 153, 189.  
SPENCER-BROWN, G., 97.  
SPIRALE, 20, 171.  
STABILITÉ, 69-70, 110.  
STATISTIQUE, 51.  
*steno bredanensis*, 129.  
STEVENS, W., 84.  
STIMULUS, 106.  
STOCHASTIQUES  
processus -, 153.  
jeux -, 135.  
STRUCTURE(S), 16-17.  
hiérarchies de -, 19.  
et répétition, 35.  
SURVIE, 226 n.  
de traits, 176.  
SYMÉTRIQUE, 17, 169-170.  
bilatérale, cf. BILATÉRALE.  
SYMÉTRIQUE
- interaction , cf. INTERACTION.  
SYMPTÔMES, 154.  
SYNAPTIQUE  
sommation -, 78.
- TAILLE, 17, 62.  
TAUTOLOGIE, 54, 87-92, 168, 195, 211-214, 216, 228 n.  
TEILHARD DE CHARDIN, P., 99.  
TÉLÉOLOGIE, 68.  
TEMPS, 114, 133, 208.  
TENNYSON, A., 214.  
THERMODYNAMIQUE  
seconde loi de la -, 27, 55.  
THERMOSTAT, 118, 202-204.  
THOM, R., 97.  
THOMPSON, D'A. W., 177-180, 191.  
TOMBAUGH, C. W., 77-78.  
TOTÉMISME, 146-149.  
TOUCHER  
sens du -, 102.  
TRANSFERT, 23.  
TRANSFORMATION, 116-121.  
TRANSFORMISME, 28.  
*tursiops*, 144.  
TYPE A  
comportement de -, 141.  
TYPOLOGIE, 179, 197, 198.
- USAGE (ET NON USAGE), 160-165.
- VÉRITÉS  
éternelles, cf. ÉTERNELLES.  
VIBREUR  
circuit de -, 66-67, 133.  
VIDE, 16, 19.  
VON NEUMANN, J., 29, 84, 88.
- WADDINGTON, C. H., 51, 54, 165, 166, 187.  
WALLACE, A. R., 49, 50, 113, 154, 184.  
WATT, J., 113.  
WEISSMANN, A., 156-157, 183.  
WHORF, B. L., 123.  
WIENER, N., 110, 113, 124.
- YOUNG, G., 146.
- ZIGZAG  
relations en -, 199-200.



INDEX

ALGÈBRE - 101  
 ANALYSE - 102  
 ARITHMÉTIQUE - 103  
 GÉOMÉTRIE - 104  
 MÉCANIQUE - 105  
 OPTIQUE - 106  
 PHISIQUE - 107  
 MÉTÉOROLOGIE - 108  
 AGRICULTURE - 109  
 MÉDECINE - 110  
 CHIMIE - 111  
 COSMOLOGIE - 112  
 AÉROLOGIE - 113  
 ZOOLOGIE - 114  
 BOTANIQUE - 115  
 MINÉRALOGIE - 116  
 MÉTÉOROLOGIE - 117  
 AGRICULTURE - 118  
 MÉDECINE - 119  
 CHIMIE - 120  
 COSMOLOGIE - 121  
 AÉROLOGIE - 122  
 ZOOLOGIE - 123  
 BOTANIQUE - 124  
 MINÉRALOGIE - 125  
 MÉTÉOROLOGIE - 126  
 AGRICULTURE - 127  
 MÉDECINE - 128  
 CHIMIE - 129  
 COSMOLOGIE - 130  
 AÉROLOGIE - 131  
 ZOOLOGIE - 132  
 BOTANIQUE - 133  
 MINÉRALOGIE - 134  
 MÉTÉOROLOGIE - 135  
 AGRICULTURE - 136  
 MÉDECINE - 137  
 CHIMIE - 138  
 COSMOLOGIE - 139  
 AÉROLOGIE - 140  
 ZOOLOGIE - 141  
 BOTANIQUE - 142  
 MINÉRALOGIE - 143  
 MÉTÉOROLOGIE - 144  
 AGRICULTURE - 145  
 MÉDECINE - 146  
 CHIMIE - 147  
 COSMOLOGIE - 148  
 AÉROLOGIE - 149  
 ZOOLOGIE - 150  
 BOTANIQUE - 151  
 MINÉRALOGIE - 152  
 MÉTÉOROLOGIE - 153  
 AGRICULTURE - 154  
 MÉDECINE - 155  
 CHIMIE - 156  
 COSMOLOGIE - 157  
 AÉROLOGIE - 158  
 ZOOLOGIE - 159  
 BOTANIQUE - 160  
 MINÉRALOGIE - 161  
 MÉTÉOROLOGIE - 162  
 AGRICULTURE - 163  
 MÉDECINE - 164  
 CHIMIE - 165  
 COSMOLOGIE - 166  
 AÉROLOGIE - 167  
 ZOOLOGIE - 168  
 BOTANIQUE - 169  
 MINÉRALOGIE - 170  
 MÉTÉOROLOGIE - 171  
 AGRICULTURE - 172  
 MÉDECINE - 173  
 CHIMIE - 174  
 COSMOLOGIE - 175  
 AÉROLOGIE - 176  
 ZOOLOGIE - 177  
 BOTANIQUE - 178  
 MINÉRALOGIE - 179  
 MÉTÉOROLOGIE - 180  
 AGRICULTURE - 181  
 MÉDECINE - 182  
 CHIMIE - 183  
 COSMOLOGIE - 184  
 AÉROLOGIE - 185  
 ZOOLOGIE - 186  
 BOTANIQUE - 187  
 MINÉRALOGIE - 188  
 MÉTÉOROLOGIE - 189  
 AGRICULTURE - 190  
 MÉDECINE - 191  
 CHIMIE - 192  
 COSMOLOGIE - 193  
 AÉROLOGIE - 194  
 ZOOLOGIE - 195  
 BOTANIQUE - 196  
 MINÉRALOGIE - 197  
 MÉTÉOROLOGIE - 198  
 AGRICULTURE - 199  
 MÉDECINE - 200  
 CHIMIE - 201  
 COSMOLOGIE - 202  
 AÉROLOGIE - 203  
 ZOOLOGIE - 204  
 BOTANIQUE - 205  
 MINÉRALOGIE - 206  
 MÉTÉOROLOGIE - 207  
 AGRICULTURE - 208  
 MÉDECINE - 209  
 CHIMIE - 210  
 COSMOLOGIE - 211  
 AÉROLOGIE - 212  
 ZOOLOGIE - 213  
 BOTANIQUE - 214  
 MINÉRALOGIE - 215  
 MÉTÉOROLOGIE - 216  
 AGRICULTURE - 217  
 MÉDECINE - 218  
 CHIMIE - 219  
 COSMOLOGIE - 220  
 AÉROLOGIE - 221  
 ZOOLOGIE - 222  
 BOTANIQUE - 223  
 MINÉRALOGIE - 224  
 MÉTÉOROLOGIE - 225  
 AGRICULTURE - 226  
 MÉDECINE - 227  
 CHIMIE - 228  
 COSMOLOGIE - 229  
 AÉROLOGIE - 230  
 ZOOLOGIE - 231  
 BOTANIQUE - 232  
 MINÉRALOGIE - 233  
 MÉTÉOROLOGIE - 234  
 AGRICULTURE - 235  
 MÉDECINE - 236  
 CHIMIE - 237  
 COSMOLOGIE - 238  
 AÉROLOGIE - 239  
 ZOOLOGIE - 240  
 BOTANIQUE - 241  
 MINÉRALOGIE - 242  
 MÉTÉOROLOGIE - 243  
 AGRICULTURE - 244  
 MÉDECINE - 245  
 CHIMIE - 246  
 COSMOLOGIE - 247  
 AÉROLOGIE - 248  
 ZOOLOGIE - 249  
 BOTANIQUE - 250  
 MINÉRALOGIE - 251  
 MÉTÉOROLOGIE - 252  
 AGRICULTURE - 253  
 MÉDECINE - 254  
 CHIMIE - 255  
 COSMOLOGIE - 256  
 AÉROLOGIE - 257  
 ZOOLOGIE - 258  
 BOTANIQUE - 259  
 MINÉRALOGIE - 260  
 MÉTÉOROLOGIE - 261  
 AGRICULTURE - 262  
 MÉDECINE - 263  
 CHIMIE - 264  
 COSMOLOGIE - 265  
 AÉROLOGIE - 266  
 ZOOLOGIE - 267  
 BOTANIQUE - 268  
 MINÉRALOGIE - 269  
 MÉTÉOROLOGIE - 270  
 AGRICULTURE - 271  
 MÉDECINE - 272  
 CHIMIE - 273  
 COSMOLOGIE - 274  
 AÉROLOGIE - 275  
 ZOOLOGIE - 276  
 BOTANIQUE - 277  
 MINÉRALOGIE - 278  
 MÉTÉOROLOGIE - 279  
 AGRICULTURE - 280  
 MÉDECINE - 281  
 CHIMIE - 282  
 COSMOLOGIE - 283  
 AÉROLOGIE - 284  
 ZOOLOGIE - 285  
 BOTANIQUE - 286  
 MINÉRALOGIE - 287  
 MÉTÉOROLOGIE - 288  
 AGRICULTURE - 289  
 MÉDECINE - 290  
 CHIMIE - 291  
 COSMOLOGIE - 292  
 AÉROLOGIE - 293  
 ZOOLOGIE - 294  
 BOTANIQUE - 295  
 MINÉRALOGIE - 296  
 MÉTÉOROLOGIE - 297  
 AGRICULTURE - 298  
 MÉDECINE - 299  
 CHIMIE - 300  
 COSMOLOGIE - 301  
 AÉROLOGIE - 302  
 ZOOLOGIE - 303  
 BOTANIQUE - 304  
 MINÉRALOGIE - 305  
 MÉTÉOROLOGIE - 306  
 AGRICULTURE - 307  
 MÉDECINE - 308  
 CHIMIE - 309  
 COSMOLOGIE - 310  
 AÉROLOGIE - 311  
 ZOOLOGIE - 312  
 BOTANIQUE - 313  
 MINÉRALOGIE - 314  
 MÉTÉOROLOGIE - 315  
 AGRICULTURE - 316  
 MÉDECINE - 317  
 CHIMIE - 318  
 COSMOLOGIE - 319  
 AÉROLOGIE - 320  
 ZOOLOGIE - 321  
 BOTANIQUE - 322  
 MINÉRALOGIE - 323  
 MÉTÉOROLOGIE - 324  
 AGRICULTURE - 325  
 MÉDECINE - 326  
 CHIMIE - 327  
 COSMOLOGIE - 328  
 AÉROLOGIE - 329  
 ZOOLOGIE - 330  
 BOTANIQUE - 331  
 MINÉRALOGIE - 332  
 MÉTÉOROLOGIE - 333  
 AGRICULTURE - 334  
 MÉDECINE - 335  
 CHIMIE - 336  
 COSMOLOGIE - 337  
 AÉROLOGIE - 338  
 ZOOLOGIE - 339  
 BOTANIQUE - 340  
 MINÉRALOGIE - 341  
 MÉTÉOROLOGIE - 342  
 AGRICULTURE - 343  
 MÉDECINE - 344  
 CHIMIE - 345  
 COSMOLOGIE - 346  
 AÉROLOGIE - 347  
 ZOOLOGIE - 348  
 BOTANIQUE - 349  
 MINÉRALOGIE - 350  
 MÉTÉOROLOGIE - 351  
 AGRICULTURE - 352  
 MÉDECINE - 353  
 CHIMIE - 354  
 COSMOLOGIE - 355  
 AÉROLOGIE - 356  
 ZOOLOGIE - 357  
 BOTANIQUE - 358  
 MINÉRALOGIE - 359  
 MÉTÉOROLOGIE - 360  
 AGRICULTURE - 361  
 MÉDECINE - 362  
 CHIMIE - 363  
 COSMOLOGIE - 364  
 AÉROLOGIE - 365  
 ZOOLOGIE - 366  
 BOTANIQUE - 367  
 MINÉRALOGIE - 368  
 MÉTÉOROLOGIE - 369  
 AGRICULTURE - 370  
 MÉDECINE - 371  
 CHIMIE - 372  
 COSMOLOGIE - 373  
 AÉROLOGIE - 374  
 ZOOLOGIE - 375  
 BOTANIQUE - 376  
 MINÉRALOGIE - 377  
 MÉTÉOROLOGIE - 378  
 AGRICULTURE - 379  
 MÉDECINE - 380  
 CHIMIE - 381  
 COSMOLOGIE - 382  
 AÉROLOGIE - 383  
 ZOOLOGIE - 384  
 BOTANIQUE - 385  
 MINÉRALOGIE - 386  
 MÉTÉOROLOGIE - 387  
 AGRICULTURE - 388  
 MÉDECINE - 389  
 CHIMIE - 390  
 COSMOLOGIE - 391  
 AÉROLOGIE - 392  
 ZOOLOGIE - 393  
 BOTANIQUE - 394  
 MINÉRALOGIE - 395  
 MÉTÉOROLOGIE - 396  
 AGRICULTURE - 397  
 MÉDECINE - 398  
 CHIMIE - 399  
 COSMOLOGIE - 400  
 AÉROLOGIE - 401  
 ZOOLOGIE - 402  
 BOTANIQUE - 403  
 MINÉRALOGIE - 404  
 MÉTÉOROLOGIE - 405  
 AGRICULTURE - 406  
 MÉDECINE - 407  
 CHIMIE - 408  
 COSMOLOGIE - 409  
 AÉROLOGIE - 410  
 ZOOLOGIE - 411  
 BOTANIQUE - 412  
 MINÉRALOGIE - 413  
 MÉTÉOROLOGIE - 414  
 AGRICULTURE - 415  
 MÉDECINE - 416  
 CHIMIE - 417  
 COSMOLOGIE - 418  
 AÉROLOGIE - 419  
 ZOOLOGIE - 420  
 BOTANIQUE - 421  
 MINÉRALOGIE - 422  
 MÉTÉOROLOGIE - 423  
 AGRICULTURE - 424  
 MÉDECINE - 425  
 CHIMIE - 426  
 COSMOLOGIE - 427  
 AÉROLOGIE - 428  
 ZOOLOGIE - 429  
 BOTANIQUE - 430  
 MINÉRALOGIE - 431  
 MÉTÉOROLOGIE - 432  
 AGRICULTURE - 433  
 MÉDECINE - 434  
 CHIMIE - 435  
 COSMOLOGIE - 436  
 AÉROLOGIE - 437  
 ZOOLOGIE - 438  
 BOTANIQUE - 439  
 MINÉRALOGIE - 440  
 MÉTÉOROLOGIE - 441  
 AGRICULTURE - 442  
 MÉDECINE - 443  
 CHIMIE - 444  
 COSMOLOGIE - 445  
 AÉROLOGIE - 446  
 ZOOLOGIE - 447  
 BOTANIQUE - 448  
 MINÉRALOGIE - 449  
 MÉTÉOROLOGIE - 450  
 AGRICULTURE - 451  
 MÉDECINE - 452  
 CHIMIE - 453  
 COSMOLOGIE - 454  
 AÉROLOGIE - 455  
 ZOOLOGIE - 456  
 BOTANIQUE - 457  
 MINÉRALOGIE - 458  
 MÉTÉOROLOGIE - 459  
 AGRICULTURE - 460  
 MÉDECINE - 461  
 CHIMIE - 462  
 COSMOLOGIE - 463  
 AÉROLOGIE - 464  
 ZOOLOGIE - 465  
 BOTANIQUE - 466  
 MINÉRALOGIE - 467  
 MÉTÉOROLOGIE - 468  
 AGRICULTURE - 469  
 MÉDECINE - 470  
 CHIMIE - 471  
 COSMOLOGIE - 472  
 AÉROLOGIE - 473  
 ZOOLOGIE - 474  
 BOTANIQUE - 475  
 MINÉRALOGIE - 476  
 MÉTÉOROLOGIE - 477  
 AGRICULTURE - 478  
 MÉDECINE - 479  
 CHIMIE - 480  
 COSMOLOGIE - 481  
 AÉROLOGIE - 482  
 ZOOLOGIE - 483  
 BOTANIQUE - 484  
 MINÉRALOGIE - 485  
 MÉTÉOROLOGIE - 486  
 AGRICULTURE - 487  
 MÉDECINE - 488  
 CHIMIE - 489  
 COSMOLOGIE - 490  
 AÉROLOGIE - 491  
 ZOOLOGIE - 492  
 BOTANIQUE - 493  
 MINÉRALOGIE - 494  
 MÉTÉOROLOGIE - 495  
 AGRICULTURE - 496  
 MÉDECINE - 497  
 CHIMIE - 498  
 COSMOLOGIE - 499  
 AÉROLOGIE - 500

## Table

Introduction

1. Ce que sont les mathématiques

2. La science de prouver par les mathématiques

3. La carte n'est pas le territoire, et le jeu n'est pas le monde

4. Il n'y a pas d'expériences mathématiques

5. Les processus de formation des mathématiques

6. La division de l'histoire des mathématiques en périodes

7. Les mathématiques modernes et les nouvelles technologies

8. Les mathématiques appliquées et les sciences exactes

9. Les mathématiques et les sciences humaines

10. De quoi s'agit-il ?

11. Les mathématiques et la philosophie

12. La quantité et la mesure

13. Il n'y a pas de "valeurs" mathématiques

14. Parfois, ce qui se voit se voit

15. La logique et les mathématiques

16. La complexité et les mathématiques

17. Le langage et les mathématiques

18. La "stabilité" et la "complexité" des mathématiques

19. Les mathématiques et les sciences exactes

20. Les mathématiques et les sciences humaines

21. Les mathématiques et les sciences sociales

22. Les mathématiques et les sciences de la vie

23. Les mathématiques et les sciences de la terre

24. Les mathématiques et les sciences de l'espace

25. Les mathématiques et les sciences de l'information

26. Les mathématiques et les sciences de la communication

27. Les mathématiques et les sciences de la culture

28. Les mathématiques et les sciences de l'art

29. Les mathématiques et les sciences de la religion

30. Les mathématiques et les sciences de la spiritualité

31. Les mathématiques et les sciences de la métaphysique

32. Les mathématiques et les sciences de la cosmologie

33. Les mathématiques et les sciences de la physique

34. Les mathématiques et les sciences de la chimie

35. Les mathématiques et les sciences de la biologie

36. Les mathématiques et les sciences de la médecine

37. Les mathématiques et les sciences de la psychologie

38. Les mathématiques et les sciences de la psychiatrie

39. Les mathématiques et les sciences de la sociologie

40. Les mathématiques et les sciences de la politique

41. Les mathématiques et les sciences de l'économie

42. Les mathématiques et les sciences de la gestion

43. Les mathématiques et les sciences de l'éducation

44. Les mathématiques et les sciences de la santé

45. Les mathématiques et les sciences de l'environnement

46. Les mathématiques et les sciences de la technologie

47. Les mathématiques et les sciences de l'innovation

48. Les mathématiques et les sciences de la créativité

49. Les mathématiques et les sciences de l'imagination

50. Les mathématiques et les sciences de l'inspiration



Table

1. <i>Introduction</i>	11
2. <i>Ce que tout élève sait</i>	31
1. La science ne prouve jamais rien	33
2. La carte n'est pas le territoire, et le nom n'est pas la chose nommée	36
3. Il n'y a pas d'expérience objective	37
4. Les processus de formation des images sont inconscients	38
5. La division de l'univers perçu en parties et en tous est commode, et peut-être nécessaire, mais aucune nécessité ne détermine la façon dont elle doit s'effectuer	45
6. Les séquences divergentes sont imprévisibles	47
7. Les séquences convergentes sont prévisibles	50
8. « De rien il ne sort rien »	52
9. Le nombre est différent de la quantité	56
10. La quantité ne détermine pas la structure	60
11. Il n'y a pas de « valeurs » monotones en biologie	61
12. Parfois, ce qui est petit est joli	62
13. La logique est un modèle incomplet du rapport de la cause à l'effet	66
14. La causalité ne fonctionne pas à rebours	67
15. Le langage ne met généralement l'accent que sur un seul côté de l'interaction	68
16. La « stabilité » et le « changement » décrivent des parties de notre description	69
3. <i>Versions multiples du monde</i>	73
1. Le cas de la différence	74
2. Le cas de la vision binoculaire	75



3. Le cas de la planète Pluton	77
4. Le cas de la sommation synaptique	78
5. Le cas du poignard imaginaire	79
6. Le cas des langages synonymes	79
7. Le cas des deux sexes	84
8. Le cas des phénomènes de battement et de moiré	86
9. Le cas de la « description », de la « tautologie » et de l'« explication »	87
4. <i>Critères du processus mental</i>	97
Critère n° 1 : Un esprit est en ensemble de parties ou de composants en interaction	98
Critère n° 2 : L'interaction entre les parties d'un esprit est déclenchée par la différence	100
Critère n° 3 : Le processus mental requiert de l'énergie collatérale	107
Critère n° 4 : Le processus mental requiert des chaînes de détermination circulaires (ou plus complexes)	109
Critère n° 5 : Dans les processus mentaux, il faut considérer les effets de la différence comme des transformations (c'est-à-dire des versions codées) de la différence qui les a précédés	116
Critère n° 6 : La description et la classification des processus de transformation révèlent une hiérarchie de types logiques immanente aux phénomènes	121
5. <i>Versions multiples de la relation</i>	137
1. « Connais-toi toi-même »	141
2. Le totémisme	146
3. L'abduction	149
6. <i>Les grands processus stochastiques</i>	153
1. Les erreurs de Lamarck	156
2. L'usage et le non-usage	160
3. Assimilation génétique	165
4. Le contrôle du changement somatique	167
5. « Rien ne vient de rien » dans l'épigenèse	168
6. L'homologie	172
7. Adaptation et dépendance	180
8. Les processus stochastiques divergents et convergents	182
9. Comparaison et combinaison des deux systèmes stochastiques	184

7. <i>De la classification au processus</i>	195
8. <i>Et alors?</i>	211
<i>Appendice : Cette époque qui ne tourne plus rond</i>	223
Glossaire	233
Index	237