

RUPERT SHELDRAKE

Avant-propos de Patrice van Eersel



LA MÉMOIRE DE L'UNIVERS

Une hypothèse révolutionnaire
qui pourrait remettre en cause
notre vision du monde

GuyTrédaniel
éditeur

Biologiste britannique de renom et spécialiste de la théorie des champs morphogénétiques, **RUPERT SHELDRAKE** est chercheur titulaire à l'Institut des Sciences Noétiques (IONS) de Californie. Diplômé de Cambridge et de Harvard, membre de l'Académie royale des sciences, il a notamment utilisé sa théorie pour expliquer des énigmes de la parapsychologie.

Il est, entre autres, l'auteur de *Science et pratiques spirituelles*, paru chez le même éditeur.

LA MÉMOIRE DE L'UNIVERS

Du même auteur, chez le même éditeur

Science et pratiques spirituelles, 2020.

Titre original : *The Presence of the Past*.

Publié pour la première fois en 1988 par HarperCollins.

© 1988, Rupert Sheldrake.

© 1990, Éditions du Rocher pour la première traduction française.

© 2022, Guy Trédaniel éditeur pour la traduction augmentée.

Traduit de l'anglais par Olivier Vinet.

ISBN : 978-2-8132-2607-5

Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite, stockée dans un système de récupération ou transmise sous quelque forme que ce soit ou par quelque moyen que ce soit, électronique, mécanique, photocopie, enregistrement ou autre, sans l'autorisation écrite préalable de l'éditeur.

www.editions-tredaniel.com

info@guytredaniel.fr



www.facebook.com/editions.tredaniel



[@editions_guy_tredaniel](https://www.instagram.com/editions_guy_tredaniel)

RUPERT SHELDRAKE

Avant-propos de Patrice van Eersel

LA MÉMOIRE DE L'UNIVERS

~~~~~  
**Une hypothèse révolutionnaire  
qui pourrait remettre en cause  
notre vision du monde**

Suivi de  
Les champs morphiques et l'ordre impliqué  
Un dialogue entre Rupert Sheldrake  
et David Bohm

Guy **Trédaniel** éditeur

19, rue Saint-Séverin  
75005 Paris



# Avant-propos

En démarrant la publication d'une série d'ouvrages de Rupert Sheldrake, Guy Trédaniel éditeur désire rappeler au public francophone la contribution génialement stimulante que ce biologiste britannique issu de Cambridge a apportée, non seulement à sa discipline et à la science, mais à la connaissance en général.

Tout a commencé par des questions apparemment très simples. Pourquoi un gland ne peut-il jamais donner un palmier ? Pourquoi la queue coupée d'un lézard repousse-t-elle exactement à la bonne taille ? Et pourquoi votre visage reste-t-il le même alors que ses cellules se renouvellent en permanence ? Et aussi pourquoi l'œil d'un poulpe ressemble à celui d'un mammifère alors qu'il arrive d'une tout autre filière évolutive ? Dans tous les cas, la science répond : grâce aux gènes. Oui, mais en quoi ces derniers sont-ils les «architectes» des plans qu'ils contiennent et comment ces plans communiquent-ils entre eux à travers l'espace-temps ? Curieusement, la physique comme la biologie ont tendance à négliger la façon dont émergent les formes des corps qui s'auto-organisent. Corps vivants ou corps minéraux. Mais aussi corps psychiques ou sociologiques. Pourquoi la cristallisation d'une nouvelle molécule de synthèse, au début difficile, devient-elle ensuite immédiate ? Pourquoi les animaux de laboratoire du monde entier résolvent-ils de plus en plus facilement les nouveaux tests qu'on leur propose, à mesure que grandit le nombre de ceux qui y sont parvenus ? Et pourquoi les mêmes découvertes ou inventions – techniques aussi bien qu'artistiques – ont-elles tendance à surgir au même moment à des endroits éloignés et sans rapport entre eux ?

Ce fut un scandale quand, en 1981, Rupert Sheldrake, jeune biologiste de Cambridge, proposa, dans son livre *Une nouvelle science de la vie*, une seule et même explication à toutes ces énigmes. Selon lui, une dimension entière du réel aurait jusqu'ici échappé à la science, une «force sans énergie» qu'il nomma résonance morphique. Traversant l'espace et le temps, cette force, portée par des champs en permanente évolution, mettrait en relation toutes les formes identiques de l'univers – vraisemblablement au niveau quantique. Une hypothèse fantastique qui, confirmée, remettrait en cause toute notre vision du monde. Beaucoup la refusèrent d'emblée. La principale revue scientifique de langue anglaise, *Nature*, cria au scandale. Et son directeur, John Maddox, posa même la question : «*Is this a book to be burnt?*» (Faut-il brûler ce livre?). Selon lui, l'idée même de résonance morphique était non seulement prétentieuse (n'appelait-elle pas *in fine* à un *aggiornamento* de la totalité des sciences?), mais bien pire, elle ramenait la connaissance à un âge idéaliste définitivement obsolète et révolu, puisque en fin de compte les champs morphogénétiques ne faisaient rien d'autre que remettre à l'ordre du jour les archétypes de Platon.

En réalité, l'hypothèse de la résonance morphique ne revenait pas en arrière. Elle proposait plutôt une ouverture résolument inédite et même révolutionnaire. Comme si les archétypes de Platon se trouvaient sans cesse reformatés par la résultante de leurs manifestations. Ou comme si, de façon allégorique, créateur et créature se retrouvaient inclus dans une sorte de vaste boucle, un dialogue cosmique permanent. Plus prosaïquement – et de façon très *british* –, les «constantes» de la science se trouvaient ramenées à de simples habitudes.

Contrairement à la très orthodoxe revue *Nature*, de nombreux penseurs applaudirent à l'idée de creuser la question des formes et le célèbre écrivain et chercheur Arthur Koestler déclara : «L'hypothèse de la causalité formative soulève un défi énorme et suscite une stimulation sans précédent.»

## AVANT-PROPOS

Dès la parution de ce premier ouvrage de Rupert Sheldrake, une grande revue scientifique, *The New Scientist*, publia des articles très élogieux, suggérant, tout comme Sheldrake lui-même, que l'hypothèse des champs morphogénétiques soit discutée et surtout testée, avant de pouvoir être éventuellement validée... ou invalidée par la communauté scientifique. Dans la foulée, certains observateurs firent remarquer que l'une des retombées étonnantes de cette vision était de redonner du poids à la responsabilité individuelle et de l'encourager. En effet, même seul contre une foule, même inconnu de tous, même isolé sur une île déserte, si vous créez une forme véritablement nouvelle de comportement, d'attitude, de geste, de relation... celle-ci fera automatiquement émerger un champ de forme correspondant qui, par résonance morphique, influencera tous vos semblables.

Pour se justifier, Rupert Sheldrake se tourna vers différentes sommités scientifiques de l'époque, en particulier vers le physicien quantique américain David Bohm, avec qui il eut une conversation des plus intéressantes, par exemple pour tenter de comprendre comment un supposé «champ non énergétique» pourrait influencer la matière-énergie du monde, au point de lui donner ses formes.

Cette conversation Sheldrake-Bohm figure en annexe du présent ouvrage, dont Guy Trédaniel éditeur publie, pour la première fois en français, la version entièrement revue et corrigée en 2011 à la lumière des dernières découvertes scientifiques, notamment en matière d'épigénétique. De tous les livres écrits par Rupert Sheldrake, *La Mémoire de l'univers* est incontestablement celui où l'audacieuse hypothèse est explorée le plus en profondeur.

*Patrice van Eersel*





# Préface

## À la première édition (1987)

J'entends, avec ce livre, pousser plus avant les idées exposées dans *Une nouvelle science de la vie*, publié pour la première fois en Angleterre en 1981 (Éditions du Rocher, 1985). À l'époque, j'avais l'hypothèse audacieuse de la causalité formative et j'évoquais certaines de ses innombrables implications, en particulier dans les secteurs de la chimie et de la biologie.

L'ouvrage que je propose aujourd'hui est moins technique. J'y situe l'hypothèse de la causalité formative dans ses contextes historique, philosophique et scientifique plus vastes; j'y résume ses principales implications pour les secteurs de la chimie et de la biologie, et j'y évoque ses conséquences sur les plans de la psychologie, de la société et de la culture. J'y montre de quelle manière elle esquisse une compréhension nouvelle et radicalement évolutionniste de l'homme, et du monde dans lequel il vit – une compréhension en harmonie, ce me semble, avec l'idée moderne voulant que la nature dans son ensemble soit évolutive.

L'hypothèse de la causalité formative suggère que la mémoire est inhérente à la nature. Elle s'oppose en cela à diverses théories scientifiques orthodoxes. Ces dernières ont vu le jour dans le contexte de la cosmologie préévolutionniste, selon laquelle la nature et ses lois sont éternelles – cette vision a dominé la pensée jusqu'aux années 1960. Tout au long de ce livre, je présenterai les interprétations propres à l'hypothèse de la causalité formative en regard de celles prônées par la science conventionnelle, et je proposerai un vaste échantillon d'expériences permettant de tester l'une et l'autre.

En 1982, le groupe Tarrytown de New York a annoncé l'ouverture d'une compétition internationale, dotée de prix importants. L'objet était la mise à l'épreuve empirique de l'hypothèse de la causalité formative – les participants devaient proposer des expériences permettant de vérifier ou d'infirmer l'exactitude de cette hypothèse. Au même moment, le magazine britannique *New Scientist* mettait sur pied une compétition allant dans le même sens. Les projets sélectionnés par un échantillon de scientifiques anglais furent publiés dans son numéro d'avril 1983. Ils inspirèrent de nombreux chercheurs, dont moi-même. Les résultats de la compétition Tarrytown furent annoncés, et les prix décernés, en juin 1986. Les expériences primées, sélectionnées par un échantillon international de scientifiques, sont résumées au chapitre 10.

Ces compétitions ont permis au grand public d'avoir connaissance de l'hypothèse de la causalité formative et des tentatives entreprises pour en tester la validité. Je tiens en conséquence à exprimer ma gratitude à Robert L. Schwartz qui a imaginé la compétition Tarrytown, qui l'a organisée et qui a offert le premier prix. Je remercie également Tiger Trust, de Hollande, ainsi que Meyster Verlag, de Munich, les éditeurs de la traduction allemande d'*Une nouvelle science de la vie*, donateurs des deuxième et troisième prix. Je suis également reconnaissant au magazine *New Scientist* – en particulier à Michael Kenward, son éditeur, et à Colin Tudge, son rédacteur en chef de l'époque – d'avoir mis sur pied leur compétition; ainsi qu'aux scientifiques (cités nommément au chapitre 10) qui ont accepté de composer le jury de ces deux compétitions.

J'ai eu le privilège de discuter de la notion de causalité formative à l'occasion de séminaires et conférences dans des universités et institutions diverses en Autriche, en Grande-Bretagne, au Canada, en Finlande, en France, en Allemagne, en Hollande, en Inde, en Suède, en Suisse et aux États-Unis. Je tiens à exprimer ma gratitude à toutes les personnes ayant permis ces rencontres,

## PRÉFACE

et à toutes celles, dont je ne puis raisonnablement citer le nom, qui m'ont gratifié de leurs critiques, commentaires, suggestions, interrogations, informations, enthousiasme et encouragements. Un merci tout particulier à quatre groupes qui m'ont fourni à maintes reprises un cadre de travail stimulant : le Centre international d'études intégratives, à New York, ainsi que l'Institut d'Esalen, l'Institut de sciences noétiques et la Fondation Ojai, en Californie.

Ce livre a largement bénéficié – de manière directe et indirecte – des fruits d'échanges divers avec des interlocuteurs situés aux quatre coins du monde, ainsi que d'innombrables conversations et discussions avec des amis et collègues. J'aimerais remercier ici tous ceux qui m'ont si généreusement fait profiter de leur savoir, de leur expérience et de leurs intuitions : Ralph Abraham, David Abram, Andra Akers, Patrick Bateson, John Beloff, Anthony Blond, David Bohm, Richard Braithwaite, John Brockman, Keith Campbell, Fritjof Capra, Jennifer Chambers, Jeremy Cherfas, Christofer Clarke, Isabel Clarke, Virginia Coyle, Tom Creighton, Paul Davies, Larry Dossey, Lindy Dufferin et Ava, Dorothy Emmet, Susan Fassberg, Marilyn Ferguson, Jim Garrison, Alan Gauld, Adele Getty, Elmar Gruber, Brian Goodwin, George Greer, David Griffin, Bede Griffiths, Stanislav Grof, Lola Hardwick, David Hart, Nick Herbert, Rainer Hertel, Joan Halifax, Jean Houston, Caroline Humphrey, Nicholas Humphrey, Tim Hunt, Francis Huxley, Brian Inglis, frère John, Colleen Kelley, Arnold Keyserling, Stanley Krippner, le regretté J. Krishnamurti, Peter Lawrence, David Lorimer, la regrettée Margeret Masterman, Terence McKenna, Noel McInnis, Ralph Metzner, John Mitchell, Joan Miller, Michael Murphy, Tom Myers, Claudio Naranjo, Jim Nollman, le regretté Frank O'Meara, Brendan O'Reagan, Robert Ott, le regretté Michael Ovenden, Alan Pickering, Nigel Pennick, Jeremy Prynne, Anthony Ramsay, Martin Rees, Micky Remann, Keith Roberts, Steven Rose, Janis Roze, Peter Russel, Gary Schwartz, Robert L. Schwartz, Irene Seeland, John Steele, Ian Stevenson,

Dennis Stillings, Harley Swiftdeer, Jeremy Tarcher, George Tracy, Patrice van Eersel, Francisco Varela, Melanie Ward, Lyall Watson, Renée Weber, Christopher Whitmont, George Wickman, Ion Will, Roger Williams, Arthur Young et Connie Zweig.

Plus d'une vingtaine de personnes ont eu la gentillesse de relire les épreuves de ce livre, soit en tout soit en partie, selon leurs compétences personnelles. La réécriture de l'ouvrage a été grandement enrichie grâce à leurs commentaires, critiques et conseils. Je remercie tout particulièrement Christopher Clarke, Paul Davies, Peter Fry, Brian Goodwin, Bede Griffiths, David Hart, Anthony Laude, mon épouse Jill Purce, Anthony Ramsay, Steven Rose – et surtout Nicholas Humphrey, qui a été pour moi une source permanente de bon sens au cours des trois années qu'a duré la rédaction de ce travail. La version finale a été améliorée dans une mesure considérable par les suggestions heureuses de mes éditeurs : Helen Fraser de Collins, à Londres ; et Hugh O'Neill de Times Books à New York.

L'écriture de ce livre a été pour moi une sorte de voyage d'exploration des plus passionnants. Mon épouse Jill m'a accompagné tout au long de mon périple, et je lui suis infiniment reconnaissant de ses encouragements incessants, de nos multiples conversations qui ont permis aux idées exprimées dans les pages qui suivent de prendre forme ; elle m'a aidé de mille façons et m'a été une source constante d'inspiration.

Merci à Keith Roberts, Jeni Fix et Craig Robson pour les dessins et diagrammes.

Merci à Melanie Ward pour la dactylographie des divers brouillons de cet ouvrage, et pour son travail de secrétariat.

Merci, enfin, à tous les végétaux et animaux qui m'ont été une source d'enseignement précieuse, et en particulier à l'animal que je connais le mieux, notre chat, Remedy.

Hampstead, Angleterre  
Pâques, 1987

# Préface

## À la deuxième édition (2011)

Ce livre traite d'une idée grandiose : la mémoire est inhérente à la nature et ce que l'on appelle les lois de la nature ressemblent en réalité davantage à des habitudes. J'ai proposé pour la première fois cette idée dans mon livre *Une nouvelle science de la vie*, publié en 1983. Puis j'ai développé cette hypothèse dans la première édition de ce livre, *La Mémoire de l'univers*, parue en 1987 (1990 pour la traduction française). En parallèle, depuis les années 1980, la science a connu de nombreux changements qui ont rendu cette hypothèse plus plausible et pertinente. Dans la nouvelle édition d'*Une nouvelle science de la vie*, j'ai abordé des éléments expérimentaux récents et de nouvelles études allant dans le sens de cette hypothèse. Enfin, dans cette nouvelle édition améliorée de *La Mémoire de l'univers*, je vais plus loin dans la discussion portant sur les nombreuses implications de cette hypothèse et je procède à des mises à jour.

Dans les années 1980, nombreux étaient les scientifiques qui croyaient dur comme fer que tous les grands problèmes de la science seraient bientôt résolus. Les biologistes seraient capables d'expliquer la nature de la vie grâce au séquençage du génome des êtres humains et d'autres organismes. Les psychologues seraient capables de comprendre la nature de l'esprit grâce à l'imagerie cérébrale et à la modélisation informatique. En informatique, l'intelligence artificielle serait intégrée à des machines qui rivaliseraient avec l'intelligence des êtres humains, et même la dépasseraient. En physique, grâce à l'élaboration des théories ultimes du tout, en particulier la théorie des supercordes, l'origine

de l'univers et de tout ce qu'il contient serait expliquée par le biais d'équations mathématiques incluant de multiples dimensions. En 1997, John Horgan, un écrivain scientifique américain, a publié un livre intitulé *The End of Science*. Après s'être entretenu avec d'éminents scientifiques dans de nombreux domaines de recherche, voici ce qu'il a conclu : « Je crois que le discours que les scientifiques ont mis au point grâce à leur savoir, ce mythe moderne de la création, sera aussi viable dans cent, voire mille ans qu'aujourd'hui. Pourquoi ? Parce qu'il est vrai. De plus, étant donné que la science est déjà allée très loin et au vu des limites physiques, sociales et cognitives qui entravent la recherche, il est improbable que la science fasse de nouvelles découvertes importantes pouvant s'ajouter aux connaissances qu'elle possède déjà. L'avenir ne nous réserve aucune grande révélation comparable à celle de Darwin, d'Einstein, ou de Watson et Crick<sup>1</sup>. »

Aujourd'hui, les choses sont très différentes. En 1963, alors que j'étudiais la biochimie à l'université de Cambridge, j'ai été invité à une série de rencontres privées avec Francis Crick et Sydney Brenner au King's College, en compagnie de quelques-uns de mes camarades de classe. Ils venaient de déchiffrer le code génétique. Tous deux étaient de fervents partisans de l'approche mécaniste de la vie. Ils nous ont expliqué qu'il y avait deux grands problèmes que la biologie n'avait pas encore résolus : l'évolution et la conscience. Ils n'avaient pas encore été résolus parce que les personnes qui travaillaient sur ces sujets n'étaient pas des biologistes moléculaires, et n'étaient soit dit en passant pas non plus très brillantes. Crick et Brenner affirmaient qu'ils allaient trouver les réponses dans les dix ou vingt prochaines années. Brenner allait s'occuper de l'évolution et Crick de la conscience. Ils nous ont proposé de les rejoindre.

Tous deux ont fait de leur mieux. Brenner a reçu le prix Nobel en 2002 pour ses travaux sur l'évolution du ver nématode appelé *Caenorhabditis*. Crick a corrigé le manuscrit de son ultime

## PRÉFACE

article sur le cerveau la veille de sa mort, en 2004. Lors de ses funérailles, son fils, Michael, a déclaré que son père n'était pas mû par le désir de devenir riche ou célèbre, mais par l'envie «d'enfoncer le dernier clou dans le cercueil du vitalisme<sup>2</sup>».

Il a échoué. Brenner aussi. Les problèmes liés à l'évolution et à la conscience n'ont toujours pas été résolus. De nombreux détails ont été découverts, des dizaines de gènes ont été séquencés et l'imagerie cérébrale n'a jamais été aussi précise. Mais rien ne prouve que la vie et l'esprit peuvent être expliqués par la physique et la chimie à elles seules.

En particulier, les incroyables promesses du projet génome humain n'ont pas été tenues, malgré l'immense prouesse technique que ce projet représentait. En l'an 2000, lorsque les résultats ont été révélés, la première surprise a été que le génome humain ne contient que 20 000 à 25 000 gènes, soit beaucoup moins que les 100 000 attendus. En comparaison, les oursins en ont plus, environ 26 000 et les plants de riz, 38 000. En outre, notre génome diffère très peu de celui des chimpanzés, dont le séquençage a été achevé en 2004. Svante Pääbo, directeur du projet génome des chimpanzés, a fait le commentaire suivant : «Nous ne comprenons pas pourquoi nous sommes si différents des chimpanzés<sup>3</sup>.»

Par ailleurs, dans la pratique, la valeur prédictive du génome humain s'avère faible. Tout le monde sait que des parents grands ont tendance à avoir des enfants grands, et des études récentes portant sur les génomes de 30 000 personnes ont identifié environ 50 gènes associés à une petite ou une grande taille. Mais pris ensemble, ces gènes expliquaient environ 5% de l'hérédité de la taille<sup>4</sup>. Il existe beaucoup d'autres exemples d'«héritabilité manquante». «L'orgueil a laissé place à la préoccupation», a déclaré en 2009 Steve Jones, professeur de génétique à l'University College de Londres. Selon lui, poursuivre les recherches avec la même approche, qui consiste à avoir une grande confiance en la valeur prédictive du génome, reviendrait à «jeter l'argent par les fenêtres<sup>5</sup>».

La physique elle aussi rencontre des problèmes en apparence insolubles. Les théories des supercordes et la théorie M portant respectivement sur dix et onze dimensions font entrer la science dans les territoires complètement inconnus. Mais pour l'instant, elles sont invérifiables. L'un de leurs opposants a écrit un ouvrage intitulé *Même pas fausse!*<sup>6</sup> et un nombre de plus en plus grand d'éminents physiciens craint que la physique théorique se soit égarée<sup>7</sup>.

Entre-temps, les cosmologistes ont tiré la conclusion que les formes connues de matière et d'énergie constituent seulement 4% environ de l'univers. Le reste est composé de matière et d'énergie sombres. Ainsi, la nature de 96% de la réalité physique est littéralement obscure<sup>8</sup>.

Au sein de la cosmologie, on a beaucoup débattu du principe anthropique cosmologique, selon lequel si les lois et les constantes de la nature avaient été légèrement différentes au moment du Big Bang, la vie biologique n'aurait jamais pu émerger et par conséquent, nous n'aurions pas été là pour y réfléchir. Aussi, est-ce qu'un esprit divin a peaufiné les lois et constantes dès le départ? Beaucoup de cosmologistes préfèrent croire que notre univers est un seul univers parmi un nombre très grand, voire infini d'univers parallèles, ayant tous des lois et constantes différentes. Tous ces autres univers existent, même si rien ne le prouve. Il se trouve simplement que nous vivons dans celui où les conditions sont idéales pour nous.

Pour les sceptiques, la théorie du multivers est la violation ultime du principe du rasoir d'Occam, selon lequel les entités ne devraient pas se multiplier inutilement. Mais là encore, on ne réussit pas à se débarrasser de Dieu. Car un Dieu infini pourrait être le Dieu d'un nombre infini d'univers<sup>9</sup>.

L'hypothèse dont il est question dans ce livre apporte un éclairage au sujet de nombreux grands problèmes auxquels la science est confrontée et pourrait contribuer à proposer un paradigme unifiant dans le cadre d'une nouvelle vision plus holistique du



monde. Voici certaines des questions soulevées dans cet ouvrage, qui pourraient permettre d'aller de l'avant et de résoudre des problèmes dans lesquels la science s'enlise, dans des domaines en apparence sans rapport :

- Si les régularités de la nature sont des habitudes en évolution, et non des lois éternelles, il n'est pas nécessaire de supposer que toutes les lois et constantes ont été fixées au moment du Big Bang. Il n'y a donc aucune nécessité à supposer que toutes ces lois et constantes ont été intelligemment conçues au moment de la création, ni qu'il existe un nombre infini d'univers inobservés. Ces deux hypothèses deviennent caduques si la nature est radicalement évolutionniste, comme le propose l'hypothèse de la causalité formative.
- Le repliement des molécules telles que les protéines et le développement des plantes et animaux constituent actuellement des problèmes insolubles. L'idée selon laquelle les champs morphiques auraient une mémoire inhérente permet de comprendre ces problèmes centraux de la biologie et de la chimie d'une manière complètement nouvelle, vérifiable expérimentalement et cohérente avec des observations en temps normal déroutantes.
- L'hérédité de l'instinct chez les animaux peut être considérée comme une hérédité des habitudes par résonance morphique, qui varie en degré, mais pas en nature, du fait de l'apprentissage individuel et de l'accumulation d'habitudes au sein des organismes individuels.
- Les gènes contribuent à permettre aux organismes de fabriquer des protéines, mais ils n'expliquent pas l'hérédité de la forme et du comportement. «L'héritabilité manquante» qui est tellement déconcertante à la lumière du projet génome cesse d'être un problème quand on l'explique par la résonance morphique.

- On pense souvent que les similitudes étonnantes entre vrais jumeaux, même quand ils sont séparés peu après la naissance, étaient une forme de déterminisme génétique, qui est à la base de nombreuses spéculations au sujet de la sociobiologie et des gènes égoïstes. Néanmoins, la résonance morphique, qui s'appuie sur la notion de similitude, apporte une interprétation plus simple et complètement différente des données dans l'étude des jumeaux.
- Malgré plus d'un siècle de recherches, la nature de la mémoire demeure obscure et de nombreuses tentatives pour détecter des souvenirs de longue date à l'intérieur du cerveau ont échoué. Selon la notion de résonance morphique, le cerveau serait davantage un récepteur de télévision qu'un système d'enregistrement. Les souvenirs ne sont pas entreposés dans le cerveau : en réalité, il les capte, raison pour laquelle ces souvenirs se sont avérés si insaisissables.
- Les théories mécanistes de l'esprit, qui cherchent à l'expliquer uniquement du point de vue des fonctions cérébrales, ont abouti à d'innombrables problèmes et contradictions. L'hypothèse de la causalité formative permet que l'esprit soit compris du point de vue de champs enracinés dans le cerveau, mais qui vont bien au-delà, en établissant une nouvelle théorie de la perception et en expliquant de nombreux phénomènes restant en temps normal inexpliqués.
- La résonance morphique joue un rôle important dans l'hérédité culturelle et apporte un nouvel éclairage à des pratiques religieuses telles que les rituels.
- Cette hypothèse apporte une nouvelle compréhension de l'évolution, qui serait un mélange d'habitude et de créativité, et suggère de nouvelles manières d'envisager les processus créatifs continus de la nature évolutionniste.

## PRÉFACE

Dans l'introduction, je résume cette hypothèse et j'expose le plan de ce livre dans les grandes lignes.

Hampstead, Angleterre  
Noël, 2011



# Introduction

## Les habitudes de la nature

*« La coutume est une seconde nature [...]  
J'ai grand'peur que cette nature ne soit elle-même  
qu'une première coutume. »*

Blaise Pascal, *Pensées*

Ce livre étudie la possibilité que la mémoire soit inhérente à la nature. Il suggère que les systèmes naturels, tels que des colonies de termites, des pigeons, des orchidées, des molécules d'insuline héritent d'une mémoire collective renfermant tous les phénomènes concernant leur espèce, aussi distants soient-ils dans l'espace et dans le temps. Du fait de cette mémoire cumulative, la nature des choses devient de plus en plus habituelle par répétition. Les choses sont ce qu'elles sont parce qu'elles furent ce qu'elles furent.

Il semble donc que les habitudes soient inhérentes à la nature de tous les organismes vivants, à celle des cristaux, des molécules, des atomes, et même du cosmos dans son ensemble.

Ainsi, une semence de hêtre prendra-t-elle, au cours de son développement, la forme, la structure et les habitudes caractéristiques d'un hêtre. Elle est apte à se comporter de la sorte parce qu'elle hérite sa nature des hêtres précédents; mais cet héritage n'est pas une simple question de gènes chimiques. Il dépend aussi de la transmission des habitudes de croissance et de développement d'innombrables hêtres ayant existé par le passé.

De même, au fil de sa croissance, une hirondelle vole, se nourrit, lisse ses plumes, migre, se reproduit et nidifie comme l'ont

fait toutes les hirondelles avant elle. Elle hérite de l'instinct de son espèce *via* d'invisibles influences agissant à distance ; celles-ci ont pour effet de rendre, en quelque sorte, le comportement d'hirondelles passées présent en elle. Elle est formée par la mémoire collective de son espèce, qu'elle contribue à son tour à former.

Tous les humains puisent également dans une mémoire collective, qu'à leur tour ils contribuent à façonner.

Si cette vision de la nature est correcte – ne fût-ce qu'approximativement –, il devrait être possible d'observer l'établissement progressif d'habitudes nouvelles au fil de leur propagation au sein d'une espèce.

Quand des mésanges bleues apprennent un comportement nouveau – voler du lait en arrachant la capsule de la bouteille, par exemple –, toutes les mésanges bleues, où qu'elles soient, même hors de portée des moyens de communication normaux, devraient révéler une tendance croissante à apprendre le même comportement.

Lorsqu'une activité nouvelle devient à la mode parmi les hommes, le surf, par exemple, son apprentissage devrait être de plus en plus aisé au fil du temps, pour la simple raison qu'un nombre toujours plus important d'individus s'y adonne.

De même que cette transmission d'habitudes peut dépendre d'influences directes de phénomènes similaires antérieurs, la mémoire d'organismes individuels peut dépendre d'influences directes de leur *propre* passé. Si la mémoire est inhérente à la nature des choses, l'héritage d'habitudes collectives et le développement d'habitudes individuelles – le développement de la «seconde nature» de l'individu – peuvent être considérés comme des aspects différents d'un même processus fondamental : le processus par lequel le passé devient, en un sens, présent sur base de la similarité.

Ainsi, nos habitudes personnelles peuvent-elles dépendre d'influences cumulatives de notre comportement passé, avec lesquelles

## INTRODUCTION

nous entrons «en résonance». Si tel est le cas, il est inutile que celles-ci soient conservées sous une forme matérielle dans notre système nerveux. Il en va de même de nos souvenirs conscients – d'une chanson que nous avons retenue ou d'un événement qui nous est advenu l'année dernière et nous a marqué. Le passé peut, en un sens, devenir présent pour nous de manière directe. Il est toutefois possible que nos souvenirs ne soient pas conservés dans notre cerveau, comme d'aucuns sont enclins à le supposer.

Toutes ces éventualités prennent une dimension intéressante dans le cadre d'un concept scientifique, que j'ai baptisé hypothèse de la causalité formative. Celle-ci suggère que la nature des choses dépend de champs – des champs morphiques. Chaque type de système naturel possède son propre type de champ; il y a un champ pour l'insuline, un champ pour le hêtre, un champ pour l'hirondelle, etc. Ces champs façonnent les différents types d'atomes, de molécules, de cristaux, d'organismes vivants, de sociétés, de coutumes et de modes de pensée.

Les champs morphiques, comme les champs connus de la physique, sont des régions d'influence non matérielles s'étendant dans l'espace et se prolongeant dans le temps. Quand un système organisé particulier cesse d'exister – lorsqu'un atome est désintégré, qu'un flocon de neige fond, ou qu'un animal meurt – son champ organisateur disparaît du lieu spécifique où existait le système. Mais dans un autre sens, les champs morphiques ne disparaissent pas; ce sont des schèmes d'influence organisateurs potentiels, susceptibles de se manifester à nouveau, en d'autres temps, en d'autres lieux, partout où et à chaque fois que les conditions physiques seront appropriées. Quand c'est le cas, ils renferment une mémoire de leurs existences physiques antérieures.

Le processus par lequel le passé devient présent au sein de champs morphiques est nommé résonance morphique. La résonance morphique implique la transmission d'influences causales

formatives à travers l'espace et le temps. La mémoire au sein des champs morphiques est cumulative, et c'est la raison pour laquelle toutes sortes de phénomènes deviennent de plus en plus habituels par répétition. Lorsqu'une telle répétition s'est produite à une échelle astronomique sur des milliards d'années, comme ce fut le cas pour d'innombrables types d'atomes, de molécules et de cristaux, la nature des phénomènes a acquis une qualité habituelle si profonde qu'elle est effectivement immuable, ou apparemment éternelle.

Toutes ces réflexions sont en contraste flagrant avec les théories orthodoxes en vigueur. Il n'existe rien de semblable à la résonance morphique dans le cadre de la physique, de la chimie ou de la biologie contemporaines; les scientifiques ont, en général, tendance à considérer les champs connus de la physique comme gouvernés par des lois naturelles éternelles. Or, les champs morphiques se manifestent et évoluent dans le temps et l'espace; ils sont influencés par ce qui s'est réellement produit dans le monde. Les champs morphiques sont envisagés dans un esprit évolutionniste, ce qui n'est pas le cas des champs connus de la physique. Ou tout au moins, ce n'était pas le cas jusqu'à ces derniers temps.

Jusqu'aux années 1960, les physiciens ont cru, pour la plupart, que l'univers était éternel – l'univers, mais aussi les propriétés de la matière et des champs, ainsi que les lois naturelles. Tous ces éléments avaient toujours été et seraient toujours identiques à eux-mêmes. Mais on considère désormais que l'univers est né à la suite d'une explosion primordiale, il y a quelque quinze milliards d'années, et qu'il n'a cessé de croître et d'évoluer depuis lors.

Dans les années 1980, la physique théorique était en pleine effervescence. Des théories relatives aux premiers instants de la création virent le jour. Plusieurs scientifiques avancèrent des conceptions évolutionnistes de la matière et des champs, d'un type novateur.



## INTRODUCTION

Le cosmos apparaît plus comme un organisme en pleine croissance et en pleine évolution que comme une machine éternelle. Dans ce contexte, des habitudes sont sans doute plus naturelles que des lois immuables.

Telle est l'éventualité qu'étudie ce livre. Il me semble toutefois utile, avant d'entreprendre notre exploration, de considérer de manière un peu plus détaillée nos conceptions habituelles relatives à la nature des choses. L'hypothèse de la causalité formative s'oppose à diverses théories scientifiques considérées comme orthodoxes depuis plusieurs décennies, voire plusieurs siècles, il importe donc de posséder une certaine connaissance de ces théories ainsi que de la manière dont elles se sont développées, et de prendre en considération leurs succès et leurs limitations.

Nous aurons régulièrement l'occasion, tout au long de cet ouvrage, d'évaluer les interprétations de phénomènes précis en fonction d'une part des théories orthodoxes, d'autre part de l'hypothèse de la causalité formative. Cette comparaison nous permettra une meilleure compréhension des approches alternatives; elle nous permettra également de voir sur quels points divergent leurs prédictions se prêtant à une vérification empirique. Une telle démarche devrait nous aider à déterminer laquelle de ces approches est la mieux adaptée à l'univers dans lequel nous vivons.

### *Plan de l'ouvrage*

Tout nouveau mode de pensée voit le jour, par la force des choses, dans le cadre d'habitudes de pensée existantes. Le domaine scientifique ne fait pas exception à la règle. À n'importe quel moment, les modèles de réalité communément acceptés – et souvent nommés paradigmes – reposent sur des suppositions plus ou moins considérées comme allant de soi, lesquelles deviennent bien vite habituelles.

Nous examinerons, dans les trois premiers chapitres, les deux modèles de réalité qui prédominent dans la science contemporaine: d'une part l'idée que la réalité physique est constante et entièrement gouvernée par des lois éternelles, d'autre part l'idée que la nature est évolutive.

Nous nous pencherons, au premier chapitre, sur la manière dont ces deux modèles de réalité ont coexisté pendant plus d'un siècle, avant de se retrouver dans une situation conflictuelle à la suite de la révolution récente de la cosmologie. L'ensemble de la nature apparaît désormais comme étant de nature évolutive, la notion de lois naturelles éternelles se retrouve, en conséquence, remise en question. La nature des choses pourrait être habituelle plutôt que gouvernée par des lois éternelles. Les philosophes et biologistes avaient déjà soulevé cette éventualité vers la fin du siècle dernier, mais elle avait été rejetée par la conception orthodoxe d'une réalité physique éternelle, de nature essentiellement constante.

Nous envisagerons, au chapitre 2, l'histoire de l'idée de l'éternité de la nature. Celle-ci se fonde, en réalité, sur une intuition relevant de la mystique; elle a été transmise à la science moderne par les traditions de pensée héritées de la Grèce classique. Les éternités théoriques de la physique sont nées de conceptions antiques, préévolutionnistes, de la réalité, et se trouvent aujourd'hui en désaccord avec la nouvelle cosmologie évolutionniste.

Nous aborderons, au chapitre 3, l'évolution de la notion... d'évolution. Ses racines historiques s'ancrent dans la foi chrétienne en un mouvement progressif de l'histoire humaine vers l'accomplissement de desseins divins. Une nouvelle vision du progrès humain a émergé de cette croyance en Europe au XVII<sup>e</sup> siècle: une foi dans la transformation du monde au bénéfice de l'humanité à travers les progrès scientifiques et technologiques. Cette conviction fut continuellement renforcée par les succès

## INTRODUCTION

remportés par la science, l'industrie, la médecine et l'agriculture, à tel point qu'elle occupe aujourd'hui une position prédominante à une échelle globale. On en est arrivé, au XIX<sup>e</sup> siècle, à considérer le progrès de l'humanité dans un contexte plus vaste; celui-ci est, en effet, devenu un aspect d'un grand processus évolutif ayant engendré toutes les formes de vie sur terre. Enfin, l'idée d'évolution a été poussée à ses limites ultimes dans le cadre de la nouvelle cosmologie: l'univers tout entier est évolutif.

Nous ne pouvons, par conséquent, plus considérer comme allant de soi les lois naturelles éternelles. Cependant, si nous les appréhendons comme étant de nature habituelle, nous nous retrouvons en conflit avec les hypothèses conventionnelles de la physique, de la chimie et de la biologie, lesquelles furent formulées dans le contexte d'un univers mécaniste éternel. Nous aborderons, au chapitre 4, la nature des atomes, des molécules, des cristaux, des végétaux et des animaux. Toutes ces entités sont des structures d'activité complexes se manifestant spontanément. Pourquoi ont-elles les structures que nous leur connaissons? Comment sont-elles organisées? Comment des organismes vivants complexes, comme des arbres, se développent-ils à partir de structures plus simples telles que des semences? Nous examinerons les réponses orthodoxes à ces questions ainsi que les hypothèses qui en découlent, et nous verrons, au chapitre 5, que la naissance d'organismes vivants – la croissance d'une mouche, par exemple, à partir d'un œuf fertilisé – demeure toujours mystérieuse, en dépit des découvertes impressionnantes de la biologie du XX<sup>e</sup> siècle. Si nous considérons la biologie contemporaine, l'une des manières les plus prometteuses d'envisager le développement des organismes vivants consiste à penser en termes de champs organisateurs, nommés champs morphogénétiques. La nature de ces champs demeure, toutefois, elle aussi mystérieuse.

Nous discuterons, au chapitre 6, de la nature de ces champs, et nous verrons l'interprétation qu'en donne l'hypothèse de

la causalité formative; nous nous interrogerons, au chapitre 7, sur la manière dont cette hypothèse s'applique au développement de molécules, de cristaux et d'organismes vivants. Il est permis de considérer que les champs morphiques de tous ces systèmes renferment une mémoire inhérente, due à la résonance morphique de tous les systèmes similaires antérieurs.

Nous évoquerons, au chapitre 8, la nouvelle interprétation de l'hérédité biologique découlant de cette hypothèse et chercherons des moyens de la tester de manière expérimentale.

Les quatre chapitres suivants seront consacrés à la mémoire, à l'apprentissage et à l'habitude chez les animaux et les êtres humains. L'idée de la résonance morphique permet de comprendre la mémoire en termes d'influences causales directes du passé de l'individu. Voilà qui fournit une alternative radicale à la théorie conventionnelle voulant que les habitudes et la mémoire soient d'une manière ou d'une autre emmagasinées sous forme d'«empreintes» matérielles dans le système nerveux. Cette nouvelle manière d'envisager les phénomènes n'est pas familière, mais elle paraît plus en accord avec les évidences disponibles que la théorie conventionnelle. Elle conduit à une série de prédictions vérifiables empiriquement – je décrirai, à cette occasion, plusieurs expériences ayant déjà été réalisées pour tester la validité de cette vision.

Nous étendrons, au chapitre 13, le concept des champs morphiques aux sociétés organisées d'animaux sociaux – colonies de termites et bandes d'oiseaux – et nous examinerons, au chapitre 14, les sociétés et cultures humaines à la lumière de cette notion. Je montrerai, au chapitre 15, que le concept de résonance morphique suggère une interprétation nouvelle des rituels, coutumes et traditions, y compris celles de la science.

L'évolution des champs morphiques par sélection naturelle et le rôle de la résonance morphique dans le processus évolutif feront l'objet du chapitre 16, et nous rapprocherons, au chapitre 17,

## INTRODUCTION

la nature des champs morphiques des nouvelles théories évolutionnistes développées par la physique. Le chapitre 18 pose la question de la créativité évolutive: Quelles sont les sources possibles de nouveaux schèmes d'organisation? Comment les nouveaux champs morphiques voient-ils le jour en premier lieu?

Je me suis efforcé de réduire autant que faire se pouvait le jargon technique, mais l'emploi de certains termes scientifiques et philosophiques particuliers est inévitable. Ceux-ci seront expliqués au fil de l'ouvrage et j'espère les rendre ainsi compréhensibles au profane. Celui-ci trouvera, en outre, en fin d'ouvrage, un glossaire précisant le sens général de ces mots et expressions.



# Chapitre 1

## Éternité et évolution

### *L'évolution dans un monde éternel*

La science du XIX<sup>e</sup> siècle nous a légué une vision duale du monde : d'une part, un grand processus évolutif sur terre ; d'autre part, l'éternité physique d'un univers mécaniste. La matière et l'énergie contenues dans le cosmos étaient supposées éternelles et soumises aux lois de la nature, elles aussi éternelles.

Selon cette perspective duale, la vie a évolué sur la terre au sein d'une éternité physique. L'évolution de la vie n'a exercé aucune influence sur les réalités fondamentales de l'univers physique. L'extinction de la vie sur notre planète serait tout aussi insignifiante. La quantité totale de matière, d'énergie et de charge électrique demeurerait parfaitement inchangée, de même que l'ensemble des lois de la nature. La vie évolue, mais la réalité physique fondamentale est immuable.

Cette double vision du monde est devenue profondément «habituelle», et continue, à bien des égards, à façonner la pensée scientifique. Dans ce chapitre, nous examinerons, de manière plus détaillée, ce paradigme conventionnel et nous montrerons que la recherche actuelle commence à le transcender. Émerge à sa place une vision évolutionniste de la réalité à chaque niveau : subatomique, atomique, chimique, biologique, social, écologique, culturel, mental, économique, astronomique et cosmique.

## *L'éternité physique*

L'univers mécanique que nous a légué la physique du XIX<sup>e</sup> siècle était éternel. C'était une vaste machine régie par des lois éternelles.

Le monde machine de la physique a vu le jour au XVII<sup>e</sup> siècle. Pour commencer, il fut supposé créé par Dieu, mis en mouvement par Sa volonté et soumis de façon inexorable à Ses lois immuables. On considéra toutefois pendant près d'un siècle que le monde machine newtonien avait tendance à se fatiguer. Dieu devait, de temps à autre, remonter l'horloge céleste.

Au début du XIX<sup>e</sup> siècle, la machinerie théorique avait été perfectionnée et le monde était devenu une machine animée par un mouvement perpétuel. La machinerie était éternelle et fonctionnerait à jamais, comme elle l'avait fait de toute éternité, d'une manière déterministe et prévisible – ou tout au moins d'une manière, en principe, prévisible pour une intelligence omnisciente surhumaine, si tant est qu'une telle intelligence existât.

Pour le grand physicien français Pierre-Simon de Laplace et pour nombre de scientifiques après lui, il n'était plus nécessaire de se référer à un Dieu chargé de remonter la machine de temps à autre, ni même à un Dieu l'ayant animée à l'origine. Dieu devenait une hypothèse inutile. Ses lois universelles subsistaient, mais elles cessaient d'être des idées conçues par Son esprit éternel. Elles n'avaient plus de raison ultime d'exister. Tout, y compris les physiciens, devint matière inerte soumise à des lois aveugles.

Vers la fin du XIX<sup>e</sup> siècle, le monde machine commença à nouveau à s'essouffler. Notre univers ne pouvait plus être une machine mue par un mouvement perpétuel dès l'instant où les principes de la thermodynamique avaient démontré l'impossibilité de telles machines. L'univers devait évoluer vers une mort thermique ultime, vers un état d'équilibre thermodynamique tel que le mouvement de la machine s'arrêterait pour ne plus jamais



repartir. La machine se trouverait à court de carburant et nous ne pourrions plus compter sur un Dieu devenu une hypothèse inutile pour la faire redémarrer. Quoi qu'il en soit, l'ensemble de la matière et de l'énergie du monde subsisterait de toute éternité ; les vestiges de la machinerie épuisée ne se dégraderaient jamais.

Les révolutions enregistrées dans la physique du <sup>xx</sup><sup>e</sup> siècle ont transcendé, de diverses manières, les anciennes métaphores mécanistes<sup>1</sup>. Les atomes, appréhendés jusqu'alors comme de simples boules de billard indestructibles, sont devenus de complexes systèmes de particules en vibration et sur orbite, lesquelles sont elles-mêmes des structures d'activité complexes. Le déterminisme rigoureux de la théorie mécaniste classique s'est assoupli pour céder la place à une science de probabilités. La spontanéité a émergé en toutes choses. Même le vide a cessé d'être vide ; il est devenu un océan d'énergie bouillonnant, produisant en permanence d'innombrables particules vibratoires et les reprenant ensuite. «Un vide n'est pas quelque chose d'inerte et sans caractéristiques, mais une entité vivante, palpitante d'énergie et de vitalité<sup>2</sup>.»

La relativité et la physique quantique ont transformé le monde machine de la matière en mouvement en un système cosmique de champs et d'énergie. Tel qu'Einstein le conçoit, l'univers existe de toute éternité au sein du champ de gravitation universel. Ce ne sont pas ses équations qui l'ont amené à la conclusion que l'univers était essentiellement constant. C'est lui-même qui a ajusté ses équations de manière à doter l'univers d'une stabilité éternelle :

Quand Einstein a appliqué, pour la première fois, ses équations du champ de la relativité générale au problème cosmique, il a découvert l'impossibilité des solutions statiques. Il a donc modifié ses équations du champ de manière à inclure la constante cosmologique, puisqu'il n'existait à l'époque aucun indice permettant de supposer que l'univers fût dans un état

non statique, d'autant que des préjugés philosophiques séculaires étayaient la notion d'un univers immuable. Les équations d'Einstein, avec leur constante cosmologique, entraînent une solution cosmologique statique : l'univers statique einsteinien<sup>3</sup>.

Les modèles statiques de l'univers s'imposèrent jusque dans les années 1960, et de nombreuses habitudes de pensée, engendrées par la notion d'une éternité physique, subsistent à l'heure actuelle et possèdent toujours une vitalité étonnante.

### *L'évolution*

La science du XIX<sup>e</sup> siècle nous a également légué une grande vision évolutionniste différant considérablement dans son esprit de la notion d'univers éternel propre à la physique. Toutes les formes d'organismes vivants – scolopendres, dauphins, bambous, hirondelles et millions d'autres – ont vu le jour à la faveur d'un vaste processus créatif. L'arbre évolutif croît et produit des branches de manière spontanée, depuis plus de trois milliards d'années. Nous sommes nous-mêmes des produits de l'évolution, laquelle se poursuit à un rythme sans cesse accéléré au niveau de l'humanité. Les sociétés et cultures évoluent, les civilisations évoluent, les économies évoluent, la science et la technologie évoluent.

Nous expérimentons le processus évolutif dans notre existence même ; le monde qui nous entoure change comme il ne l'a jamais fait. Au-delà des modifications que nous avons observées nous-mêmes s'étend l'évolution de la civilisation moderne, elle-même ancrée dans les civilisations antérieures et dans des formes de société plus primitives. Toujours plus loin, nous trouvons une longue et mystérieuse période dite préhistorique ; remontons encore et nous rencontrerons les uns après les autres : nos ancêtres simiens, des mammifères primitifs, des reptiles, des poissons, des vertébrés primitifs, puis, peut-être quelque

forme de ver, enfin nous arriverons aux cellules, aux microbes et, en définitive, aux toutes premières cellules ayant vécu sur terre. Si nous poursuivons notre voyage dans le temps, nous aboutirons à un univers chimique de molécules et de cristaux et, enfin, aux atomes et aux particules subatomiques. Telle est notre lignée évolutive.

Notre éducation moderne nous amène à accepter – implicitement ou explicitement – ces deux modèles de réalité : une éternité physique et un processus évolutif. Ceux-ci coexistaient paisiblement dans le monde scientifique, jusqu'à tout récemment. On se gardait d'ailleurs de les mêler. L'évolution s'appliquait à la terre, l'éternité aux cieux. L'évolution terrestre se cantonnait dans les domaines de la géologie, de la biologie, de la psychologie et des sciences sociales. La physique se réservait le secteur céleste, l'énergie, les champs et les particules fondamentales de la matière.

Charles Darwin et ses partisans durent s'efforcer d'intégrer l'arbre évolutif de la vie dans un univers mécaniste statique qui, au mieux, s'essouffait. Le monde machine n'avait pas d'objectif ultime et ne tolérait aucune notion d'intention. Du point de vue mécaniste, les organismes vivants étaient des machines complexes, inertes et dépourvues d'intentions. La doctrine darwinienne donne à entendre que l'évolution des organismes vivants ne répond nullement à un processus d'effort finalisé, pas plus qu'elle n'est conçue ou guidée par quelque entité divine ; bien au contraire, les organismes varient au hasard, leur progéniture tend à hériter de leurs variations et les diverses formes de vie évoluent sans dessein ni raison, de façon consciente ou inconsciente, sous l'influence des activités aveugles de la sélection naturelle. Des yeux et des ailes, des manguiers et des tisserands, des colonies de fourmis et de termites, le système d'écholocation des chauves-souris, et en réalité tous les aspects de la vie sont les fruits du hasard soumis à l'opération mécaniste de forces inertes et au pouvoir de la sélection naturelle.

La théorie darwinienne de l'évolution a toujours été controversée et l'est encore. D'aucuns nient la réalité même de l'évolution ; d'autres, l'ayant acceptée, vont plus loin que Darwin – ils en arrivent ainsi à considérer le processus évolutif non plus comme un phénomène local, momentané, limité à la terre au sein d'un monde machine éternel, mais comme une partie intégrante d'un processus évolutif universel.

Les philosophies de l'évolution universelle, comme les théories du progrès général chères à l'Angleterre victorienne, se trouvèrent en conflit avec la vision de l'univers propre à la physique. Il en alla de même des visions évolutionnistes, notamment celle de Teilhard de Chardin<sup>4</sup> selon laquelle le processus évolutif tend vers un terme ou un objectif, vers un état inconcevable d'unité finale. Pour la science mécaniste, de telles notions sont illusoires : l'évolution de la vie sur terre ne fait pas partie intégrante d'un processus évolutif cosmique menant «quelque part», c'est une sorte de fluctuation locale au sein d'un univers mécaniste dépourvu de toute intention.

Nous sommes tous familiers de cette vision, qui a exercé une influence profonde sur la pensée du xx<sup>e</sup> siècle. Voici en quels termes Bertrand Russell a exprimé cette idée dans le cadre du monde machine :

L'homme est le produit de causes n'ayant pas de conception préalable de l'objectif visé ; son origine, sa croissance, ses espoirs et ses peurs, ses amours et ses croyances ne sont que les produits de collisions fortuites d'atomes ; nul feu, nul héroïsme, nulle intensité de pensée et de sentiment n'est susceptible de préserver une vie individuelle au-delà de la tombe ; toutes les tâches de tous les âges, toute la dévotion, toute l'inspiration, tout l'éclat du génie humain sont voués à l'extinction dans la fabuleuse mort du système solaire ; le temple même de l'accomplissement de l'Homme doit inévitablement être enfoui sous les débris d'un univers en ruines

– tous ces faits, s'ils n'ont pas encore été établis de façon absolue, n'en sont pas moins presque certains, aussi, nulle philosophie les niant ne peut espérer subsister. On ne pourra donc construire l'habitation de l'âme que sur l'échafaud de ces vérités, que sur les fondements solides d'un désespoir inébranlable<sup>5</sup>.

Maints penseurs modernes ont souscrit à cette perspective peu réjouissante, et le remplacement du monde machine par un univers statique einsteinien n'a guère affecté ce pessimisme. La théorie mécaniste est plus qu'une théorie scientifique ; c'est un dogme effroyable que nul être rationnel ne saurait contester malgré l'angoisse existentielle qu'il suscite. Nourri de cette foi austère, le biologiste moléculaire Jacques Monod a proclamé :

Il faut bien que l'Homme enfin se réveille de son rêve millénaire pour découvrir sa totale solitude, son étrangeté radicale. Il sait maintenant que, comme un Tzigane, il est en marge de l'univers où il doit vivre. Univers sourd à sa musique, indifférent à ses espoirs comme à ses souffrances ou à ses crimes<sup>6</sup>.

Mais les théories scientifiques sont sujettes au changement, et dans les années 1960 l'univers théorique de la physique a fait craquer la gangue de son éternité. Il n'apparaît plus désormais comme une machine éternelle, mais comme un organisme en développement. Tout est évolutif dans la nature. L'évolution de la vie sur terre et le développement de l'humanité ne constituent plus une fluctuation locale dans une réalité physique éternelle ; ce sont des aspects d'un processus évolutif cosmique. Plusieurs philosophes et visionnaires l'affirment depuis des années, mais cette notion vient seulement d'être assimilée par la physique orthodoxe<sup>7</sup>.

## *L'univers évolutif*

La plupart des cosmologistes sont aujourd'hui convaincus que l'univers a vu le jour à la faveur d'une explosion initiale, il y a une quinzaine de milliards d'années et qu'il n'a cessé de s'agrandir depuis lors. Cette expansion est attribuée non pas à quelque phénomène de répulsion cosmique, mais au Big Bang lui-même. La vitesse à laquelle les galaxies s'éloignent les unes des autres diminue progressivement sous l'influence de la gravitation. Si la densité de la matière de l'univers est assez basse, l'expansion se poursuivra indéfiniment. Mais si la quantité de matière contenue dans l'univers dépasse un seuil critique, l'expansion cessera et l'univers commencera à se contracter pour produire, en définitive, un Big Bang inversé, une implosion finale : le Big Crunch. Les modes évoluent rapidement en cosmologie et l'évolution des théories dépend des quantités estimées de matière et d'énergie sombres que contient l'univers. La nature des deux est littéralement obscure. La matière sombre contribue à l'attraction gravitationnelle qui ralentit l'expansion universelle, tandis que l'énergie sombre écarte l'univers et augmente la vitesse de son expansion. En 2008, d'après les meilleures estimations, la matière ordinaire constituait moins de 5 % de l'univers, tandis que la matière sombre représentait 23 % et l'énergie sombre 72 % de ce dernier. Il semble que les faveurs de la majorité des physiciens vont à l'hypothèse de l'expansion continue ; mais certains se sont laissé séduire par ce Big Crunch, qui leur apparaît comme une façon de renouer avec la notion d'une éternité répétitive – le Big Crunch pouvant être le Big Bang du prochain univers et ainsi de suite *ad infinitum*.

Cependant, même si nous acceptons l'idée que notre univers ne soit que l'un d'une série interminable, il nous sera toujours impossible de savoir si tous se développent de manière identique ou si chacun connaît une évolution propre. Nous ne

pourrons jamais connaître que l'évolution de l'univers dans lequel nous vivons.

Les opinions varient quant à ce qui se produisit avant le moment correspondant à 10 puissance moins 30 secondes après le Big Bang, mais si l'on en croit le modèle «inflationnaire» en vogue à l'heure actuelle, l'univers a connu une période très brève d'expansion extraordinairement rapide durant laquelle l'ensemble de la matière et de l'énergie fut créé à partir de presque rien<sup>8</sup>. Le modèle inflationnaire coïncide dès lors avec ce qu'on nomme désormais le modèle «classique» du Big Bang.

Un centième de seconde environ après le commencement, quand il fut redescendu à une température de l'ordre d'une centaine de milliards de degrés, l'univers était une sorte de soupe indifférenciée de matière et de rayonnement. En l'espace de trois minutes, les neutrons et les protons commencèrent à se combiner et formèrent des noyaux d'hélium. Trente minutes plus tard, la plupart d'entre eux avaient achevé leurs combinaisons ou subsistaient sous forme de protons libres, de noyaux d'hydrogène<sup>9</sup>.

Après sept cent mille ans d'expansion et de refroidissement, la température fut assez basse pour que des électrons et des noyaux puissent constituer des atomes stables. Comme il n'y avait plus d'électrons libres, l'univers devint transparent et le «divorce» entre la matière et le rayonnement permit aux galaxies et aux étoiles de se former.

L'évolution de la matière se poursuivit dans les étoiles où des réactions nucléaires produisirent les multiples éléments chimiques qu'on trouve dans les nuages interstellaires, dans les comètes, les météores et les planètes. On considère que de tels éléments se forment avec une intensité particulière quand des étoiles explosent en supernovæ. La formation de molécules est devenue possible dans les conditions de froid intense existant dans l'espace interstellaire; dans les agrégats froids de matière – les planètes,

par exemple –, une grande variété de cristaux se sont formés, notamment ceux qui engendrèrent les rochers terrestres.

Dans cette séquence, le un – la «singularité» initiale – est devenu multiple, tandis que des formes toujours plus complexes se différencient au fil de l'expansion de l'univers.

Cette vision est très éloignée de celle de l'univers mécanique immuable de la physique classique. La conception évolutionniste se voit désormais élargie jusqu'à tout englober, y compris les particules fondamentales et les champs de la physique. Voici une description récente due à un théoricien de la physique, Paul Davies :

Au commencement, l'univers était un ferment d'énergie quantique sans caractéristiques, un état de symétrie exceptionnellement élevée. En réalité, l'état initial de l'univers pourrait fort bien avoir été le plus simple possible. Ce n'est qu'après une expansion et un refroidissement rapides que les structures familières du monde «gelèrent et émergèrent» de la fournaise originelle. Une à une, les quatre forces fondamentales se dissocièrent de la superforce. Les particules, qui formèrent en définitive toute la matière du monde, acquirent petit à petit leur identité présente. [...] On pourrait dire que le cosmos hautement ordonné et complexe que nous connaissons aujourd'hui est un produit «congelé» de l'uniformité amorphe du Big Bang. La structure fondamentale nous environnant est une relique ou un fossile de cette phase initiale. Plus l'objet est primitif, plus il a été façonné tôt dans la fournaise originelle<sup>10</sup>.

L'univers se serait développé tout autrement si les lois et les constantes de la physique avaient été ne fût-ce que légèrement différentes. Il n'existe aucune raison *a priori* pour que ces paramètres soient ce qu'ils sont. Pourtant, ils le sont ; en conséquence, la vie et nous-mêmes avons pu nous développer sur terre. Les lois de la physique doivent prendre en considération le fait qu'il existe



des physiciens. Cette réflexion est essentielle dans le cadre de la cosmologie moderne; elle est inhérente au principe anthropique cosmologique. L'énoncé «faible» de ce principe est désormais largement accepté<sup>11</sup>: «Les valeurs observées de toutes quantités physiques et cosmologiques ne sont pas également probables, mais prennent des valeurs limitées par la nécessité de l'existence de sites où peut évoluer la vie dépendante du carbone et par cette autre nécessité que l'univers soit assez âgé pour avoir déjà développé un tel état<sup>12</sup>.»

Certains physiciens vont plus loin et prônent un énoncé «fort» du principe anthropique: «L'univers doit posséder des propriétés permettant à la vie de se développer à un moment de son histoire<sup>13</sup>.»

Cette affirmation paraît, à première vue, tautologique; elle semble n'être rien de plus qu'une reformulation présomptueuse d'une vérité évidente. Elle se trouve pourtant à l'origine d'une vive controverse, car elle implique que l'univers peut, somme toute, avoir un grand dessein, une intention. Certains cosmologistes vont encore plus loin:

Supposons que, pour quelque raison inconnue, l'énoncé fort du principe anthropique soit correct et qu'une vie intelligente doive voir le jour à un moment de l'histoire de l'univers. Il serait difficile de comprendre pourquoi la vie aurait dû voir le jour à un moment donné si elle s'éteignait à notre stade de développement, bien avant d'avoir exercé une influence non quantique mesurable sur l'univers dans son ensemble. Cette réflexion justifie la généralisation suivante de l'énoncé fort du principe anthropique, dit *principe anthropique final*: *Un traitement intelligent de l'information doit voir le jour dans l'univers, et lorsqu'il a vu le jour, il ne s'éteint jamais<sup>14</sup>.*

Pour les athées et les matérialistes, l'idée selon laquelle l'univers aurait été façonné de sorte qu'il soit probable que

la vie et l'intelligence émergent a des implications théologiques perturbantes. Mais il existe une solution facile d'accès qui est devenue de plus en plus populaire depuis le début du millénaire : la théorie du multivers. Il se pourrait que notre univers fasse partie d'un nombre très grand, voire infini d'univers parallèles, ayant chacun différentes lois et constantes. Il n'y aurait alors aucun problème à ce que notre univers ait été affiné exactement comme il le fallait pour que nous puissions apparaître en son sein, simplement parce qu'il se trouve que nous sommes dans l'univers qui nous convient. Comme l'a dit le cosmologiste Bernard Carr : «Puisque nous nous trouvons nécessairement dans l'un des univers propices à la vie, la notion de multivers réduit le principe anthropique fort à un aspect du principe anthropique faible. C'est pourquoi de nombreux physiciens considéreraient que la notion de multivers constitue l'explication la plus naturelle aux ajustements anthropiques<sup>15</sup>.» Afin de se débarrasser d'un Dieu qui a ajusté l'univers quand il est apparu, de nombreux scientifiques sont prêts à accepter l'existence d'un nombre infini d'univers parallèles, ce dont il n'existe aucune preuve empirique. Certains tentent de justifier cette évolution au regard du rasoir d'Occam, le principe de l'explication parcimonieuse proposé par Guillaume d'Occam, un moine franciscain du XIV<sup>e</sup> siècle : «La pluralité ne devrait pas être postulée sans nécessité»; «les entités ne devraient pas se multiplier au-delà du nécessaire».

Démultiplier sans limite des univers entiers semble être l'ultime violation du principe du rasoir d'Occam. Mais même cette spéculation extravagante ne peut régler la question suivante : dans la mesure où, dans le cadre des traditions théistes du monde, Dieu est considéré comme infini et comme infiniment créateur, il semble logique que la création reflète ses attributs et donc que la réalité physique soit beaucoup plus vaste qu'un seul univers. De plus, il semble logique qu'un Dieu infiniment créateur puisse

créer ces univers par l'intermédiaire, en quelque sorte, d'un générateur d'univers, puisque ce serait probablement plus élégant et ingénieux que de simplement les créer *ex nihilo* [à partir de rien] (Robin Collins<sup>16</sup>).

L'existence même de ce genre de débat parmi les physiciens et philosophes contemporains montre à quel point la cosmologie moderne s'est écartée de la double vision du monde qui est orthodoxe depuis tant d'années. Pour des générations de scientifiques, l'éternité physique semblait être le fondement de toute réalité. Mais ce n'était pas une vérité scientifique absolue, bien qu'elle fût souvent considérée ainsi ; il ne s'agissait que d'une théorie, qui a aujourd'hui été remplacée par la physique elle-même. Que le processus évolutionniste cosmique résulte de la créativité divine ou non, qu'il ait un dessein ou non et qu'il existe d'innombrables univers ou non, d'après la nouvelle cosmologie, nous vivons au sein d'un univers en évolution.

### *Les lois de la nature évoluent-elles ?*

Ces débats ne s'appuyant sur aucun élément au sujet d'un univers ajusté par Dieu, d'un multivers sans Dieu ou d'un Dieu du multivers partent tous d'un même postulat : les lois et constantes de la nature ont toutes été fixées depuis le départ. Mais comme l'a remarqué Terence McKenna : « La science moderne est basée sur un principe : "Qu'on nous donne un miracle gratuit et nous expliquerons le reste." Et ce miracle gratuit, c'est l'apparition à partir de rien et en un instant de toute la masse et de toute l'énergie existant dans l'univers, ainsi que toutes les lois qui le régissent<sup>17</sup>. »

L'hypothèse classique est la suivante : la réalité physique évolue, tandis que les lois de la nature restent inchangées. Mais pourquoi partir du principe que toutes les lois de la nature étaient déjà présentes au moment du Big Bang, tel un Code napoléonien

cosmique? La préexistence de ces lois ne saurait être vérifiée avant l'émergence du phénomène qu'elles régissent. Au sein d'un univers évolutionniste, peut-être les lois de la nature évoluent-elles avec la nature.

L'eau bout de la même manière en Écosse, en Thaïlande, en Nouvelle-Guinée et partout ailleurs. Dans des conditions données, elle bout à des températures prévisibles – à 100 °C, par exemple, sous une pression atmosphérique normale. Dans le monde entier, les cristaux de sucre se forment de manière sensiblement identique pour autant que les conditions soient similaires. Partout, les embryons de poulet se développent sensiblement de la même manière pour autant que les œufs fertilisés de la poule soient incubés dans des conditions adéquates. Nous avons tendance à postuler que ces phénomènes se produisent parce que les matériaux appropriés, placés dans les conditions physiques et chimiques appropriées, sont soumis à l'influence des lois de la nature – des lois invisibles et intangibles, néanmoins présentes en tous lieux et en tout temps. Il y a de l'ordre dans la nature, or l'ordre dépend de lois.

Ces lois de la nature hypothétiques sont en quelque sorte indépendantes des phénomènes qu'elles régissent. Ainsi, les lois gouvernant la formation des cristaux de sucre n'opèrent pas exclusivement dans et autour des cristaux en croissance, elles existent aussi en dehors d'eux. Leur existence transcende en quelque sorte les temps et lieux particuliers. Ainsi, les cristaux de sucre qui se forment aujourd'hui dans les raffineries de Cuba ne respectent pas des lois locales, mais les lois de la nature valables partout sur terre, et d'ailleurs partout dans l'univers. Les lois de la nature ne peuvent être altérées par une législation gouvernementale, pas plus que par les opinions de l'un ou l'autre – pas même de scientifiques. Le sucre se cristallisait parfaitement (pour autant que nous le sachions) avant que la structure de ses molécules fût élaborée par les chimistes organiques; en réalité, ces cristaux se

formaient parfaitement bien avant même que le premier scientifique vît le jour. Des savants ont peut-être découvert, et plus ou moins décrit, les lois régissant la formation de ces cristaux, mais ces lois possèdent une existence objective indépendante des êtres humains, et même indépendante de l'existence proprement dite des cristaux. Elles sont éternelles. Elles existaient avant que les premières molécules de sucre apparussent où que ce fût dans l'univers. En réalité, elles existaient avant même l'univers – elles sont des réalités éternelles transcendant tout à la fois le temps et l'espace.

Mais n'allons pas trop vite ! Comment pourrions-nous *savoir* que les lois de la nature existaient avant la formation de l'univers ? Il nous serait impossible de démontrer cela par expérience. Cette hypothèse n'a sans doute de valeur que métaphysique. Il n'en demeure pas moins qu'elle est considérée comme un fait établi par la majorité des scientifiques, y compris les cosmologistes évolutionnistes, et qu'elle fait désormais partie intégrante de la logique du monde moderne. Il est probable que nous subissons tous son influence.

Cette hypothèse est devenue habituelle alors que la réalité physique était toujours appréhendée comme étant éternelle, et elle a persisté en dépit de la révolution enregistrée dans le cadre de la cosmologie. Mais alors où se trouvaient et qu'étaient les lois de la nature avant le Big Bang ?

Le néant « avant » la création de l'univers était le vide le plus complet que nous puissions imaginer – il n'existait alors ni espace, ni temps, ni matière. C'était un monde sans lieu, sans durée ni éternité, sans nombre – c'est ce que les mathématiciens nomment « l'ensemble vide ». Pourtant ce vide inconcevable s'est converti en un plein d'existence – une conséquence nécessaire des lois physiques. Où ces lois sont-elles écrites dans ce vide ? Qu'est-ce qui « dit » au vide qu'il porte en lui un univers potentiel ? Il semblerait que le vide

lui-même soit soumis à une loi, à une logique antérieure au temps et à l'espace<sup>18</sup>.

Cette hypothèse selon laquelle les lois de la nature sont éternelles est le dernier grand legs de l'ancienne cosmologie à n'avoir pas encore été abandonné. Cependant, nous sommes rarement conscients de sa survivance. Mais dès que nous soulevons cette hypothèse, nous nous apercevons qu'elle n'est qu'une possibilité parmi plusieurs autres. Toutes les lois de la nature sont peut-être apparues à l'instant même du Big Bang. À moins qu'elles ne se soient manifestées par phases et qu'une fois établies elles se soient maintenues immuables à jamais. Ainsi, les lois régissant la cristallisation du sucre peuvent-elles avoir vu le jour à l'instant où les premières molécules de sucre se cristallisèrent pour la première fois quelque part dans l'univers; elles peuvent n'avoir acquis leur spécificité universelle et immuable qu'après cet instant. Autre hypothèse, les lois de la nature ont en réalité évolué avec celle-ci, et continuent à évoluer. Dès lors, l'idée de «lois» est peut-être inadéquate et sans doute serait-il préférable de parler d'habitudes.

Le concept des lois de la nature relève de la métaphore. Il se fonde sur une analogie avec les lois humaines, qui sont des règles de conduite contraignantes édictées par des autorités et s'appliquant à quiconque est soumis à la juridiction de cette autorité souveraine. La métaphore était on ne peut plus explicite au XVII<sup>e</sup> siècle: les lois de la nature avaient été conçues par Dieu, le Seigneur de toute la Création. Ses lois étaient immuables; elles s'appliquaient à tout, en tout lieu et en tout temps.

Nombreux sont ceux qui ne croient plus en un tel Dieu, pourtant Ses lois universelles lui ont survécu. Prenons la peine de considérer leur nature et nous nous apercevrons bien vite qu'elles sont mystérieuses. Elles régissent la matière et le mouvement, mais elles-mêmes ne sont ni matérielles ni en mouvement; elles transcendent, en réalité, le domaine de l'expérience sensorielle.

Elles sont présentes potentiellement en tout temps et en tout lieu. Elles n'ont pas de source ou d'origine physique. En réalité, même en l'absence de Dieu, elles possèdent nombre de ses attributs traditionnels. Elles sont omniprésentes, immuables, universelles et se suffisent à elles-mêmes. Il est impossible de leur dissimuler quoi que ce soit, et rien n'échappe à leur emprise.

La notion d'éternité des lois de la nature était compréhensible tant que celles-ci étaient les produits de l'esprit divin, et c'est implicitement ainsi que les appréhendaient les pères de la science moderne. Elle se justifiait toujours, alors que l'hypothèse de Dieu était devenue inutile, car l'univers apparaissait toujours comme éternel. Mais est-elle encore pourvue de sens dans un univers en évolution, produit d'un *big bang*?

Si nous considérons à nouveau la source de notre métaphore, à savoir les systèmes législatifs humains, nous constatons que les lois *réelles* se développent et évoluent bel et bien. Le droit civil qui régit une part importante de notre existence s'est développé au fil des siècles, ancré dans des coutumes ancestrales et des précédents judiciaires; il n'a cessé de se développer au fur et à mesure que se modifiaient les circonstances et que se manifestaient des situations nouvelles. Dans tous les pays, des lois nouvelles sont promulguées, d'anciennes sont modifiées ou abrogées par les autorités en fonction. Des gouvernements constitutionnels sont eux-mêmes soumis à des lois constitutionnelles qui se modifient et évoluent. De temps à autre, d'anciennes Constitutions sont renversées par des révolutions et remplacées par de nouvelles, élaborées par des «pères de la Constitution». Nous appliquons, en réalité, cette même notion à la science lorsque nous parlons de révolutions scientifiques – une autre métaphore. Celles-ci établissent de nouvelles constitutions scientifiques, au sein desquelles sont promulguées des lois scientifiques.

Pour prolonger cette métaphore législative, nous devrions supposer que le monde naturel en évolution est régi par un

système de droit civil naturel, plutôt que par un système législatif préétabli dès l'origine, à la manière d'un Code Napoléon universel.

Mais quel est le correspondant du système judiciaire ayant établi les précédents? Qui (ou quoi) a promulgué la constitution du Big Bang en premier lieu? Quelle puissance ou quelle autorité veille-t-elle à son application? Ces questions se posent inévitablement, puisque inhérentes à la métaphore législative. Des lois impliquent des législateurs, et des autorités chargées de leur respect. Si nous refusons l'idée que les lois de la nature sont conçues et appliquées par Dieu, nous devons nous demander: qu'est-ce donc qui les a créées et comment sont-elles préservées?

Maints philosophes affirmeront que ces questions sont absurdes. Du point de vue empiriste, nos lois de la nature sont, en réalité, des concepts humains se référant exclusivement à des régularités observées, décrites et reproduites par des scientifiques. Elles sont dépourvues d'existence réelle, objective. Ce sont des théories et des hypothèses façonnées par l'esprit humain<sup>19</sup>. Il est donc insensé de se demander comment elles ont acquis le statut de réalités objectives ou quelle puissance veille à leur respect.

Mais que dire alors des régularités observables auxquelles se réfèrent ces lois? Sur quel fondement reposent les régularités de la nature? Elles ne peuvent dépendre de lois naturelles si celles-ci ne sont que le produit de l'esprit humain. Par ailleurs, il n'existe pas de raison valable de les supposer éternelles. Les régularités au sein d'un univers en évolution... évoluent: voilà ce qu'implique l'évolution...

### *Le développement des habitudes*

Si les régularités évolutives de la nature ne sont pas régies par des lois transcendantes, ne pourrait-on parler d'habitudes? Les habitudes se développent avec le temps, elles dépendent des



événements antérieurs et de leur fréquence. Elles ne sont nullement prédéterminées par des lois éternelles indépendantes des faits réels – et même indépendantes de l'existence de l'univers. Les habitudes se développent *dans* la nature; elles ne sont pas imposées toutes faites au monde. Ainsi, les cristaux de sucre se forment peut-être de la manière qui nous est familière parce que d'innombrables cristaux de sucre se sont déjà formés de cette manière par le passé.

En réalité, la possibilité que les régularités de la nature soient plus des habitudes que des produits de lois transcendantes constitue l'objet même de ce livre. Notre travail s'intégrera dans le cadre d'une hypothèse spécifique se prêtant à des vérifications scientifiques: l'hypothèse de la causalité formative, laquelle sera détaillée au chapitre 6 et dans les chapitres suivants. L'idée générale voulant que la nature soit habituelle n'est cependant pas nouvelle: elle a été testée par le passé, et a fait l'objet d'une discussion approfondie vers la fin du siècle dernier et au début de celui-ci. La vague d'intérêt qu'elle a soulevée est toutefois retombée après la Première Guerre mondiale. Cette notion est passée de mode et a sombré dans l'oubli. Pourquoi?

Les habitudes de la nature ont été conçues dans un esprit évolutionniste, et non sous l'angle d'une éternité théorique. Ainsi, il y a environ un siècle, le philosophe américain C. S. Peirce a-t-il fait observer que l'idée de lois figées, immuables, imposées dès l'origine à l'univers, est incompatible avec une philosophie évolutionniste approfondie. Selon lui, les «lois de la nature» étaient plus proches d'*habitudes*. La tendance à former des habitudes se développe spontanément comme suit: «Ses premiers germes sont les fruits d'un hasard pur. Il y avait de légères tendances à respecter des règles établies par d'autres, puis ces tendances ont acquis force de lois de par leur propre action<sup>20</sup>.»

Pour Peirce, «la loi d'habitude est la loi d'esprit» et il en conclut que le cosmos en expansion était vivant. «La matière n'est

que l'esprit étouffé par des habitudes s'étant développées à un point tel qu'il est devenu extrêmement difficile de les briser<sup>21</sup>.»

À la même époque, le philosophe allemand Friedrich Nietzsche alla jusqu'à suggérer que les «lois de la nature» non seulement évoluent, mais encore sont soumises à une sorte de sélection naturelle. Quelque temps plus tard, William James écrivit dans une veine similaire à Peirce :

Si [...] l'on considère la théorie de l'évolution de manière radicale, il convient de l'appliquer non seulement aux strates rocheuses, aux animaux, aux végétaux, mais encore aux étoiles, aux éléments chimiques et aux lois de la nature. On est tenté d'imaginer une lointaine antiquité, au cours de laquelle l'univers fut vraiment chaotique. Peu à peu, quelques choses et habitudes cohérentes émergèrent de l'ensemble des possibilités fortuites de l'époque, ainsi se manifestèrent les rudiments de la régularité<sup>22</sup>.

D'autres philosophes prônèrent des idées similaires vers la fin du XIX<sup>e</sup> siècle et au début du XX<sup>e</sup> siècle<sup>23</sup>, mais peu à peu leurs voix se sont tues. Les physiciens s'accrochaient, en effet, à la vision d'un univers éternel régi par des lois éternelles ; cette idée a, par ailleurs, connu un regain de faveur grâce à la théorie générale de la relativité d'Einstein. Einstein a postulé un univers non pas relatif, mais absolu et éternel. Les événements au sein de cet univers étaient relatifs les uns par rapport aux autres ; mais la réalité formant l'arrière-plan était, elle, immuable. N'oublions pas qu'il fallut attendre les années 1960 pour qu'une cosmologie évolutionniste acquière une position prédominante en physique.

La notion d'habitude a aussi été introduite en biologie. Les organismes vivants semblent renfermer une sorte de mémoire. Le développement des embryons présents n'est, en réalité, qu'une répétition de celui de leurs ancêtres. Les animaux possèdent des instincts influencés par les expériences ancestrales. Tous les

animaux sont, par ailleurs, capables d'apprentissage; ils développent des habitudes qui leur sont propres. Samuel Butler a fait apparaître cela avec une clarté admirable, il y a une centaine d'années. La mémoire, conclut-il, dans *La Vie et l'habitude*, est la caractéristique fondamentale de la vie: «La vie est cette propriété de la matière qui lui permet de se souvenir – la matière capable de se souvenir est vivante. La matière incapable de se souvenir est morte.» Deux ans plus tard, dans *Unconscious memory*, il alla plus loin: «Je ne puis imaginer une matière totalement dépourvue de mémoire, une matière dont l'existence ne soit pas conditionnée par ses souvenirs. Je ne vois pas comment une action, quelle qu'elle soit, serait concevable si chaque atome ne conserve pas le souvenir de certains antécédents<sup>24</sup>.»

Au cours de leur développement, les embryons traversent des phases rappelant les formes embryonnaires de types ancestraux éloignés; le développement d'un organisme individuel semble, d'une certaine manière, lié à l'ensemble du processus évolutif lui ayant donné naissance. Les embryons humains, par exemple, passent par un stade poisson, avec fentes branchiales. Butler voyait en cela une manifestation de la mémoire qu'a l'organisme de l'historique de sa lignée. «Le petit ovule, sans structure, fécondé, dont nous sommes tous issus, renferme le souvenir potentiel de tout ce qui est advenu à chacun de ses ancêtres<sup>25</sup>.»

Les biologistes accordèrent large presse à de telles idées jusque dans les années 1920<sup>26</sup>, et la théorie voulant que «l'hérédité [soit] une forme de mémoire organique inconsciente<sup>27</sup>» fit l'objet d'une étude détaillée<sup>28</sup>. Mais avec le développement de la génétique, l'hérédité parut devoir s'expliquer en termes de gènes formés de molécules complexes. On sait aujourd'hui que le matériau génétique est composé d'ADN. La mémoire, dont parlèrent Butler et d'autres, était somme toute intégrée dans une matière inerte et produite de façon mécaniste. La notion d'habitudes de forme et de comportement innées disparut du champ de la biologie.

Pourtant – et nous le verrons plus en détail aux chapitres 4 et 8 – tous les succès de la génétique, de la biologie moléculaire, de la neurophysiologie, etc., n'ont toujours pas permis aux biologistes d'expliquer en termes mécanistes le développement des embryons, pas plus que la transmission des instincts. Les gènes chimiques et la synthèse de protéines spécifiques ont, sans conteste, un rôle à jouer. Il est toutefois permis de s'interroger : comment la transmission d'un ensemble spécifique de gènes chimiques, comment la synthèse de certaines protéines rendent-elles compte de la migration des hirondelles, qui quittent nos régions pour le sud de l'Afrique à la veille de l'hiver et reviennent chez nous au printemps ? Nul n'est en mesure de répondre à cette question. Nul ne sait comment les embryons acquièrent progressivement leurs formes, comment les instincts se transmettent, comment les habitudes se développent, comment la mémoire fonctionne. Et, bien entendu, la nature même de l'esprit demeure obscure.

Bref, tous ces aspects de la vie demeurent profondément obscurs. Maints biologistes sont persuadés que le voile du mystère se lèvera tôt ou tard et qu'ils trouveront une réponse mécaniste à toutes ces questions. C'est-à-dire qu'ils seront à même de tout expliquer en fonction de modèles physiques et chimiques, et de tout comprendre en fonction des propriétés éternelles de la matière, des champs et de l'énergie. Il deviendrait dès lors inutile d'invoquer une mémoire ou des champs non matériels mystérieux évoluant avec le temps. On pourrait, en revanche, renouer avec l'hypothèse des lois de la nature éternelles, transcendant le temps et l'espace.

La vision de l'éternité ayant inspiré les théories de la physique pendant tant de siècles demeure une force puissante, et si nous voulons comprendre pourquoi il en est ainsi, nous devons nous pencher sur son historique. Nous nous y emploierons au chapitre suivant ; ensuite, au chapitre 3, nous nous intéresserons à nouveau à la vision évolutionniste de la réalité, une vision qui ne cesse de prendre de l'ampleur et qui se révèle plus puissante que la vision d'une éternité physique même au cœur de la physique théorique.

## Chapitre 2

# Lois immuables, énergies permanentes

### *Intuitions d'une réalité intemporelle*

Dans le cadre de la nouvelle cosmologie, toute réalité physique est évolutive. L'ancienne notion d'éternité survit cependant dans le concept même de lois éternelles transcendant l'univers physique.

Interrogeons-nous sur ce dernier et nous constaterons qu'il est fermement ancré dans l'esprit de nos contemporains. Mais existe-t-il une raison probante, autre que la force de la tradition, pour que nous l'acceptons? Comment, dans un univers en évolution, pourrions-nous exclure l'éventualité que les lois de la nature évoluent elles aussi, ou que la nature possède une mémoire et que ses régularités relèvent de l'habitude?

De telles questions, et le simple fait de se les poser, sont en rupture radicale avec la tradition. En effet, elles débouchent inévitablement sur une nouvelle appréhension de la nature... de la nature. Elles impliquent de mener à son terme le changement de paradigme, qui a déjà enregistré une telle progression; à savoir, le passage de la notion d'éternité physique à une conception évolutionniste du cosmos.

La tradition exerce cependant un pouvoir souvent plus fort que nous ne l'imaginons, en raison même de son influence largement inconsciente. Si nous devons en arriver à remettre en question l'hypothèse d'une éternité théorique, il serait bon que nous ayons conscience des longues traditions sur lesquelles celle-ci repose. C'est pourquoi je vous propose d'examiner dans ce chapitre son développement historique.

La notion d'éternité physique – une éternité de la matière en mouvement régie par des lois éternelles – nous a été transmise par la science mécaniste, mais elle est enracinée dans des traditions encore plus anciennes, dont les origines sont plus mystiques que scientifiques.

L'intuition d'un état d'existence intemporel, d'une réalité que rien n'altère, a été décrite, pour autant qu'elle puisse l'être, par les mystiques au fil des âges. Pour la plupart de ceux qui l'ont expérimentée, cette vision d'une réalité immuable s'est avérée si puissante, si évidente, qu'ils en ont conclu que le monde changeant de l'expérience quotidienne était en quelque sorte moins réel qu'elle. L'impermanence des choses de ce monde n'est qu'apparence, reflet, illusion. Toute chose est sous-tendue par la réalité vraie qui ne naît ni ne meurt.

### *Les pythagoriciens*

L'un des principaux courants de pensée scientifique remonte à la communauté religieuse grecque fondée par Pythagore au VI<sup>e</sup> siècle avant Jésus-Christ. Les pythagoriciens étaient influencés par des idées originaires des anciennes civilisations d'Égypte, de Perse et de Babylone. Ils vénéraient le dieu Apollon et respectaient une série de pratiques mystiques.

Comme d'autres chercheurs grecs, ils portaient leurs regards au-delà du monde changeant de l'expérience quotidienne afin d'appréhender le divin, qui, pour eux, n'avait ni commencement ni fin. Ils découvrirent ce principe dans les nombres. Les nombres étaient divins et constituaient les principes immuables sous-tendant le monde changeant de l'expérience quotidienne. Ils étaient les symboles d'ordre, les indicateurs de position, les déterminants de l'étendue spatiale, ainsi que – de par leurs rapports et proportions – les principes de la loi naturelle<sup>1</sup>.

On rapporte que Pythagore lui-même se trouve à l'origine de la découverte des lois numériques de l'harmonie. Les propriétés

de cordes tendues sont telles que le rapport de longueurs 1 : 2, donne l'octave ; le rapport 3 : 2, la quinte, et 4 : 3, la quarte. Pythagore a constaté que de telles relations concernent non seulement les cordes tendues, mais encore les morceaux de métal et les flûtes. Voici donc des proportions harmoniques susceptibles d'être exprimées avec exactitude et comprises par la raison, tout en étant *entendues*. Cette découverte fournit une synthèse étonnante mêlant qualité et quantité – son et nombre. Elle fut complétée par une autre synthèse, celle de l'arithmétique et de la géométrie, où des rapports et proportions numériques pouvaient être *vus* et illustrés par des figures géométriques. Ainsi, les rapports et les proportions étaient-ils perceptibles directement par les sens, et dans le même temps compris comme des principes intemporels, fondamentaux. Le cosmos lui-même apparaissait comme un vaste système harmonique de rapports. Pythagore aurait prétendu entendre cette musique cosmique, l'harmonie des sphères, quoique « pas avec le sens de l'ouïe ordinaire<sup>2</sup> ».

L'expérience mystique pythagoricienne n'était pas en conflit, mais en harmonie, avec la raison ; en effet, celle-ci était considérée, avant tout, comme l'aptitude à connaître les proportions et les rapports. En réalité, cette intuition contribua à façonner la notion grecque de rationnel – c'est-à-dire de ce qui est concerné par les rapports. La raison devint l'aspect le plus élevé de l'âme, cet aspect proche du divin au point de participer de la nature divine.

Selon la philosophie pythagoricienne, il existait deux premiers principes primordiaux, *peras* et *apeiron*, que nous pourrions traduire grossièrement par Limité et Illimité. Ces opposés primaires produisirent le Un par imposition de limites à l'Illimité. Mais une partie de l'Illimité demeura à l'extérieur du cosmos en tant que vide, que le Un respirait pour remplir l'espace entre les choses<sup>3</sup>. Du Un, qui est à la fois impair et pair, se manifestèrent les nombres. Ceux-ci sont la substance du cosmos, à la fois cause et substrat, modifications et états des choses qui existent.

Les pythagoriciens sont souvent considérés comme des modèles de scientifiques naturels, alors qu'ils étaient ancrés dans une expérience mystique, préscientifique du monde. Dans les cultures ne connaissant pas l'écriture, les nombres ne sont pas des concepts abstraits, mais des êtres mystérieux animés d'une vie propre. «Chaque nombre possède son caractère particulier, une sorte d'atmosphère mystique et de "champ d'action" propres.» Le pythagorisme a poussé jusqu'à l'extrême un mysticisme des nombres, tel qu'on en trouve sous l'une ou l'autre forme dans les cultures traditionnelles du monde entier<sup>4</sup>.

La vision pythagoricienne fascine toujours, et pas uniquement à cause des méthodes rationnelles des mathématiques ni des succès remportés par la physique mathématique. «Le plus important est ce sentiment qu'il existe une sorte de connaissance qui pénètre au cœur de l'univers et dévoile une vérité béatifique et rassurante ainsi qu'un être humain ancré dans une harmonie universelle<sup>5</sup>.»

Cette vision a été régulièrement reprise par les mathématiciens et les scientifiques au fil des siècles et a motivé et inspiré la plupart des physiciens majeurs, notamment Albert Einstein<sup>6</sup>.

### *Platonisme, aristotélisme et émergence de la science occidentale*

Les intuitions des pythagoriciens exercèrent une influence profonde sur Platon et la tradition platonicienne. Impressionné par la certitude qu'offraient les mathématiques, Platon estima que la connaissance devait être réelle, unitaire et immuable. Le monde abonde pourtant en entités changeantes. Celles-ci devaient être, d'une certaine manière, des reflets de Formes, d'Idées ou d'essences éternelles, lesquelles existent au-dehors de l'espace et du temps, indépendamment de toutes leurs manifestations particulières dans le monde de l'expérience sensorielle. Les Formes



éternelles ne peuvent être perçues par les sens, mais appréhendées exclusivement par l'intuition intellectuelle. Cette intuition n'est pas accessible à la simple réflexion, mais à l'intuition mystique.

Dans cet esprit, des entités particulières, par exemple un cheval, imitent, participent à, ou sont façonnées par, leur Forme, en l'occurrence l'Idée-Cheval. Voilà, en essence, ce qu'implique être un cheval ; c'est, en d'autres termes, la «chevalité» éternelle. Cette conception d'Idées éternelles demeura l'élément central de la tradition platonicienne et néoplatonicienne ; dans le néoplatonisme chrétien, qui s'implanta dans l'Empire romain dès les premiers siècles de l'ère chrétienne, les Formes platoniciennes furent appréhendées comme des Idées engendrées par l'Esprit de Dieu.

L'aristotélisme est l'autre grande tradition philosophique léguée par le monde classique à la chrétienté. Aristote, étudiant de Platon, nia l'existence des Formes transcendantes ; pour lui, les formes d'entités de types particuliers étaient inhérentes auxdites entités. La forme de l'espèce «cheval», par exemple, existait dans des animaux particuliers connus sous le nom de chevaux, mais pas dans une quelconque Idée-Cheval transcendante.

La philosophie d'Aristote était animiste. Il croyait la nature animée et tous les êtres vivants dotés de psychés, ou d'âmes. Celles-ci n'étaient pas transcendantes, comme les idées de Platon, mais immanentes aux êtres vivants réels. Ainsi, l'âme d'un hêtre guidait-elle le plant en croissance vers la forme mature de son espèce, vers la floraison, la fructification et la production de semences. L'âme du hêtre donnait à la matière de l'arbre sa forme et assurait son développement progressif. Les âmes renfermaient la finalité du développement et le comportement des organismes vivants ; elles leur conféraient formes et raison d'être, et étaient la source de leur activité fonctionnelle<sup>7</sup>.

Dans le système aristotélicien, les processus naturels du changement étaient menés vers des fins ou objectifs immanents

à la nature, laquelle était vivante et animée de desseins naturels. Même les pierres avaient un objectif en tombant : regagner la terre, qui est leur lieu propre.

Cependant, les formes et desseins des choses – les fins dans lesquelles leurs âmes se réalisent, pour employer la terminologie aristotélicienne – étaient immuables. Les âmes n'évoluaient pas. Leur nature était fixe.

En Europe, au Moyen Âge, une grande synthèse de la philosophie aristotélicienne et de la théologie chrétienne vit le jour. Elle fut exposée de manière systématique par Thomas d'Aquin au XIII<sup>e</sup> siècle, et développée dans les universités médiévales. Selon cette philosophie scolastique, la nature était animée, et les innombrables êtres vivants possédaient une âme, créée par Dieu, et, par conséquent, immuable. En revanche, il s'était produit sur le plan humain un processus de développement progressif, révélé par l'histoire sainte des Juifs, et surtout par l'incarnation de Dieu en la personne de Jésus-Christ. Le voyage de l'humanité – après la Chute et l'expulsion du jardin d'Éden – vers une connaissance nouvelle de Dieu fut chanté par les prophètes d'Israël ; Dieu, en se faisant homme, l'a rendu évident, et les hommes, en plaçant leur foi dans les desseins divins, l'ont perpétué. Mais seuls les êtres humains étaient capables d'évoluer de cette manière ; les âmes des végétaux, des animaux et des autres êtres vivants en étaient incapables. Elles demeurèrent et demeureront à jamais telles qu'au jour de leur création.

Cette philosophie animiste chrétienne devint l'orthodoxie dominante des universités médiévales ; elle continua à être enseignée dans les universités européennes jusqu'au XVII<sup>e</sup> siècle, et même au-delà ; en réalité, elle est toujours enseignée sous une forme modernisée dans maints séminaires catholiques romains.

Les traditions pythagoriciennes et platoniciennes connurent cependant, avec la Renaissance, un grand regain de faveur. Les fondateurs de la science moderne y puisèrent leur inspiration ;

ils en retirèrent des notions relatives aux Idées éternelles et les incorporèrent aux fondements de leur science. Ils se détournèrent, par la même occasion, de la philosophie aristotélicienne.

### *De Nicolas de Cues à Galilée*

Au <sup>xv</sup><sup>e</sup> siècle, le mathématicien Nicolas de Cues élaborait une conception pythagoricienne du monde, qui exerça une influence durable sur la philosophie naturelle des <sup>xvi</sup><sup>e</sup> et <sup>xvii</sup><sup>e</sup> siècles. Il vit dans le monde une harmonie infinie dans laquelle toutes choses avaient leurs proportions mathématiques. Pour lui, «la connaissance est toujours mesure». Le savoir consiste à déterminer des rapports et n'est donc accessible que par les nombres. Il pensait que «le nombre est le premier modèle des choses dans l'esprit du créateur<sup>8</sup>», que toute connaissance certaine accessible à l'homme doit être de nature mathématique<sup>9</sup>.

Copernic partageait ces opinions, et acquit la conviction que l'ensemble de l'univers était formé de nombres. Par conséquent, ce qui est vrai sur un plan mathématique l'est aussi «réellement et astronomiquement<sup>10</sup>». Il procéda à une étude détaillée des anciens écrits des astronomes pythagoriciens et fit sienne une idée propre à leur tradition : la Terre n'est pas le centre du cosmos, elle tourne autour du Soleil. Selon la théorie orthodoxe de l'époque, la Terre était une sphère autour de laquelle la Lune, le Soleil, les planètes et les étoiles se déplaçaient sur une série de sphères concentriques. Les raisons pour lesquelles Copernic adopta une vision héliocentrique de l'univers tiennent, outre le respect qu'il éprouvait pour le Soleil, à la fascination intellectuelle qu'exerçait cette idée :

Qui, dans notre merveilleux temple, pourrait situer cette lumière en un lieu autre ou meilleur, que celui d'où il éclaire l'ensemble du monde ? Sans parler du fait que d'aucuns le nomment, à juste titre, la lumière du monde, d'autres l'âme, d'autres encore le gouverneur<sup>11</sup>.

S'appuyant sur ce concept, il calcula les orbites de la Terre et des planètes, et découvrit qu'elles lui permettaient d'élaborer une géométrie «plus rationnelle» et harmonieuse. L'attrait intellectuel de cette théorie retint l'intérêt des mathématiciens et lui valut leur soutien, mais plus de soixante ans s'écouleraient avant que la théorie de Copernic ne soit défendue de manière empirique.

Kepler compte au nombre des partisans enthousiastes de cette vision mathématique. Lui aussi était pénétré de la conviction que le Soleil occupait une position centrale, le Soleil «dont l'essence n'est rien d'autre que la lumière la plus pure». Il le considéra comme le premier principe et le Premier Moteur de l'univers. Le Soleil «seul apparaît, en vertu de sa dignité et de sa puissance, indiqué pour remplir ce devoir moteur et devenir la maison de Dieu<sup>12</sup>». Il constata avec plaisir que les orbites des planètes présentaient une vague ressemblance avec les sphères hypothétiques pouvant être inscrites dans les – et circonscrites autour des – cinq solides réguliers de Platon (tétraèdre, octaèdre, cube, icosaèdre, et dodécaèdre. Fig. 2.1).

Sa troisième loi (les carrés des périodes de révolution sidérale des planètes sont proportionnels aux cubes de leur distance moyenne au Soleil), publiée dans son *Harmonices Mundi* (1619), s'inscrivait dans un long processus visant à déterminer la musique des sphères selon des lois précises et à l'exprimer sous forme de notation musicale. Mais il ne se contenta pas d'enregistrer ces relations mathématiques : il crut que l'harmonie découverte dans les faits observés était la *cause* de ces faits, la raison pour laquelle ils sont ce qu'ils sont. Dieu a créé le monde en accord avec le principe des nombres parfaits ; en conséquence, les harmonies mathématiques dans l'esprit du Créateur fournissent la cause «pour laquelle le nombre, la taille et le mouvement des orbites sont tels qu'ils sont et pas autrement<sup>13</sup>».

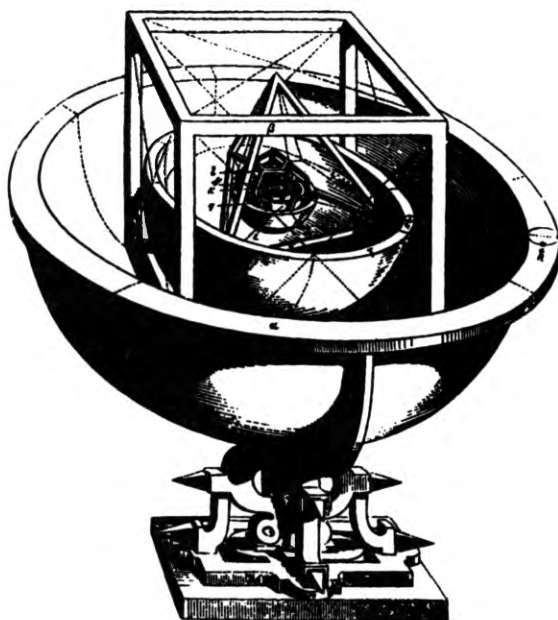


Figure 2.1 Le système solaire selon Kepler.

Il apparaît comme un solide platonique circonscrit par un autre, les rayons des sphères concentriques intermédiaires correspondent aux orbites des planètes.

Pour Kepler, notre connaissance sensorielle des choses était obscure, confuse et peu fiable; les seules caractéristiques du monde susceptibles de procurer un certain savoir sont ses propriétés quantitatives; le monde réel est l'harmonie mathématique décelable dans les choses. Les qualités changeantes qui nous sont familières se situent à un niveau de réalité inférieur; elles n'existent pas vraiment en tant que telles. Dieu a créé le monde en accord avec les harmonies numériques; c'est pourquoi il a conçu l'esprit humain de manière telle qu'il ne puisse avoir de connaissances certaines que quantitatives.

Pour Galilée aussi, la nature apparaissait comme un système simple, ordonné, dans lequel tout répondait à une nécessité

inexorable; elle «n'agit qu'au moyen de lois immuables qu'elle ne transgresse jamais». Cette nécessité découlait de son caractère essentiellement mathématique :

La philosophie est écrite dans ce grand livre que nous avons toujours sous les yeux (je veux parler de l'univers) mais pour en saisir le sens il faut d'abord en connaître la langue et déchiffrer les caractères avec lesquels elle est écrite. Cette langue est celle des mathématiques, ces caractères sont des triangles, des cercles, d'autres figures géométriques sans lesquelles ce texte demeure lettre morte pour les hommes, sans lesquels ils ne peuvent que tourner en vain dans un labyrinthe obscur<sup>14</sup>.

Cet ordre était dû à Dieu, qui dota le monde de sa nécessité mathématique rigoureuse, et permit aux hommes d'accéder à une certitude absolue en matière de savoir scientifique grâce à la méthode mathématique.

Galilée établit donc une nette distinction entre ce qui est absolu, objectif, immuable, mathématique et ce qui est relatif, subjectif et fluctuant. Il situait d'une part le domaine de la connaissance, humaine et divine; de l'autre, celui de l'opinion et de l'illusion. Les objets que perçoivent nos sens ne sont pas réels, mathématiques; ils n'en possèdent pas moins certaines qualités qui, soumises à des règles mathématiques, permettent une connaissance véritable. Ce sont les qualités réelles ou primaires, telles que les nombres, l'ampleur, la position et le mouvement. Toutes les autres qualités, qui prédominent pour les sens, sont des effets secondaires, subordonnés aux qualités primaires – elles sont *subjectives*. «Ces goûts, odeurs, couleurs, etc., attachés à l'objet dans lequel ils paraissent exister, ne sont que des mots, et n'ont d'existence que dans les corps sensibles; de sorte que si l'animal disparaît, chacune de ces qualités se trouve abolie, annihilée<sup>15</sup>.»

Cette distinction revêt une importance capitale pour le développement ultérieur de la science ; elle représente un pas majeur vers la tendance à bannir l'expérience humaine directe du domaine de la nature. Avant Galilée, il paraissait établi que l'humanité et la nature faisaient partie intégrante d'un tout plus large. Or, tous ces aspects de l'expérience irréductibles à des principes mathématiques étaient désormais exclus du monde objectif, externe. Le seul lien, pratiquement, qui subsista entre les êtres humains et l'univers mathématique fut l'aptitude des hommes à appréhender l'ordre mathématique des choses.

### *Descartes et la philosophie mécaniste*

Descartes poussa cette théorie mathématique de la réalité à un extrême d'où elle domine toujours la science occidentale. Il y avait d'une part l'univers matériel, s'étendant dans l'espace mathématique et entièrement régi par les lois mathématiques, et d'autre part les esprits humains rationnels qui, à l'instar de celui de Dieu, étaient de nature non matérielle. C'étaient des substances spirituelles ne s'étendant pas dans l'espace.

Tous les végétaux et les animaux devinrent des machines inertes, au même titre que les corps humains. Seuls les esprits rationnels étaient non mécaniques – ils étaient spirituels – et les esprits humains possédaient la capacité divine d'appréhender l'ordre mathématique du monde. La connaissance mathématique était certaine et vraie.

Descartes nourrissait un intérêt profond pour les mathématiques depuis sa jeunesse, mais sa foi fut le produit d'une expérience mystique qui marqua un véritable tournant dans son existence. La veille de la Saint-Martin de 1619, Descartes se trouvait à Neuberg sur le Danube. L'Esprit de Vérité lui apparut en songe et lui confia que les mathématiques constituaient la seule clé nécessaire pour percer les secrets de la nature. Il «fut

rempli d'enthousiasme, et découvrit les fondements d'une science admirable<sup>16</sup>».

Dans cette science mathématique, la géométrie étudiait les corps au repos, et la physique les corps en mouvement dans l'espace mathématique. Les propriétés géométriques de ces corps, leur forme et leur taille, ne justifiaient pas le fait qu'ils bougent ; aussi Descartes conclut-il que Dieu avait mis l'univers matériel en mouvement dès l'origine, et veillait à préserver une quantité constante de mouvement. Le monde n'était donc, depuis la création, qu'une vaste machine totalement dépourvue de liberté et de spontanéité. Tout se mouvait de manière mécanique en accord avec les principes mathématiques éternels de l'espace étendu et avec les lois mathématiques éternelles du mouvement.

Cette nouvelle philosophie de la nature fut qualifiée de mécanique. Elle était l'essence de la future vision mécaniste du monde<sup>17</sup>.

La philosophie mécanique de la nature impliquait un rejet conscient de l'ancienne orthodoxie scolastique, toujours enseignée dans les universités à l'époque de Descartes. Dans cette tradition aristotélicienne, le monde était vivant ; la nature était animée et portait en elle son principe vital et ses desseins propres – tous les êtres vivants possédaient une âme. Mais la philosophie de Descartes priva la nature d'âme et d'intention. Seuls les êtres humains avaient des esprits et des desseins conscients ; en effet, leur esprit rationnel était, comme Dieu, de nature spirituelle et par conséquent extérieur au monde matériel. Descartes supposait que l'esprit humain entrait en interaction avec le cerveau humain dans la glande pinéale (notre épiphyse), d'une manière incompréhensible pour tout un chacun. On situe désormais le siège de la conscience dans le cortex cérébral, mais le problème du «fantôme dans la machine» subsiste toujours<sup>18</sup>.

Tout dans la nature fonctionnait de façon totalement mécanique ; en d'autres termes, tout était inerte, à l'exception des



esprits humains. Ainsi Descartes élimina-t-il du monde tous les désordres que représentaient la vie, la volonté et les intentions. Rien ne possédait un principe vital ni une source de mouvement propres : ceux-ci émanaient de Dieu. Les lois de la nature étaient des vérités métaphysiques d'origine divine : « Les vérités métaphysiques dites éternelles ont été établies par Dieu et dépendent entièrement de lui, comme le reste de sa création<sup>19</sup>. »

La conception chrétienne orthodoxe de la nature était très différente de celle de Descartes. Le monde était vivant, et le Dieu vivant avait créé des êtres vivants possédant une âme ; il n'avait pas créé des machines inertes. Pour Descartes, cependant, le monde et les êtres vivants étant inertes, Dieu devint le seul principe vivant de toute chose, y compris de l'esprit humain rationnel. Descartes proposait en réalité un monothéisme encore plus absolu que celui de la doctrine orthodoxe de l'Église. Sa conception de Dieu lui paraissait la plus élevée, et il tenait en piètre estime les idées conventionnelles. Comme il le dit lui-même : « Pour la majorité des hommes, Dieu n'est pas un être infini et incompréhensible ni même le seul créateur duquel procèdent toutes choses ; ils ne dépassent pas les lettres de son nom. [...] Le vulgaire l'imagine presque comme une chose finie<sup>20</sup>. »

Il nous est facile, au <sup>XXI</sup><sup>e</sup> siècle, d'oublier qu'une conception intellectuelle élevée de Dieu se trouve à l'origine de la vision mécaniste du monde ; elle impliquait tout à la fois une nouvelle forme de théologie et une nouvelle forme de science. Ce Dieu, créateur tout-puissant, force motrice d'un monde machine inerte, n'était pas le Dieu de la théologie traditionnelle ; les scientifiques modernes ne lui accordent d'ailleurs guère de crédit. Il n'en demeure pas moins que la conception moderne des lois physiques éternelles est ancrée dans ce type de théologie, une théologie poussée encore plus avant par Newton et sa nouvelle interprétation du monde machine et de son Dieu.

## *Atomisme et matérialisme*

Nous avons, à ce stade, concentré notre attention sur l'influence de la tradition pythagoricienne-platonicienne sur le développement de la science. La science du XVII<sup>e</sup> siècle avait toutefois hérité d'une autre tradition issue de la Grèce antique : la philosophie atomiste. L'union de ces deux traditions dans la physique newtonienne fut des plus fructueuses et s'imposa de manière harmonieuse pendant plus de deux siècles ; elle survit aujourd'hui sous une forme modernisée : les atomes invisibles ont été remplacés par des « particules fondamentales » intangibles.

La philosophie atomiste vit le jour au V<sup>e</sup> siècle avant J.-C. ; ses pères se nomment Leucippe et Démocrite. Les atomistes, à l'instar des pythagoriciens et de Platon, étaient en quête d'une réalité immuable sous-jacente au monde changeant. Ils s'inspirèrent de la philosophie de Parménide, qui, tentant d'élaborer une conception intellectuelle de l'être immuable ultime, avait abouti à la conclusion que l'être devait être une sphère bien arrondie, s'équilibrant partout elle-même. Il ne pouvait exister qu'une chose immuable, et non d'innombrables choses différentes, changeantes. Pourtant le monde qui nous est familier contient d'innombrables choses différentes, changeantes. Pour Parménide, il ne pouvait s'agir que d'une illusion.

Cette conclusion était inacceptable pour les philosophes qui lui succédèrent, et ce pour des raisons évidentes. Ils recherchèrent donc des théories plus plausibles de l'Être absolu ; les pythagoriciens en trouvèrent une en termes de nombres et Platon, en termes d'Idées éternelles. Mais les atomistes optèrent pour une troisième : l'Être absolu n'est pas une vaste sphère indifférenciée, inchangeante, mais une multitude de choses minuscules, indifférenciées et changeantes – les atomes matériels se déplaçant dans le vide. Ces atomes sont permanents : le mot *atome* lui-même signifie « indivisible ». Les changements sont dus au mouvement,

à la combinaison et au réarrangement de ces particules réelles mais invisibles. Ainsi les atomes permanents constituent-ils la base immuable des phénomènes changeants du monde: l'Être absolu est matière<sup>21</sup>.

Telle est l'essence de la philosophie matérialiste, qui demeure, sous diverses formes, très influente dans le monde moderne. Pour le matérialiste, il n'existe ni esprit universel ni Dieu; il s'oppose en cela au platonicien. Les pensées humaines ne sont qu'un aspect des changements matériels enregistrés dans les corps, et la seule réalité est celle de la matière en mouvement à laquelle elles peuvent participer ou se référer.

Cette philosophie antique fut ravivée au XVII<sup>e</sup> siècle. En effet, Isaac Newton réunit, dans sa grande synthèse, l'atomisme et le concept de lois mathématiques éternelles, produisant ainsi une vision duale de l'immutabilité: une matière permanente en mouvement, soumise à des lois non matérielles permanentes. La vision scientifique du monde ne s'est plus jamais départie d'un dualisme cosmique mêlant réalité physique et lois mathématiques.

La tradition dont nous avons hérité est d'esprit tout à la fois matérialiste et platonicien. Certains scientifiques (biologistes pour la plupart) ont mis l'accent sur son aspect matérialiste; d'autres (en majorité physiciens) se sont concentrés sur son aspect platonicien. Et il est vrai que la science mécaniste présente ces deux aspects. Elle est le fruit de l'union entre les lois éternelles, le temps et l'espace mathématiques du Père céleste, et la réalité physique en mutation permanente de Mère Nature. La Grande Mère fut identifiée aux forces de la nature et de la matière en mouvement<sup>22</sup>; en réalité les mots *mère* et *matière* ont une racine indo-européenne commune. En latin: *mater* et *materia* – c'est ce *materia* qui a donné les mots français *matériel* et *matérialisme*.

### *La synthèse newtonienne*

Le monde machine de Descartes n'était pas constitué d'atomes évoluant dans un vide puisqu'il n'existait pas de vide dans son univers théorique. L'espace apparemment vide était rempli de tourbillons de matière subtile. Chaque étoile était le centre d'un immense système tourbillonnaire, et les planètes telles que la Terre étaient des systèmes tourbillonnaires moindres balayés par le tourbillon plus important du système solaire. En réalité, l'ensemble de l'univers était un vaste système constitué de tourbillons de taille et de vitesse variables.

En revanche, l'univers newtonien était formé d'une matière atomique permanente se déplaçant dans le vide. Des corps lourds tels que la Terre ne tournaient pas autour du Soleil à cause de tourbillons de matière subtile, mais plutôt à cause de forces immatérielles. La Terre et le Soleil étaient liés par la force attractive de la gravité, qui s'exerçait à travers un espace vide.

La gravité était semblable à une force magique en ce sens qu'elle impliquait des connexions invisibles agissant à distance. Newton consacra de nombreuses années à la recherche alchimique et à l'étude des anciennes doctrines relatives aux intelligences cosmiques, aux puissances angéliques ainsi qu'à l'âme du monde. L'influence que ces réflexions exercèrent sur ses théories scientifiques est question d'appréciation<sup>23</sup>. Il n'en demeure pas moins que sa loi de la gravitation universelle implique ce qu'on nommerait aujourd'hui une vision holistique : chaque particule de matière attire toutes les autres particules ; tout est lié. Mais, selon Newton, les particules de matière ne possédaient pas une force attractive suffisante pour justifier cela. La force de gravité devait donc être soumise à l'existence de Dieu, une expression de sa volonté. De même l'espace et le temps mathématiques absolus, dans lesquels toute matière existait, n'étaient qu'un aspect de Dieu, «contenant en lui-même toutes choses de même que leur principe et lieu».

Il est éternel et infini, tout-puissant et omniscient, c'est-à-dire qu'il dure éternellement de toute éternité; et il est présent infiniment dans l'infini: il régit tout; il connaît tout ce qui se fait ou peut se faire [...]. Il dure toujours et est présent partout, et, en existant toujours et partout, il constitue la durée et l'espace [...]. Il est aussi un tout semblable à lui-même, tout œil, tout oreille, tout cerveau, tout bras, tout force de sentir, de comprendre et d'agir, mais d'une façon qui n'a rien d'humain, rien de corporel, d'une façon qui nous est totalement inconnue<sup>24</sup>.

Cet aspect de la pensée newtonienne a bien vite été oublié. Les forces cachées imprégnant l'espace de l'univers furent attribuées à la matière même; elles émanaient de la réalité matérielle et non de Dieu, lequel se trouva chassé de la vision de Newton, il ne resta qu'un monde machine perdu dans un espace et un temps mathématiques absolus, contenant des forces et de la matière inertes, et entièrement régi par des lois mathématiques éternelles.

Ce paradigme mécaniste, corroboré et élargi par les méthodes scientifiques expérimentales, remporta maints succès. Il aida à comprendre nombre de phénomènes physiques en termes de modèles mathématiques; il permit de réaliser des prédictions; et surtout, il s'avéra un outil précieux dans le contrôle et l'exploitation du monde matériel. L'optique mécaniste favorisa une meilleure compréhension de la nature et stimula, par voie de conséquence, le développement de technologies nouvelles, grâce auxquelles la réalité matérielle put être manipulée et mise au service de l'homme avec toujours plus d'efficacité. Nous trouvons, aujourd'hui encore, des preuves de la force de ce paradigme dans notre vie quotidienne et dans la technologie moderne.

## *La théorie de la relativité*

La théorie unitaire de l'électromagnétisme de Maxwell, élaborée dans les années 1860, permit d'intégrer l'électricité, le magnétisme et la lumière dans un grand cadre mathématique. La physique s'en trouva élargie, mais aussi modifiée dans une mesure radicale, car la théorie de Maxwell plaça au cœur de cette discipline le concept des champs. Que *sont* exactement les champs? Maxwell les considérait comme des modifications d'un milieu subtil, l'éther. L'impossibilité de déceler expérimentalement cet éther conduisit Einstein à développer sa théorie de la relativité restreinte (1905) pour expliquer les phénomènes électromagnétiques exclusivement en termes de champs; des champs non matériels par nature.

Einstein a révolutionné la vision du monde newtonienne en renonçant à la notion selon laquelle la masse, l'espace et le temps sont des quantités absolues; pour lui, seule la vitesse de la lumière était absolue. Il réunit les notions jusqu'alors séparées de masse et d'énergie, et démontra qu'elles étaient des aspects d'une même réalité reliés par la fameuse équation  $E = mc^2$ , dans laquelle  $c$  est la vitesse de la lumière. Cette dernière est non matérielle, constituée de vibrations énergétiques se déplaçant dans le champ électromagnétique. Dans sa théorie de la relativité générale, Einstein étendit le concept de champ à la gravitation, traitant la gravité comme une propriété d'un continuum espace-temps incurvé à proximité de la matière. Ses équations se fondent sur une géométrie à quatre dimensions qui traite le temps comme une dimension spatiale; le temps est donc essentiellement spatialisé ou géométrisé.

Cette théorie ne sonna pas le glas de la vision mathématique de la physique classique, elle marqua son apogée. Pour elle, les principes mathématiques intemporels sont primordiaux et permettent d'appréhender tous les mouvements relatifs par rapport à une géométrie universelle. Einstein donne à entendre que la gravitation

a une «cause géométrique» – voilà qui n'est pas sans rappeler Kepler. À l'instar de celui-ci, Einstein se faisait une idée très élevée de la rationalité mathématique de l'univers :

L'être éprouve le néant des souhaits et volontés humaines, découvre l'ordre et la perfection là où le monde de la nature correspond au monde de la pensée. L'être ressent alors son existence individuelle comme une sorte de prison et désire éprouver la totalité de l'Étant comme un tout parfaitement intelligible [...]. Quelle confiance profonde en l'intelligibilité de l'architecture du monde et quelle volonté de comprendre, ne serait-ce qu'une parcelle minuscule de l'intelligence se dévoilant dans le monde, devaient animer Kepler et Newton pour qu'ils aient pu éclairer les rouages de la mécanique céleste dans un travail solitaire de nombreuses années. Celui qui ne connaît la recherche scientifique que par ses effets pratiques conçoit trop vite et incomplètement la mentalité des hommes qui, entourés de contemporains sceptiques, ont montré les routes aux individus qui pensaient comme eux. Or ils se trouvaient dispersés dans le temps et l'espace. Seul, celui qui a voué sa vie à des buts identiques possède une imagination compréhensive de ces hommes, de ce qui les anime, de ce qui leur insuffle la force de conserver leur idéal, malgré d'innombrables échecs<sup>25</sup>.

Arthur Eddington fut l'un des premiers physiciens à saisir pleinement la portée de la théorie de la relativité d'Einstein. Il dirigea l'expédition chargée de photographier l'éclipse solaire de 1919, qui fournit le premier élément de preuve en faveur de la théorie. Il consacra maints écrits aux implications de cette théorie, et conclut qu'elle suggérait que «la substance du monde est la substance de l'esprit». Mais, «la substance de l'esprit ne s'étend pas dans l'espace et le temps; ceux-ci font partie intégrante du schème cyclique qui en dérive en définitive<sup>26</sup>».

James Jeans, contemporain d'Eddington, conclut dans une veine platonicienne similaire : « L'univers peut au mieux être représenté – quoique de manière très imparfaite et inadéquate – comme constitué de pensée pure, la pensée de ce que nous devrions décrire, à défaut d'un terme plus vaste, comme un penseur mathématique<sup>27</sup>. »

### *La théorie quantique*

La mécanique quantique marque une rupture beaucoup plus radicale par rapport à la physique classique que la théorie de la relativité. Une de ses conséquences les plus importantes fut l'abandon du déterminisme strict ; ses équations ne permettent de réaliser des prédictions qu'en termes de probabilités. Elle demeure cependant, en dépit de ses caractéristiques radicales, un développement majeur de la tradition pythagoricienne-platonicienne, car elle permet de comprendre les propriétés des atomes en termes de nombres, et qui plus est, de séries de nombres harmoniques ; elle représente un pas en avant vers l'objectif traditionnel de la science. Louis de Broglie, un des pères de la mécanique quantique, a défini cet objectif en ces termes : « Pénétrer plus avant dans le domaine des harmonies naturelles, saisir un reflet de l'ordre qui, dans l'univers, régit certaines parties des réalités profondes et cachées qui le constituent<sup>28</sup>. » La théorie quantique introduit l'approche platonicienne au cœur même de la matière, que Démocrite et les atomistes jugeaient solide et homogène. Werner Heisenberg écrivit :

Sur ce point, la physique moderne a définitivement opté en faveur de Platon. En effet, les plus petites unités de matière ne sont pas des objets physiques au sens ordinaire du terme, mais des formes, des structures, des Idées – dans l'acception platonicienne du terme – dont il n'est possible de parler sans ambiguïté qu'en termes mathématiques<sup>29</sup>.



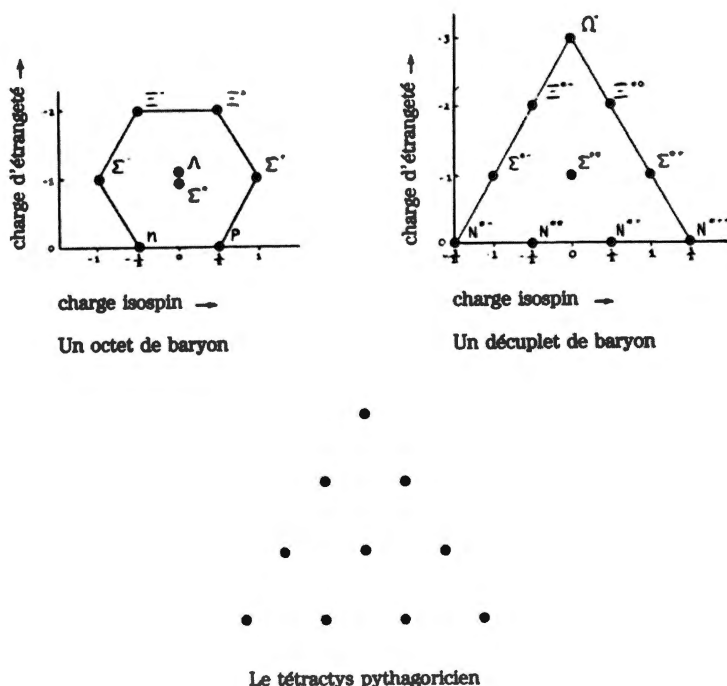


Figure 2.2 Deux familles de baryon (d'après Pagels, 1983).  
 Les baryons sont des particules élémentaires de spin demi-entier participant à des interactions fortes. Chacun contient trois quarks, qui se présentent selon trois «couleurs»: *haut*, *bas* et *étrange*. Les différents types de baryon contiennent des combinaisons caractéristiques de quarks; par exemple le proton a deux *haut* et un *bas*, et le neutron a un *haut* et deux *bas*. L'octet de baryon est souvent appelé «la voie octuple». Le décuplet de baryon est organisé à la manière du tétractys, l'antique symbole qui réside au cœur de la sagesse des nombres de Pythagore.

Quoi qu'il en soit, les physiciens quantiques se sont efforcés, toujours dans l'esprit atomiste, d'isoler les particules ultimes de la matière. Quelle ne fut pas leur surprise, en pénétrant plus avant dans l'atome, dans son noyau, dans ses particules nucléaires, de découvrir une telle multitude de particules quantiques – on

en a identifié plus de deux cents à ce jour. D'aucuns s'emploient toujours à les intégrer dans des schèmes numériques, tels que des familles à huit ou dix membres, dans lesquelles ils voient des reflets de permutations et combinaisons différentes de composantes encore plus fondamentales – notamment les quarks (Fig. 2.2). D'après les théories M et des supercordes, qui dominent la physique théorique depuis la fin du xx<sup>e</sup> siècle et qui comportent respectivement dix ou onze dimensions, les éléments constitutifs sont des cordes vibrantes qui suivent les lois de «la géométrie quantique<sup>30</sup>». C'est dans ce secteur que la quête pythagoricienne se poursuit désormais avec le plus de vigueur : la tentative visant à trouver, au-delà du monde changeant de l'expérience, une réalité mathématique éternelle, qui n'évolue pas à travers le temps et n'est pas affectée par les faits réels quels qu'ils soient.

### *L'énergie éternelle*

De même que les lois éternelles, la physique tant newtonienne que moderne présuppose d'autres éternités théoriques.

En physique newtonienne, les atomes de matière étaient indestructibles ; en conséquence, le nombre d'atomes de l'univers demeurait toujours inchangé. Ce concept fut exprimé sous une forme générale dans la loi de conservation de la matière : la matière n'est ni créée ni détruite.

Historiquement, la loi de conservation de l'énergie fut introduite pour exprimer la constance du mouvement dans l'univers. Ce dernier fonctionnait de manière autonome ; il n'avait pas besoin d'être remonté à la manière d'une horloge mécanique. Cette loi et celle de la conservation de la matière étaient donc complémentaires : la substance de l'univers et son activité sont éternelles.

À l'origine, le concept de masse et celui de matière étaient indifférenciés, on supposait que la conservation de l'une

impliquait la conservation de l'autre : la masse de chaque atome est constante, et tous les atomes sont conservés. Cette vision rigide fut ébranlée au <sup>xx</sup>e siècle quand on s'aperçut qu'il était possible non seulement de scinder les atomes, mais encore de scinder ou de fondre certaines particules ; en conséquence, le nombre total de particules *n'est pas* conservé. Qui plus est, la masse d'une particule est variable. Tout rentra néanmoins dans l'ordre quand il apparut que la masse d'une particule ou d'un système n'est qu'une autre manifestation de son énergie, ou de son mouvement. La formule  $E = mc^2$  exprime la conversion entre ces deux manières alternatives de mesurer la même chose. Ainsi, la loi de conservation de la masse a-t-elle été intégrée dans une version élargie de la loi de conservation de l'énergie.

La quantité totale d'énergie dans l'univers est donc constante. Ni la naissance de notre galaxie ni l'avènement de la vie sur terre n'ont influencé la quantité totale d'énergie universelle – celle-ci n'augmente ni ne diminue ni n'est affectée par aucun événement réel<sup>31</sup>.

Les lois de conservation signifient que les modifications physiques dans des systèmes isolés peuvent être représentées au moyen d'équations : malgré tous les changements, la quantité totale d'énergie, de charge électrique, etc., demeure invariable.

Une loi de conservation signifie qu'il existe un nombre que l'on peut calculer en un moment donné, puis, bien que la nature subisse de multiples variations, si on calcule cette quantité à un instant ultérieur, elle sera toujours la même, le nombre n'aura pas varié [...]. On obtient toujours le même nombre quoi qu'il arrive<sup>32</sup>.

L'équivalence de «avant» et «après» dans de telles équations implique que les changements peuvent se produire dans n'importe quelle direction : ils sont, en principe, réversibles. Les choses peuvent aller dans un sens ou dans l'autre ; dans le monde que

décrivent ces équations, il n'existe pas de changement réel et irréversible, en d'autres termes, pas de *devenir*. Les réalités fondamentales de la physique, conservées à jamais, n'évoluent pas ; pas plus qu'elles ne sont affectées par quoi que ce soit qui se développe dans le temps, par exemple, la naissance ou l'extinction d'une étoile ou d'une nouvelle espèce d'insecte. Ainsi que le dit Ilya Prigogine :

Tout est donné en physique classique : le changement n'est qu'une négation du devenir et le temps n'est qu'un paramètre, que n'affecte pas la transformation qu'il décrit. L'image d'un monde stable, d'un monde se soustrayant au processus du devenir, demeure encore et toujours l'idéal de la physique théorique [...]. Nous savons aujourd'hui que la dynamique newtonienne ne décrit qu'une partie de notre expérience physique [...]. Alors que nous cernons toujours mieux les objets très petits (atomes, particules «élémentaires») et les objets hyperdenses (étoiles à neutrons, trous noirs), de nouveaux phénomènes surgissent. Pour les traiter, la dynamique newtonienne doit céder la place à la mécanique quantique et à la dynamique relativiste. Néanmoins, ces nouvelles formes de dynamique – révolutionnaires en soi – ont hérité de la physique newtonienne l'idée d'un univers statique, d'un univers d'être sans *devenir*<sup>33</sup>.

Le seul principe physique majeur qui traite de changements irréversibles est le deuxième principe de thermodynamique, dont d'aucuns ont déduit que l'univers ralentissait. Cependant, la thermodynamique ne remet pas en question l'éternité de l'énergie ; bien au contraire, elle l'affirme. Le premier principe de thermodynamique n'est, en réalité, qu'une affirmation du principe de conservation de l'énergie.

*La survie des lois éternelles*

Les lois de la nature dont on parle dans les manuels scientifiques sont, bien entendu, l'œuvre de l'homme. Elles sont modifiées en permanence, et adaptées en fonction des derniers progrès de la science. Il n'en demeure pas moins, comme le fait apparaître ce bref historique de la physique théorique, que les scientifiques ont eu tendance à supposer qu'elles reflétaient, ou suggéraient des principes mathématiques éternels d'ordre. Il va de soi qu'il s'agit d'une hypothèse métaphysique, laquelle a donné lieu à controverse depuis que David Hume l'a contestée au XVIII<sup>e</sup> siècle. Cependant, sa prééminence durable n'a guère été affectée par de tels débats philosophiques. Elle fait partie intégrante du paradigme mécaniste, et le pouvoir de ce dernier a été conforté par les succès spectaculaires de la physique et des nouvelles technologies qu'elle a engendrées.

Mais plus que les succès de la science et de la technologie, la fascination qu'exercent les mathématiques est responsable de la longévité de l'hypothèse des réalités mathématiques éternelles. Les relations mathématiques semblent traduire des vérités étrangement intemporelles, valables en tout temps et en tout lieu. Quoique objectives, il est clair que ces vérités appartiennent au monde de la pensée plutôt qu'à celui des choses. Elles semblent véritablement être des idées dans un esprit universel.

Les mathématiciens et physiciens sont, bien sûr, beaucoup plus conscients de cet aspect mystérieux, et même mystique, des mathématiques que quiconque s'étant jamais penché sur ces sujets. Heinrich Hertz, un physicien du XIX<sup>e</sup> siècle qui a donné son nom à notre unité de fréquence, exprime cela en ces termes :

On ne peut échapper au sentiment que ces formules mathématiques possèdent une existence indépendante et une intelligence propre, qu'elles sont plus sages que nous, plus

sages même que leurs inventeurs, qu'elles renferment plus que ce dont nous les avons jamais investies<sup>34</sup>.

Sous l'influence de l'empirisme et du positivisme, qui dominent la philosophie académique du xx<sup>e</sup> siècle, le platonisme est devenu impopulaire et a cédé le pas à une philosophie des mathématiques nommée formalisme. Selon celle-ci une part importante, sinon l'ensemble, des mathématiques n'est qu'un jeu intellectuel, dépourvu de signification ultime. L'adhésion des mathématiciens eux-mêmes au formalisme n'est pourtant pas unanime :

La majorité des auteurs traitant du sujet semblent s'accorder sur le fait que les mathématiciens, lorsqu'ils font des mathématiques, sont convaincus de traiter une réalité objective. Mais qu'ils se retrouvent dans l'obligation de prendre une position philosophique à l'égard de cette réalité, et ils préfèrent prétendre ne pas y croire, après tout [...]. Le mathématicien typique est à la fois un platonicien et un formaliste – un platonicien de cœur qui revêt un masque formaliste à chaque fois que l'occasion le nécessite<sup>35</sup>.

On considère aujourd'hui que l'énergie, les champs et la matière ont vu le jour à la naissance de l'univers, pourtant les lois mathématiques de la nature sont toujours supposées éternelles, ayant donc existé, en un certain sens, «avant» la naissance du cosmos. Même ceux qui postulent que notre univers fait partie d'un nombre très grand, voire infini d'univers, supposent que les lois et constantes de chaque univers, y compris le nôtre, ont été fixées dès le départ. Cependant, ils n'expliquent pas de quelle manière chaque univers au sein du multivers «se souvient» de ces lois et constantes. Ils considèrent qu'au sein de chaque univers, la fixité des lois va de soi. Peu de scientifiques expriment cette hypothèse de manière explicite, mais la notion de lois universelles immuables est implicite à la méthode scientifique telle que nous la connaissons, elle est présente à l'arrière-plan

de toute pensée scientifique conventionnelle. Cette hypothèse sous-tend, en réalité, l'idéal de la répétabilité scientifique.

### *Des expériences reproductibles*

Un aspect essentiel de la méthode scientifique est que les observations doivent être reproductibles. La science traite des régularités de la nature, soit des aspects objectifs et répétitifs de l'univers. Réalisées dans des conditions identiques, des expériences identiques devraient produire des résultats identiques quels que soient l'expérimentateur (pour autant qu'il soit compétent), le lieu et l'instant. Pourquoi? Parce que les lois de la nature sont les mêmes partout et toujours. Que nous en soyons conscients ou non, cette hypothèse métaphysique sous-tend l'idéal de répétabilité sur lequel se fonde la méthode scientifique traditionnelle. Selon les termes de Heinz Pagels :

L'universalité des lois physiques est peut-être leur caractéristique la plus profonde – tous les événements, et pas seulement quelques-uns, sont soumis à la même grammaire universelle de la création matérielle. Ce fait est plutôt surprenant, car rien n'est moins évident, dans la diversité de la nature, que l'existence de lois universelles. L'idée remarquable voulant que la diversité de la nature fût une conséquence de lois universelles n'a pu être vérifiée qu'avec le développement de la méthode expérimentale et de son système de pensée interprétatif<sup>36</sup>.

Karl Popper, éminent philosophe des sciences, affirme que l'hypothèse métaphysique des lois universelles est en réalité *nécessaire* à la science : « Nous ne pouvons envisager la notion d'explications indépendantes, ou non *ad hoc*, que si nous exigeons des explications se fondant sur des lois naturelles universelles (complétées par des conditions initiales)<sup>37</sup>. »

Sans ce réquisit, le principe de répétabilité objective, essentiel à la méthode scientifique, ne disposerait d'aucun fondement. Popper se contente ici de formuler ce que la plupart des scientifiques considèrent comme allant de soi.

Mais alors, que sont ces lois naturelles universelles ? Popper suggère qu'elles reflètent des «propriétés structurelles du monde». Ce faisant, il admet implicitement une ambiguïté inhérente à cette attitude : car d'une part les structures expliquent les lois, et d'autre part les lois expliquent les structures. Mais il conçoit que : «Il peut devenir impossible, à un certain niveau, de différencier entre structure et loi – les lois *imposent* un certain type de structure au monde, et peuvent être interprétées, alternativement, comme des *descriptions* de cette structure. Voilà à quoi aspirent les théories du champ de la matière<sup>38</sup>.»

Les théories fondamentales du champ de la matière traversent cependant une période de mutations profondes, c'est ainsi qu'on voit apparaître en physique théorique des conceptions évolutionnistes des champs. Dans un univers évolutif, les «propriétés structurelles du monde» évoluent. Comment, en de telles circonstances, ces propriétés structurelles pourraient-elles être entièrement régies par des lois préexistantes ? Et si celles-ci étaient en réalité des habitudes universelles s'étant développées au sein d'un univers en développement ?

Le simple fait d'envisager la possibilité que la nature soit habituelle implique plus qu'une remise en question de l'hypothèse selon laquelle toute chose est régie par des lois transcendantes non affectées par un événement réel quel qu'il soit : il ébranle les fondements mêmes de la méthode scientifique. Si les propriétés structurelles du monde se modifient, comment les expériences pourraient-elles être reproductibles ? Et comment expliquer que les succès de la méthode scientifique semblent confirmer de façon magistrale la valeur de la notion de répétabilité ?

Que la nature soit habituelle ne bouleverse en rien la physique – une brève réflexion suffit à le démontrer. On considère,



en réalité, que des entités telles que les électrons, les atomes, les étoiles, les champs fondamentaux, et la plupart de celles qu'étudient les physiciens, existent depuis plusieurs milliards d'années. En conséquence, la nature de ces types d'entités peut être devenue à ce point habituelle qu'ils sont en réalité immuables. Ils peuvent se prêter à une modélisation fondée sur des lois mathématiques intemporelles. L'idée que leur nature soit fixée pour l'éternité serait donc une idéalisation appropriée à la plupart des cas. Des expériences les concernant seraient, en règle générale, reproductibles avec une exactitude plus ou moins grande. Il en irait de même pour les expériences reproductibles portant sur la plupart des systèmes étudiés par les chimistes, les géologues, les cristallographes, les biologistes et autres scientifiques : ces systèmes existant à d'innombrables exemplaires, depuis plusieurs milliers voire millions d'années. Si la nature est habituelle, les phénomènes bien établis paraîtront, logiquement, régis par des lois transcendantes, immuables.

La différence entre les deux approches devient apparente dans le cas de phénomènes nouveaux, qui ne sont pas encore bien établis. Une caractéristique essentielle du processus évolutif est que de *nouveaux* systèmes organisés voient le jour, dotés de schèmes d'organisation n'ayant jamais existé auparavant. Songeons à de nouveaux types de molécules, de cristaux, de végétaux, d'instincts, ou de morceaux de musique. Dans la mesure où ces éléments sont vraiment nouveaux, ils ne peuvent s'expliquer en termes de répétition de phénomènes antérieurs. Ils ne peuvent être déjà habituels, bien qu'ils le deviendront par répétition. Mais du point de vue conventionnel, tout ce qui est nouveau est déterminé par des lois préexistantes, valables de toute éternité. Ces lois ne sont altérées par aucun événement réel et demeurent immuables que les phénomènes qu'elles régissent se produisent ou non dans le monde.

Ainsi, du point de vue orthodoxe, de nouveaux types de molécules, de cristaux, d'organismes, d'instincts, et d'idées sont régis

par les mêmes lois inaltérables lors de leur première manifestation, lors de la millièème ou de la milliardièème.

En revanche, si la mémoire est inhérente à la nature des choses, les entités ne se manifesteront pas exactement de la même manière la première, la millièème ou la milliardièème fois. Leurs apparitions successives seront affectées par le fait même qu'elles ont déjà existé. Elles seront influencées par la mémoire cumulative des manifestations précédentes et tendront à devenir de plus en plus habituelles. Toutes choses étant égales, plus elles se répètent plus leur manifestation devrait être aisée et probable en tous lieux.

Ainsi, un type de molécule nouvellement synthétisé devrait tendre à se cristalliser plus aisément, en quelque lieu que ce soit, au fil des cristallisations. Ou, quand dans un laboratoire donné, des rats apprennent un nouveau truc, les autres rats de la même lignée devraient tendre à apprendre le même truc plus aisément partout ailleurs.

Certains indices suggèrent déjà qu'il en va bien ainsi; nous reviendrons sur ce point aux chapitres 7 et suivants. Pour l'instant, contentons-nous d'envisager la *possibilité* que la nature soit habituelle. Une telle démarche implique que nous ne pouvons plus considérer comme allant de soi le principe de répétabilité. En effet, de nouveaux phénomènes deviendront plus probables sous l'influence des répétitions, et leur observation expérimentale produira des résultats quantitatifs différents au fil du temps. De même, il devrait être possible de déceler le développement d'habitudes en évaluant la fréquence à laquelle elles se manifestent dans des conditions standardisées. Si un phénomène devient plus habituel, il devrait tendre à se manifester avec un taux de probabilité plus élevé au fur et à mesure de ses répétitions.

Mais comment la notion d'une nature habituelle pourrait-elle jamais être démontrée scientifiquement si elle mine l'idéal de répétabilité? Voilà qui semble, à première vue, introduire un paradoxe: car si la nature est habituelle, comment étudier l'évolution

d'une quelconque habitude puisque celle-ci aura évolué entre deux observations? En réalité, l'étude de l'évolution d'habitudes devrait porter à chaque fois sur de *nouveaux* types de molécules, cristaux, comportements, etc. Ce serait les *types* d'expérience qui feraient l'objet de répétition. En agissant ainsi, on devrait pouvoir établir si les nouveaux phénomènes naturels manifestent ou non une tendance générale à devenir plus habituels plus ils se manifestent.



## Chapitre 3

### Du progrès humain à l'évolution universelle

La double vision que nous a léguée la science du XIX<sup>e</sup> siècle – la vie sur terre évolue au sein d'une éternité physique – est ancrée dans une dualité culturelle beaucoup plus ancienne encore. Celle-ci reflète le double héritage culturel de l'Europe : d'une part les traditions intellectuelles des civilisations grecque et romaine, d'autre part la foi chrétienne. Les éternités auxquelles s'accroche la physique remontent à notre héritage grec, et notre foi en un développement progressif à la religion des Juifs.

La synthèse médiévale de ces deux traditions introduisit l'ambiguïté : l'humanité connaît un développement historique progressif du fait, d'une part, de la révélation divine dans les événements historiques et, d'autre part, de la foi de l'homme dans les desseins divins. Le reste du monde, lui, ne progresse pas : la nature de la nature est constante.

Vers la fin du XVIII<sup>e</sup> siècle, l'homme se mit à croire au progrès humain fruit du développement de l'intelligence humaine ; les découvertes scientifiques et les prémices de la révolution industrielle contribuèrent à renforcer cette foi nouvelle. L'ancienne division fut néanmoins préservée : l'humanité progressait, mais non le monde naturel.

Au XIX<sup>e</sup> siècle, la notion de développement s'élargit : les êtres humains mais aussi toutes les entités vivantes évoluaient. Pourtant, la théorie de l'évolution ne s'appliquait toujours qu'à la terre.

Aujourd'hui, c'est l'ensemble du cosmos qui est perçu comme s'étant développé au fil du temps : l'ensemble de la nature est

évolutif. Nous ne pouvons plus envisager la nature sous un aspect d'éternité.

Considérons, dans ce chapitre, les racines religieuses de la foi dans le progrès humain, la manière dont le concept de progrès a favorisé une conception évolutive de la vie sur terre, ainsi que la tentative darwinienne visant à intégrer l'évolution dans un monde mécaniste. Envisageons également la possibilité d'une nouvelle synthèse évolutive dans laquelle l'évolution de la vie est appréhendée comme un aspect du processus évolutif cosmique.

### *La foi dans les desseins divins*

Dans l'ensemble, les philosophes grecs, comme les autres philosophes antiques, considéraient le temps en termes de cycles se répétant à l'infini : cycle de respiration, cycle du jour et de la nuit, cycle de la lune, cycle de l'année, grand cycle astronomique des ans, et grand cycle des cycles. Dans certains systèmes hindous, par exemple, un grand cycle ou *mahayuga* durait 12 000 années ; au-delà de ce cycle, on en trouvait d'autres, jusqu'au grand cycle de Brahmâ qui compte 250 000 *mahayugas*<sup>1</sup>.

Presque toutes les théories antiques des cycles de grand temps allaient de pair avec des mythes d'un âge d'or. Le cycle s'ouvre sur un âge d'or et se poursuit par une succession de périodes de décadence et de dégénération. Au terme de la dernière période du cycle, le monde connaît une dissolution générale suivie d'une régénérescence et d'un nouvel âge d'or, et ainsi de suite à l'infini<sup>2</sup>.

D'accord avec cette vision cyclique éternelle des choses, les philosophies hindoue et bouddhiste appréhendent la vie en termes de cycles répétés de naissance, croissance et mort – l'existence humaine traverse plusieurs cycles successifs de renaissance. Logiques avec eux-mêmes, les pythagoriciens, et Platon lui-même, croyaient en la réincarnation.

En revanche, la tradition judéo-chrétienne n'envisage qu'un processus de développement temporel. La Bible s'ouvre sur

l'histoire de la création, «lorsque Dieu commença la création du ciel et de la terre», et s'achève sur la vision d'une nouvelle création dans l'Apocalypse de Jean : «Alors, je vis un ciel nouveau et une terre nouvelle, car le premier ciel et la première terre ont disparu<sup>3</sup>.» Toute l'histoire de la Bible s'inscrit donc dans une vision cosmique de création, destruction et recréation. Mais il ne s'agit pas ici d'un système de récurrences éternelles : la nouvelle création évoquée dans l'Apocalypse de Jean n'est pas suivie par une autre phase de dissolution, mais représente la consommation de toutes choses, dans laquelle l'ensemble de la création se fond à la vie divine, dépassant son stade d'existence actuel dans l'espace et le temps et accédant à son stade d'épanouissement final<sup>4</sup>. Les six jours que dure la création dans la Genèse représentent la semaine du temps et de l'activité terrestre, tandis que le septième jour est celui de l'éternité, celui où cessent tous les labeurs.

Tel est le «mythe d'histoire» judéo-chrétien<sup>5</sup>. Il commence, comme de nombreux mythes, par un âge d'or – nos premiers parents vivaient dans le jardin d'Éden, en harmonie l'un avec l'autre, avec le monde et avec Dieu. Puis ils mangèrent le fruit de l'arbre de la connaissance du bonheur et du malheur et furent chassés du paradis vers un monde de labeur, de souffrance et de mort. Avec la Chute, commence un grand voyage vers un nouvel Éden, vers le nouveau pays promis par Dieu.

Le prototype de ce processus historique fut la sortie d'Égypte du peuple d'Israël, au milieu des souffrances, l'Alliance avec Dieu et l'arrivée à la terre promise. Cette métaphore du voyage souligne le concept de progrès. Il ne peut être question de progression s'il n'y a pas de direction dans laquelle avancer ; or les voyages ont une direction puisqu'ils ont une destination, un objectif ou un dessein.

La croyance en un développement progressif n'était pas absente dans les civilisations antiques. En réalité, les villes elles-mêmes étaient perçues comme un progrès par rapport à l'état primitif ou barbare de l'homme. La preuve de cette évolution

était visible de tous dans la splendeur des bâtiments, dans les progrès réalisés dans les secteurs de l'art et de l'artisanat, ainsi que dans l'organisation des empires<sup>6</sup>. Mais le développement de la civilisation avait pour toile de fond le mythe de déclin par rapport à l'âge d'or. L'avenir ne pouvait renfermer que plus de décadence et plus de destruction.

En revanche, on relevait dans la tradition judéo-chrétienne une foi intense en l'avenir. Ainsi qu'il est dit dans l'Épître aux Hébreux :

La foi est une manière de posséder déjà ce qu'on espère [...]. Par la foi, Noé divinement averti de ce qu'on ne voyait pas encore, prit l'oracle au sérieux, et construisit une arche pour sauver sa famille [...]. Par la foi, répondant à l'appel, Abraham obéit et partit pour un pays qu'il devait recevoir en héritage, et il partit sans savoir où il allait [...]. Dans la foi, ils moururent tous, sans avoir obtenu la réalisation des promesses, mais après les avoir vues et saluées de loin et après s'être reconnus pour étrangers et voyageurs sur la terre. Car ceux qui parlent ainsi montrent clairement qu'ils sont à la recherche d'une patrie ; et s'ils avaient eu dans l'esprit celle dont ils étaient sortis, ils auraient eu le temps d'y retourner ; en réalité, c'est à une patrie meilleure qu'ils aspirent, à une patrie céleste. C'est pourquoi Dieu n'a pas honte d'être appelé leur Dieu ; il leur a, en effet, préparé une ville<sup>7</sup>.

Selon un courant de la foi chrétienne, se fondant sur l'Apocalypse de Jean, le Christ établira, après sa seconde venue, un royaume messianique, ici, sur terre, et il le gouvernera pendant mille ans, jusqu'au Jugement dernier. C'est ce qu'on nomme le millénium. Des groupes millénaristes ont régulièrement fait parler d'eux au cours de l'histoire du christianisme. La foi millénariste se caractérise par la confiance de ses adeptes en la venue imminente du nouvel âge, ici, sur terre, et non pas dans quelque paradis



situé dans l'au-delà et destiné à des âmes individuelles. Le salut du fidèle sera collectif, et la vie sur terre sera transformée dans son ensemble<sup>8</sup>.

Nombre de puritains anglais du XVII<sup>e</sup> siècle étaient habités par cette foi en la venue imminente du Royaume de Dieu. C'est dans cet esprit que les Pères pèlerins quittèrent le vieux monde pour le nouveau – une Nouvelle-Angleterre sise dans le Nouveau Monde. En Angleterre, le roi fut décapité et l'ancien ordre renversé ; c'est dans cette atmosphère particulière que commença à se dessiner une vision révolutionnaire de la venue du nouvel âge sur terre : le progrès humain transformant le monde sous l'impulsion de la science.

### *La foi dans le progrès humain*

Le prophète de cette nouvelle vision fut Francis Bacon. Dans *La Nouvelle Atlantide*, écrite en 1624, peu avant sa mort, le nouvel âge de la foi millénariste devint une sorte d'utopie scientifique. «L'ensemble de l'humanité» progressera grâce à la domination de la nature par l'homme, au moyen d'outils mécaniques. Seul le savoir scientifique, se fondant sur la méthode empirique, permettra, affirme Bacon, «d'établir et d'étendre le pouvoir et la domination de la race humaine sur l'univers». Ainsi, celle-ci pourra-t-elle «retrouver l'emprise sur la nature qui lui revient de droit divin<sup>9</sup>».

Dans *La Nouvelle Atlantide* de Bacon, le progrès est placé entre les mains d'un groupe de scientifiques et de techniciens, qui étudient la nature en recourant à la méthode expérimentale. La nature doit être contrainte à livrer ses secrets, pour que l'homme puisse les utiliser à son bénéfice<sup>10</sup>. Ces scientifiques et techniciens œuvrent dans un institut de recherche scientifique prototype, nommé Maison de Salomon, ils portent des robes particulières et forment un véritable clergé scientifique.

En Angleterre, sous le régime révolutionnaire des Puritains, un tel groupe de scientifiques et de philosophes visionnaires tint une série de réunions informelles. Ce groupe, connu sous le nom de Collège invisible, constitua le noyau de la Société royale, fondée en 1660, peu après la restauration de la monarchie. Cette «Société royale de Londres pour l'amélioration de la connaissance naturelle» se voulait une concrétisation de la vision de Bacon. La Société royale était l'incarnation de la Maison de Salomon. Des groupes semblables de scientifiques se constituèrent officiellement dans toutes les académies des sciences du monde occidental.

Les succès de la science et le développement d'industries nouvelles renforcèrent d'autant la confiance dans la notion de progrès scientifique, laquelle prit de plus en plus d'ampleur. Elle se propagea au XVIII<sup>e</sup> siècle à travers toute l'Europe et l'Amérique, au XIX<sup>e</sup> à travers les empires des puissances européennes, et de nos jours jusque dans les coins les plus reculés du globe. Les missionnaires du progrès technologique ont réussi là où ceux de la foi chrétienne avaient échoué.

Cette foi, née en Occident, s'est propagée en Union soviétique et en Chine (sous des formes marxistes), au Japon et en Extrême-Orient (sous des formes capitalistes), et (sous des formes diverses) dans toutes les nations du monde qui sont devenues, de ce fait, des «pays en voie de développement». Le processus de conversion s'étend désormais aux villages et aux peuplades les plus reculés du monde, *via* l'éducation, le développement économique et les médias électroniques.

L'aspiration au progrès contribue à favoriser le développement. Il ne faut pas avoir reçu une éducation très poussée pour s'apercevoir que nous sommes environnés de preuves indubitables du progrès industriel. Est-il encore un lieu sur cette planète où l'on ignore les transistors ou les smartphones? Or, il est indéniable que ces objets ne sont pas des reproductions d'objets ayant existé de toute éternité. Ce sont des objets véritablement nouveaux. La science et la technologie permettent donc la création.

Nous sommes, bien sûr, en droit de nous demander si de tels changements traduisent vraiment une évolution. Quoi qu'il en soit, que cela nous plaise ou non, les processus de changement accéléré présents partout autour de nous sont les fruits d'une *foi* dans le progrès, une foi qui n'a rien perdu de sa vigueur. L'idéal de transformation du monde *via* le progrès scientifique n'est qu'une version du millénarisme. Nous subissons aussi l'influence d'autres visions.

La Nouvelle-Angleterre fut fondée au XVII<sup>e</sup> siècle par les Pères pèlerins dans un esprit millénariste. Les mouvements politiques révolutionnaires de la fin du XVIII<sup>e</sup> étaient millénaristes : l'ordre ancien devait être renversé afin de céder la place à une ère nouvelle – une ère de Liberté, d'Égalité et de Fraternité, selon la devise de la Révolution française. La vision d'un âge nouveau fut intégrée dans les fondements mêmes des tout jeunes États-Unis. Elle est proclamée dans le Grand Sceau de la nation : *Novus ordo seclorum*, un nouvel ordre d'âges. Il apparaît sur les billets américains.

Le communisme fut une autre forme de foi messianique, et, en ce début de siècle, le néolibéralisme en est une autre, avec sa promesse d'une prospérité universelle grâce à la généralisation du marché libre. Pendant la guerre froide, l'URSS et les États-Unis se confrontèrent en se préparant à une guerre apocalyptique. Bien que cette guerre-là ait cessé, les armes nucléaires n'ont pas disparu et désormais, le monde doit affronter, en plus, l'immense incertitude du changement climatique.

Dans les derniers jours de cet âge, dit l'Apocalypse de Jean, il y aura des fléaux, des pluies de feu, les ténèbres envahiront la terre, une grande guerre éclatera dans les cieux et bien plus encore. Cet aspect apocalyptique de la vision judéo-chrétienne de l'histoire n'est nullement dépassé ; elle a acquis, au contraire, une plausibilité nouvelle et redoutable du fait même du développement scientifique, technologique et économique.

## *Évolution progressive*

Le progrès scientifique s'inscrit dans une vision plus large du progrès humain, lequel s'inscrit lui-même dans le contexte d'une foi religieuse dans le fait que Dieu dirige l'histoire vers une nouvelle création. Cette notion de développement progressif a été élargie, au XIX<sup>e</sup> siècle, jusqu'à englober l'ensemble de la vie sur terre. L'évolution de la science a ouvert la voie à la science de l'évolution.

À la fin du XVIII<sup>e</sup> siècle, il paraissait évident à de nombreux Européens et Américains que le progrès humain et la mainmise croissante de l'homme sur la nature s'intégraient dans un processus de développement de l'intelligence humaine et surtout de progrès scientifique. Mais ce développement progressif était-il en accord avec les desseins de Dieu, était-il guidé par la volonté divine? Nombreux étaient et sont ceux qui répondaient par l'affirmative à ces questions. Mais pour les athées du siècle des Lumières, le progrès était le fruit de la raison humaine. Cette dernière était la forme suprême de conscience dans un univers mécaniste, et les desseins humains avaient seuls droit de cité. Les églises de Paris furent fermées pendant la Révolution française, et Notre-Dame devint un temple de la Raison.

Mais si la raison humaine se développait, pourquoi et comment ce processus opérait-il? Au début du XIX<sup>e</sup> siècle, le philosophe Hegel répondit à cette question en se référant à un système évolutionniste. Pour Hegel, l'évolution de la pensée humaine était un aspect de l'Absolu, ou – pour employer une terminologie religieuse – de la manifestation divine. C'était un processus rythmique de plénitude en développement, dans lequel la pensée progresse dialectiquement, par contradiction et argumentation. Chaque processus débute par une proposition initiale, la thèse; celle-ci se révèle inadéquate, et engendre son opposé, l'antithèse. Cette dernière se révèle à son tour inadéquate et les opposés

se fondent en une synthèse supérieure, laquelle conduit à une nouvelle thèse, d'où émerge une nouvelle antithèse, etc.

Le système de Hegel se suffit à lui-même; à sa thèse, Karl Marx opposa l'antithèse : ce n'est pas l'esprit mais la matière qui se développe dialectiquement. Le matérialisme dialectique, dans la tradition de Marx et de Engels, est une philosophie progressive, évolutionniste, qui perçoit le progrès historique comme régi par des lois objectives, scientifiques. Le progrès humain n'est qu'un aspect du développement progressif général de la matière, de laquelle émerge l'esprit lui-même.

Dans la philosophie évolutionniste de Herbert Spencer, le progrès n'apparaît pas comme une simple réalité scientifique objective, mais comme la loi suprême de tout l'univers. Spencer, comme Marx, s'intéressait essentiellement au progrès humain ; sa philosophie de l'évolution universelle fut une grande généralisation qui permit à l'évolution humaine d'être considérée comme un aspect d'un processus universel. Spencer, et d'autres philosophes de l'évolution œuvrant au XIX<sup>e</sup> siècle, notamment C. S. Peirce, appréhendèrent l'évolution comme un processus universel, bien avant que la physique ne souscrive à la notion d'une cosmologie évolutionniste. C'est dans le cadre de ces philosophies évolutionnistes que vit le jour la notion d'évolution, qui ne deviendra que plus tard l'idée dominante en biologie, et beaucoup plus tard en physique.

Ce fut Spencer, plus que Darwin, qui popularisa le mot *évolution*, avant même la publication de *L'Origine des espèces* en 1859. D'ailleurs, dans la première édition de ce livre, Darwin n'emploie guère le terme *évolution* ; il ne l'appliquera à sa théorie – qui plus est avec parcimonie – que dans la sixième édition. Il utilisait plus volontiers des expressions telles que «descendance avec modification» ou simplement «progrès»<sup>11</sup>.

Le mot *évolution* signifie littéralement «action de dérouler». Il servait à évoquer, à l'origine, le déroulement progressif de

structures embryonnaires telles que des bourgeons. L'école «évolutionniste» de biologie prétendait, au XVIII<sup>e</sup> siècle, que le développement des embryons résultait de l'évolution d'une structure microscopique préformée, présente, en premier lieu, dans l'ovule fertilisé.

Ainsi, le mot *évolution* impliquait-il un plan – ou une structure – préexistant se déroulant progressivement dans le temps. C'est probablement la raison pour laquelle Darwin évita de l'employer quand il présenta sa théorie<sup>12</sup>. En effet, l'*évolution* de la vie impliquerait l'existence d'un plan préexistant sans doute de nature divine – or, Darwin entendait précisément s'opposer à cette conception. Mais si ces plans n'étaient pas d'origine divine, comment des processus naturels spontanés pourraient-ils justifier l'évolution des formes de vie terrestres ?

Darwin fonda sa réponse sur des processus observables dans les secteurs du commerce et de l'industrie : innovation, compétition et élimination des éléments inefficaces. Avec, bien entendu, héritage des richesses.

Dans le domaine de la vie, observa Darwin, les organismes varient spontanément, la progéniture tend à hériter des caractéristiques parentales, et dans la compétition qui résulte inévitablement de la fertilité prodigieuse des végétaux et des animaux, les êtres non adaptés sont éliminés par sélection naturelle. Ainsi cette dernière permettait-elle d'expliquer à la fois la merveilleuse tendance des végétaux et des animaux à s'adapter à leur environnement, ainsi que le développement progressif de nouvelles formes de vie<sup>13</sup>. Cette conception fut résumée dans le titre de son ouvrage le plus célèbre, *L'Origine des espèces au moyen de la sélection naturelle ou la lutte pour l'existence dans la nature*.

La théorie darwinienne s'inscrit toutefois dans le cadre d'un univers mécaniste ; son arbre évolutif de la vie se développa dans un monde d'entités physiques. Considérons maintenant la manière dont ce cadre de pensée préévolutionniste a façonné

la théorie darwinienne de l'évolution. Nous envisagerons ensuite la possibilité d'une nouvelle synthèse évolutionniste, dans laquelle l'évolution de la vie pourra être appréhendée comme un aspect d'un processus évolutif cosmique : la nature évolue, mais aussi les «lois de la nature».

### *Des changements très lents*

La théorie darwinienne de l'évolution progressive par changement graduel nécessita un vieillissement considérable de la Terre. La Bible situait la création du monde, selon une chronologie célèbre, vers l'an 4004 avant J.-C. La cosmologie mécaniste fournit un contexte fort différent à l'origine de la Terre : l'univers de l'astronomie et de la mécanique céleste, un univers sans fin.

Descartes, par exemple, supposait que les planètes tournaient autour du Soleil dans un vortex d'éther transparent, et il ne voyait pas pourquoi un vortex ne s'épuiserait pas tandis qu'un autre apparaîtrait en un endroit différent. Ainsi, un soleil et un système planétaire, tel que le nôtre, pourraient se former au sein des mouvements incessants de l'univers physique.

Selon d'autres théories, la Terre aurait été une comète ; par condensation des particules de poussière évoluant dans l'espace et soumises à la gravité, elle se serait transformée en un corps solide, lequel aurait alors été emprisonné sur une orbite héliocentrique. Selon d'autres encore, la Terre serait le produit du refroidissement de la matière ignée émise par le Soleil après un choc avec une comète<sup>14</sup>.

La théorie la plus séduisante fut celle exposée par le philosophe Kant en 1775. Son «hypothèse nébulaire» explique comme suit la naissance de l'ensemble du système solaire : un nuage de particules de poussières se condensa sous la force de sa propre gravité et acquit progressivement une tendance à entrer en rotation. De petites quantités constituèrent des corps solides tournant autour

de la concentration principale, qui prit feu et forma le Soleil. Dans son *Exposition du système du monde* (1796), Laplace suggéra que toutes les étoiles se sont condensées de cette manière, ce qui explique qu'une série de planètes orbitent autour de la plupart. La formation graduelle d'un système planétaire tel que le nôtre devint donc un phénomène parfaitement naturel et mécaniste. Il n'était plus utile de recourir à Dieu pour expliquer la création de la Terre, du Soleil ou de quoi que ce soit.

De telles théories fournirent une toile de fond à des spéculations relatives à l'histoire de la Terre. La Genèse fournit l'autre : la Terre et les créatures vivant à sa surface furent créées en plusieurs phases, représentées par les jours de la création. Après celle-ci, il se produisit sur terre une série de catastrophes ; la plus célèbre étant le Déluge.

Ces deux modèles n'ont cessé de s'opposer et de se heurter tout au long de l'histoire du débat évolutionniste. Les mécanistes ont en général opté pour un changement lent et graduel ; les chrétiens, pour une évolution en phases et en sauts. Il va de soi que des changements soudains n'impliquent pas nécessairement une intervention divine, mais la Bible étant l'ouvrage de référence des chrétiens, ceux-ci ont souvent mêlé l'un et l'autre.

Une science nouvelle se développa à la fin du XVIII<sup>e</sup> siècle : la géologie. C'est ainsi qu'on découvrit dans les couches rocheuses des *preuves* de la réalité de processus guère différents de ceux décrits dans la Genèse : un déluge ou une série de déluges ainsi que des discontinuités soudaines. Par ailleurs, l'ordre d'apparition des fossiles respectait plus ou moins celui évoqué dans la Genèse : poissons, animaux terrestres et enfin hommes<sup>15</sup>.

D'autres chercheurs ont tenté, à la lumière de l'éternité physique du monde machine, de trouver une conception de la Terre aussi graduelle et non progressive que possible. À la fin du XVIII<sup>e</sup> siècle, James Hutton a insisté sur le fait que le géologue scientifique devait faire de son mieux pour expliquer la structure



de la Terre par l'étude des phénomènes en action. « Nous ne trouvons nul vestige d'un commencement, nulle perspective d'un terme. » Il qualifia de non scientifique la notion de catastrophes d'une ampleur telle qu'il n'en existe plus actuellement. Nous observons, en revanche, que des masses de terre sont en permanence érodées par les vents et les eaux ; les débris sont emportés au large et déposés sur le fond des océans, où ils peuvent durcir et former des couches rocheuses ; il arrive que ces nouvelles roches soient ensuite projetées vers la surface par des séismes et qu'elles donnent naissance à de nouvelles terres. Les séismes sont produits par la chaleur et la pression du noyau terrestre, et les volcans résultent d'une fusion partielle des matériaux profonds se frayant un chemin jusqu'à la surface<sup>16</sup>.

Les changements observables de nos jours étant lents, le schème de Hutton implique que la Terre soit très âgée – une innovation de la plus grande importance<sup>17</sup>.

Ce système fut poussé plus avant par Charles Lyell, dont les *Principes de géologie* (1830-1833) exercèrent une profonde influence sur Darwin. À l'instar de Hutton, Lyell opta pour une théorie de l'état de l'univers stationnaire et insista sur le rôle des changements progressifs en accord avec des lois physiques universelles. Il nia toute tendance directionnelle au développement de la vie et s'efforça d'expliquer les enregistrements fossiles toujours plus nombreux en termes de fluctuations climatiques. Il suggéra que toutes les formes de vie étaient présentes, en réalité, à chaque période géologique ; il n'y a pas eu de développement séquentiel de formes supérieures issues de formes inférieures sinon dans le cas de l'homme<sup>18</sup>.

Cependant, l'analyse des couches rocheuses par les géologues confortait de plus en plus l'idée de modifications directionnelles dans le développement de la Terre. Des ruptures soudaines entre des formations rocheuses suggéraient des modifications soudaines des conditions. Les différents types de fossiles trouvés

dans les formations rocheuses successives étaient encore plus frappants. Les éléments les plus spectaculaires étaient les vestiges de reptiles géants tels que les dinosaures. S'appuyant sur la séquence des vestiges fossiles, de nombreux naturalistes en arrivèrent à conclure que l'histoire de la vie animale avait respecté l'ordre suivant : invertébrés, poissons, reptiles, mammifères et enfin homme.

Certains théologiens virent dans ce processus la marque de Dieu. Les nouvelles espèces n'apparaissaient pas de façon graduelle par l'opération de quelque loi de la nature ; elles se manifestaient de façon soudaine à la suite d'interventions divines dans l'histoire de la vie. Les extinctions périodiques résultaient de catastrophes, à la suite desquelles de nouvelles formes de vie étaient créées<sup>19</sup>.

Darwin, en revanche, rejeta ces notions d'interventions divines. L'évolution se produisait de manière graduelle par l'opération régulière de simples lois naturelles : il n'était pas question de changements soudains. Cet aspect de sa théorie donna d'emblée matière à controverse, mais Darwin s'en tint au principe d'évolution graduelle en dépit de toutes les critiques dont il fit l'objet. Admettre l'existence de toute modification brusque et inexplicable reviendrait, selon lui, à « quitter le domaine de la science pour entrer dans celui des miracles<sup>20</sup> ».

Dans la sixième édition de *L'Origine des espèces*, Darwin fit une concession à ses critiques :

Il est cependant une classe de faits qui, à première vue, tendraient à établir la possibilité d'un développement subit, c'est l'apparition soudaine d'êtres nouveaux et distincts dans nos formations géologiques. Mais la valeur de ces preuves dépend entièrement de la perfection des documents géologiques relatifs à des périodes très reculées de l'histoire du globe. Or si ces annales sont aussi fragmentaires que beaucoup

de géologues l'affirment, il n'y a rien d'étonnant à ce que de nouvelles formes nous apparaissent comme si elles venaient de se développer subitement<sup>21</sup>.

Cet argument a des accents familiers, étant toujours fort répandu de nos jours. En effet, les darwiniens souscrivent, dans l'ensemble, à la notion de modifications graduelles et expliquent, depuis Darwin, l'absence de traces de chaînons manquants en termes d'insuffisance des documents géologiques. L'hypothèse de catastrophes et d'apparitions soudaines de formes de vie nouvelles a toujours ses partisans, d'autant que des études de plus en plus détaillées des archives fossiles semblent lui donner plus de poids. L'évolution se produisant par heurts semble plus en accord avec les faits qu'un processus de changement lent et régulier, et cette idée refait régulièrement l'actualité. Sa forme la plus récente est l'hypothèse des «équilibres ponctués<sup>22</sup>».

La notion de grandes catastrophes globales a connu une renaissance récente sous une forme respectable du point de vue scientifique. En 1980, des quantités anormales d'iridium et d'autres métaux ont été découvertes dans des couches d'argile à la limite des terrains crétacés et tertiaires – en d'autres termes, dans des couches constituées il y a quelque soixante-cinq millions d'années, à l'époque où les dinosaures, ainsi que de nombreux animaux et végétaux, ont disparu de la surface terrestre. L'explication avancée fut la suivante : un astéroïde est entré en collision avec la terre et le choc a projeté dans l'atmosphère un nuage de poussière d'une ampleur telle qu'il a formé écran à la lumière du soleil pendant plusieurs semaines, condamnant ainsi les dinosaures et maintes autres formes de vie<sup>23</sup>. Cette hypothèse a gagné en plausibilité au vu des estimations des effets d'une guerre nucléaire, et en particulier de la perspective d'un «hiver nucléaire» provoqué par l'accumulation dans l'atmosphère de fumée et de débris masquant le soleil<sup>24</sup>.

D'autres calculs donnent à penser que des extinctions massives se sont produites au cours des deux cent cinquante derniers millions d'années, à raison d'une tous les vingt-six millions d'années environ. La régularité de ce cycle suggère la nécessité de recourir à une explication astronomique, et plusieurs ont été proposées. Nous nous retrouvons dans le domaine des grands cycles de temps astronomique.

Une de ces explications suggère que le Soleil a pour compagne une étoile sombre, Némésis, évoluant sur une orbite hautement excentrique. Lorsqu'elle arrive à proximité du nuage de comètes situé aux limites extérieures du système solaire, Némésis le perturbe, déclenchant une pluie intense de comètes. La série d'impacts qui s'ensuit pour la Terre dure jusqu'à un million d'années. Un autre modèle envisage un cycle dû à l'oscillation du Soleil autour du plan de la galaxie, lequel entraînerait des perturbations suffisantes du rayonnement cosmique pour provoquer des modifications climatiques majeures. Un autre encore avance que la Terre aurait traversé périodiquement des nuages interstellaires de poussière ou de gaz<sup>25</sup>. Certains scientifiques prétendent, quant à eux, que les grandes extinctions ne respectent, en définitive, aucun cycle régulier<sup>26</sup>. Le débat reste ouvert.

### *L'arbre de vie*

Au commencement, si l'on en croit la Genèse :

Le Seigneur Dieu planta un jardin en Éden [...]. Le seigneur Dieu fit germer du sol tout arbre d'aspect attrayant et bon à manger, l'arbre de vie au milieu du jardin<sup>27</sup>.

Dans la vision évolutionniste de Darwin, l'ensemble de la vie s'est développé dans le temps à la manière d'un grand arbre : l'arbre évolutif de la vie (Fig. 3.1). Dès que la première graine de vie est apparue sur terre, cet arbre s'est développé de lui-même,

tout à fait naturellement, et en accord avec les lois du monde naturel. L'évolution, de même que la croissance d'un arbre, était un processus organique, spontané, de croissance et d'adaptation continues aux conditions prédominantes de la vie. Tout advenait naturellement.

Pour Darwin, Dieu n'avait pas planté l'arbre de vie, pas plus qu'il ne l'entretenait. Dieu était le grand concepteur et créateur du monde machine; Il avait conçu tous les êtres vivants de la manière la plus merveilleuse et la plus complexe qui fût. Toutes Ses créatures étaient inertes, hormis l'homme. En tant que machines, elles ne possédaient pas une intelligence créatrice propre, celle-ci leur était extérieure, située dans l'esprit de Dieu, au même titre que les machines fabriquées par l'homme ne possèdent pas d'intelligence créatrice, celle-ci résidant dans le cerveau de leurs inventeurs humains et non dans la matière de la machine.

Un des pères de cette forme de théologie se nommait William Paley. Sa *Théologie naturelle* (qui influença profondément Darwin pendant sa jeunesse) présente la complexité et l'excellence de la conception des organismes vivants comme preuve de l'existence d'une intelligence créatrice, et, par conséquent, comme preuve de l'existence de Dieu. Son ouvrage commence par l'exemple fameux de la montre.

«Supposez, écrit-il, qu'en marchant dans la lande, je trouve une montre. Même si nous ignorions comment elle avait accédé à l'existence, sa précision intrinsèque et la complexité de sa conception nous obligeraient à conclure qu'il fallait que la montre eût un créateur; qu'il avait dû exister, en un lieu quelconque, un ou des artisans, qui l'avaient façonnée en vue de l'exigence à laquelle nous constatons qu'elle répond effectivement; qui en appréhendaient l'assemblage, et qui en avaient conçu l'usage.»

(Il étendit ensuite son argument, par analogie, aux activités de la nature:)

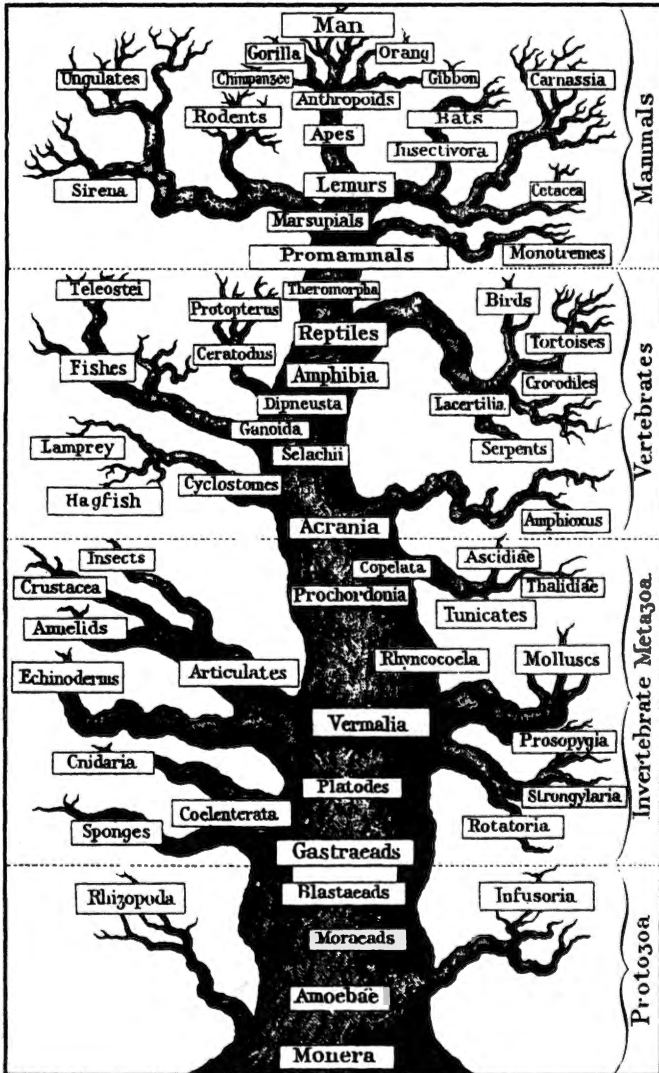


Figure 3.1 L'arbre évolutif de la vie, selon Ernst Haeckel (d'après Haeckel, 1910).

Tout signe de fabrication, toute manifestation d'intention qui existait dans la montre, existe dans les œuvres de la nature, à cette différence près, en faveur de la nature, qu'elle se manifeste plus souvent ou avec une ampleur plus grande, et ce à un degré qui passe toute évaluation.

Paley compare l'œil à un instrument fabriqué, comme le télescope, et conclut «qu'on prouve de même que l'œil a été conçu pour la vision que le fait que le télescope a été conçu pour l'y assister<sup>28</sup>».

Les notions de liberté et de spontanéité étaient totalement incompatibles avec un univers mécaniste conçu par un tel Dieu. Tout avait déjà été conçu d'excellente façon. Pour que l'arbre de la vie de Darwin se développe librement, il convenait de se débarrasser de ce Dieu auteur de toute la création. Mais pour ce faire, il fallait trouver un autre moyen d'expliquer l'organisation complexe et les adaptations finalisées des fleurs, des ailes, des yeux – en réalité, de toute entité vivante. Pour Darwin, comme pour Paley, cet agent créateur était extérieur aux organismes vivants, il ne le situait cependant pas en Dieu, mais dans la nature. La sélection naturelle privilégiait les plus aptes et la Nature rejetait spontanément les autres. La sélection naturelle, œuvrant de manière progressive pendant plusieurs générations, a ainsi façonné toutes les formes de vie existant et ayant jamais existé.

Darwin s'est inspiré de la sélection humaine dont les effets sont évidents dans la grande diversité des races de chiens, de pigeons et de multiples animaux et végétaux domestiques. Toutes ont été produites par variation accidentelle et par reproduction sélective, sous l'influence d'une sélection humaine consciente ou non. La sélection naturelle opérait de manière semblable, à la nuance près qu'elle n'impliquait ni conscience ni intentions. D'aucuns ont prétendu, dit-il, que le terme «sélection naturelle» impliquait un choix conscient, mais ce n'était pas son sens réel. La sélection naturelle n'était pas non plus une puissance active :

On a dit que je parle de la sélection naturelle comme d'une puissance divine ; mais qui donc critique un auteur lorsqu'il parle de l'attraction ou de la gravitation, comme régissant les mouvements des planètes ? Chacun sait ce que signifient, ce qu'impliquent ces expressions métaphoriques nécessaires à la clarté succincte de la discussion [...]. Au bout de quelque temps, on se familiarisera avec ces termes et on oubliera ces critiques inutiles<sup>29</sup>.

Et ainsi Darwin remplaça-t-il l'intelligence créatrice du Dieu fabriquant de machines de Paley par l'action aveugle de la sélection naturelle. Les darwiniens l'ont depuis suivi dans cette voie.

### *L'horloger aveugle*

Richard Dawkins, un des plus fervents défenseurs modernes du darwinisme, a récemment répondu à Paley en balayant tous ses arguments. Son livre, *L'Horloger aveugle*, s'ouvre sur une profession de foi :

Ce livre est écrit avec la conviction que notre propre existence fut jadis le plus grand des mystères mais que ce n'est plus un mystère parce qu'il a été éclairci. Darwin et Wallace en ont trouvé la clef, mais nous continuerons pendant quelque temps encore à ajouter des notes à leur solution. [...] Je veux non seulement persuader le lecteur que la vision du monde darwinienne se trouve être vraie, mais qu'elle est la seule théorie qui puisse, en principe, résoudre l'énigme de notre existence<sup>30</sup>.

L'argument de Dawkins, ainsi que celui de Darwin, se pose en antithèse par rapport à ceux de Paley. Ces derniers ont ressuscité sous la forme moderne et moléculaire véhiculée par les partisans du « Dessein intelligent<sup>31</sup>. » Remarquez toutefois que les deux partis en présence partagent une vision qu'ils n'entendent pas



remettre en question : celle d'un monde mécaniste. Les végétaux et les animaux sont semblables à des machines ; ou ils sont conçus avec intelligence par le Dieu du monde machine, ou ils sont produits par l'action aveugle de la sélection naturelle. Mais qu'advviendrait-il si nous modifiions notre manière d'envisager l'intelligence créatrice externe ou la nature même de la vie ? Différentes possibilités apparaîtraient qui ne s'intégreraient dans aucune de ces positions classiques. Plusieurs ont déjà fait l'objet d'investigations ; je vous propose d'en examiner deux. La première implique une modification de la conception de l'intelligence créatrice externe, et la seconde fait intervenir des principes organisateurs créateurs inhérents à la vie elle-même.

Alfred Russel Wallace, à l'instar de Darwin, comprit le pouvoir de la sélection naturelle. Mais les mécanismes darwiniens ne suffisaient pas, selon lui, à expliquer l'évolution de la vie. Dans son dernier ouvrage, *The World of Life : A Manifestation of Creative Power, Directive Mind and Ultimate Purpose* (1911), il suggère que des « intelligences supérieures » ont dirigé les lignes principales du développement évolutif en accord avec des desseins conscients.

Nous sommes, donc, amenés à postuler l'existence de ce que nous pourrions nommer des esprits organisateurs, chargés d'influencer les myriades d'âmes-cellules de manière à ce qu'elles accomplissent *leur* part du travail avec précision et certitude. [...] À des stades de développement successifs du monde-vie, des intelligences plus évoluées et peut-être supérieures pourraient être appelées à diriger les lignes principales de variation dans des directions définies en accord avec le schème général à accomplir [...]. Une telle conception de pouvoirs délégués à des êtres d'un niveau de vie et d'intelligence très élevé et à d'autres d'un niveau très bas me paraît dans l'ensemble moins improbable que celle voulant que, non seulement, la Divinité infinie ait conçu l'ensemble du

cosmos, mais encore qu'Elle soit la seule puissance agissant consciemment dans chaque cellule de chaque être vivant ou ayant jamais vécu sur terre<sup>32</sup>.

Pour Henri Bergson, en revanche, la tendance à l'évolution est intrinsèque à l'individu. Il compara le processus évolutif au développement de l'esprit soumis au mouvement continu de l'*élan vital*.

[...] ce courant de vie, traversant les corps qu'il a organisés tour à tour, passant de génération en génération, s'est divisé entre les espèces et éparpillé entre les individus sans rien perdre de sa force, s'intensifiant plutôt à mesure qu'il avançait. [...] Or, plus on fixe son attention sur cette continuité de la vie, plus on voit l'évolution organique se rapprocher de celle d'une conscience, où le passé presse contre le présent et en fait jaillir une forme nouvelle, incommensurable avec ses antécédents<sup>33</sup>.

Bergson ne croyait pas, cependant, que ce processus d'évolution créative eût quelque dessein ultime, extérieur. S'il existait un Dieu du processus évolutif, il ne s'agissait pas d'un Dieu extérieur, mais d'un dieu qui se créait au fil même de l'évolution.

Les théories évolutives de Wallace et Bergson illustrent bien le genre de concepts susceptibles de voir le jour dès qu'on s'écarte de l'antithèse Paley-Darwin. Mais replongeons dans la vision mécaniste du monde, et le choix se rétrécit à nouveau ; il nous reste à opter pour l'intelligence créatrice du Grand Architecte, ou pour les mécanismes inertes aveugles de l'évolution darwinienne.

Mais pourquoi devrions-nous nous obstiner à faire entrer de force les organismes vivants dans des métaphores mécanistes ? Pourquoi ne les considérerions-nous pas pour ce qu'ils sont vraiment : des organismes vivants ?

### *Les organismes évolutifs*

Pendant plus de quatre-vingts ans, une alternative à la philosophie mécaniste de la nature s'est peu à peu développée : l'organicisme. Cette philosophie, parfois qualifiée d'holistique ou d'approche «des systèmes», est en un sens une forme nouvelle d'animisme : la nature est à nouveau vivante, et tous les organismes la constituant renferment leurs propres principes organisateurs. Ceux-ci ne sont plus assimilés à des âmes, comme dans la philosophie aristotélicienne, mais sont parés d'une série de noms tels que «propriétés systémiques», «principes d'organisation émergents», «schèmes avec connexions» ou encore «champs organisateurs». L'organicisme moderne diffère toutefois sur deux points essentiels de l'animisme prémécaniste : tout d'abord, il s'agit d'une notion postmécaniste se développant à la lumière des intuitions et découvertes de la science mécaniste ; ensuite, elle est de type évolutif.

Ainsi que l'a fait observer, en 1925, le philosophe Alfred North Whitehead :

Une philosophie évolutionniste consciencieuse est incompatible avec le matérialisme. La substance, ou matière, primitive sur laquelle se fonde une philosophie matérialiste est incapable d'évolution. Ce matériau est lui-même la substance ultime. L'évolution, dans la théorie matérialiste, n'est guère plus qu'un terme différent pour désigner les modifications des relations extérieures entre portions de matière. Rien n'est capable d'évoluer, car un ensemble de relations extérieures est aussi valable qu'un autre. Tout au plus peut-il y avoir un changement dépourvu d'intention et de toute notion de progrès. Mais l'élément majeur de la doctrine moderne est l'évolution des organismes complexes à partir d'états antérieurs d'organismes moins complexes. La doctrine nécessite donc de concevoir l'organisme comme le fondement de la nature<sup>34</sup>.

Pour Whitehead, les organismes sont des «structures d'activité» à tous les niveaux de complexité. Même les particules subatomiques, les atomes, les molécules et les cristaux sont des organismes, et sont donc, en un certain sens, vivants.

Du point de vue organiciste, la vie n'est pas quelque chose issu d'une matière morte, qu'il convient d'expliquer en fonction des facteurs vitaux du vitalisme. *Toute* la nature est vivante. Les principes organisateurs des organismes vivants diffèrent en degré mais non en type des principes organisateurs des molécules, des sociétés ou des galaxies. Ainsi que le dit Whitehead: «La biologie est l'étude des grands organismes, alors que la physique est l'étude des petits organismes<sup>35</sup>.» Ajoutons, à la lumière de la nouvelle cosmologie, que la physique est aussi l'étude de l'organisme cosmique englobant tout, et des organismes galactiques, stellaires et planétaires qui en sont issus.

L'univers nous met face à ce fait évident mais aux implications majeures. Il n'est pas confusion, il est organisé en unités qui retiennent notre attention, des unités plus grandes et plus petites en une série de «niveaux» discrets, que nous nommons, par souci de précision, une hiérarchie de tous et de parties. Le premier fait relatif à l'univers naturel est son organisation en système formé de systèmes du plus grand au plus petit – il en va de même pour chaque organisme individuel (Lancelot Law Whyte<sup>36</sup>).

Songez, par exemple, à une colonie de termites, organisme constitué d'insectes individuels, eux-mêmes organismes formés d'organes formés de tissus formés de cellules formées de systèmes subcellulaires organisés formés de molécules formées d'atomes formés d'électrons et de noyaux formés de particules nucléaires. On rencontre, à chaque niveau, des tous organisés, formés de parties qui sont elles-mêmes des tous organisés. Et à chaque niveau, le tout est plus grand que la somme de ses parties; il possède une intégrité irréductible.

Quels sont ces principes organisateurs intangibles, manifestes, à tous les niveaux de complexité, dans les organismes ou systèmes? Selon L. L. Whyte:

Un principe d'ordre, ou mieux, un processus d'agencement est présent à tous les niveaux; l'univers exprime une tendance à l'ordre, que je qualifierai de morphique; chez l'organisme viable cette tendance morphique devient la tendance à la coordination organique (que nous comprenons encore mal), et dans l'esprit humain sain, la quête d'unité qui donne naissance à la religion, à l'art, à la philosophie, et aux sciences<sup>37</sup>.

Il paraît évident, dans un univers évolutif, que les principes organisateurs de tous les systèmes, à tous les niveaux de complexité, ont évolué – les principes organisateurs des atomes d'or, des cellules bactériennes, des troupeaux d'oies, par exemple, ont tous vu le jour à un moment donné. Aucun d'entre eux n'existait activement à l'époque du Big Bang.

Mais étaient-ils déjà présents en tant qu'archétypes platoniciens transcendants, immatériels, attendant en quelque sorte le moment de se manifester dans l'univers physique? Ou sont-ils plus proches d'habitudes apparues avec le temps?

Telles sont les questions que nous examinerons dans les chapitres suivants. Nous commencerons par considérer les structures des molécules, des cristaux, des végétaux et des animaux et la manière dont elles ont vu le jour.

Je m'efforcerai, tout au long de ces pages, d'élaborer une nouvelle conception de la nature évolutive des choses. Nous reviendrons, dans les trois derniers chapitres, à une discussion de l'évolution de la vie et de l'univers physique, et nous conclurons en réfléchissant à la nature de la créativité évolutive.

La question éternelle de savoir si le processus évolutif a un dessein ultime demeurera toutefois ouverte.



# Chapitre 4

## La nature des formes physiques

### *La nature insaisissable de la forme*

Nous sommes confrontés, chaque jour, à d'innombrables formes différentes – des arbres, des personnes, des voitures, des cuillères, des écrits, des chats – et nous n'éprouvons aucune peine à distinguer l'une de l'autre. Pourtant, ces formes nous échappent dès que nous tentons de les cerner. Nous pouvons les reproduire dans des tableaux et des diagrammes, les photographier, les imaginer, les voir en rêve, mais les peser nous est impossible, elles n'influencent pas les cadrans de nos instruments de mesure. Elles diffèrent en cela de l'énergie, de la masse, du mouvement, de la charge électrique, de la température, et de toute autre quantité physique. Toute entité qu'il nous est donné de voir et d'éprouver par l'expérience possède des caractéristiques quantitatives, mais aussi une forme et une structure. Considérons une digitale. Elle a une position, une masse, une énergie et une température définies; des phénomènes électriques mesurables se produisent en elle; elle absorbe un certain pourcentage de la lumière environnante; elle libère une certaine quantité d'eau par heure, etc. Mais elle est plus qu'un ensemble de quantités et de pourcentages mesurables; elle est et demeure irréductiblement une digitale.

La plante absorbe en se développant de la matière et de l'énergie puisées dans son environnement; quand elle meurt, cette matière et cette énergie sont libérées, et la forme de la plante se désagrège et disparaît. La naissance et la désagrégation de la forme matérielle de la digitale n'exercent aucune influence sur la

quantité totale de matière et d'énergie présente dans le monde, mais produisent bel et bien une modification de l'organisation générale de la matière et de l'énergie.

Il est plus facile d'appréhender cette qualité insaisissable de la forme ou de l'organisation dans le cas d'objets de fabrication humaine. Ainsi une maison acquiert-elle, au fil de sa construction, une structure particulière. Celle-ci a germé dans l'esprit d'un individu et des architectes l'ont représentée symboliquement dans leurs plans. Cette forme demeure toutefois incompréhensible si on procède à une pesée, ou à une analyse chimique de la maison, des plans ou du cerveau de l'architecte. Elle ne se prêtera pas plus à interprétation si on démolit la maison pour examiner chacun de ses éléments. Les mêmes matériaux et la même quantité de labour permettent, en effet, de bâtir des maisons de formes et de structures différentes. Aucune de ces maisons ne pourrait exister sans les matériaux de construction ou sans l'énergie dépensée par les ouvriers; pourtant, ces éléments ne suffisent pas à expliquer leur forme. Alors, où rechercher cette explication? Si celle-ci existe matériellement dans la maison, elle n'en est pas pour autant matérielle. C'est un schème, ou un arrangement, ou une structure d'information susceptible d'être répété de façon plus ou moins exacte dans d'innombrables maisons individuelles, ou complexes immobiliers. Il s'agit plus d'une idée que d'une chose, mais elle n'en est pas moins essentielle à ces maisons et ne peut en être séparée; ce n'est pas une idée abstraite.

Tel est le paradoxe de toutes les formes matérielles. La forme est en un sens liée à la matière, mais l'aspect formel et l'aspect matériel sont également séparables. Chaque cuillère, par exemple, a la forme d'une cuillère, et c'est ce qui fait d'elle une cuillère. On trouvera cependant des cuillères en argent, en acier, en bois, ou en plastique; par ailleurs, la même matière peut servir aussi bien à fabriquer des cuillères que des fourchettes. Les cuillères vont et viennent, mais lorsqu'elles sont brisées ou fondues ou brûlées,



toute la matière et toute l'énergie les composant subsistent : l'existence ou la non-existence de cuillères ne modifie en rien ces réalités physiques fondamentales.

Lorsqu'on brûle une cuillère en plastique, par exemple, les atomes de carbone la constituant sont intégrés aux molécules de dioxyde de carbone en dispersion dans l'air. Imaginons le destin possible d'une de ces molécules. Elle peut être absorbée par une feuille d'ortie, et l'atome de carbone peut être ensuite assimilé par photosynthèse dans une molécule de sucre, puis par une série de transformations biochimiques dans une molécule protéique d'une des cellules de la feuille. Cette partie de la feuille peut être mangée et digérée par une chenille de paon-de-jour, et l'atome de carbone peut se retrouver, en définitive, dans une des molécules d'ADN du corps du papillon. Ce dernier pourrait être à son tour mangé et digéré par un oiseau, et ainsi de suite à travers d'interminables chaînes alimentaires et cycles du carbone.

La matière d'un atome de carbone peut s'intégrer à une infinité de formes différentes, naturelles ou artificielles : un cristal de diamant ou une molécule d'aspirine, un gène ou une protéine, un champignon ou une girafe, un téléphone ou un avion, un Russe ou un Américain. Il est donc impossible d'expliquer pleinement ces formes par rapport à leurs composants matériels ou à l'énergie qu'elles renferment. La forme semble se situer au-dessus et au-delà des composantes matérielles la constituant, mais en même temps, elle ne peut se manifester que par l'organisation de la matière et de l'énergie. Mais alors, qu'est-ce ?

### *Les philosophies de la forme*

Les philosophes occidentaux ont débattu la question de la forme pendant plus de deux millénaires ; les mêmes types d'arguments sont réapparus, siècle après siècle, et sont toujours vivaces de nos jours. Si nous voulons arriver à une conception évolutive

de la forme, nous devons dépasser les théories traditionnelles, non évolutives, qui exercent une influence profonde sur notre pensée.

Il existe essentiellement trois manières traditionnelles d'envisager la forme : platonicienne, aristotélicienne et nominaliste. Ainsi que nous l'avons vu au chapitre 2, les philosophes platoniciens considèrent les formes des choses matérielles comme des reflets de Formes éternelles, des Idées dans l'esprit de Dieu, ou encore des lois mathématiques transcendantes : la source de la forme est extérieure à l'objet matériel, ainsi d'ailleurs qu'au temps et à l'espace. En revanche, pour les aristotéliciens, les sources des formes matérielles sont immanentes à la nature, et non transcendantes. Les formes de tous les types d'organismes sont issues de principes organisateurs immatériels immanents aux organismes en question.

La tradition nominaliste est née dans l'Europe du Moyen Âge en réaction au platonisme et à l'aristotélisme ; depuis lors, les nominalistes et les empiristes forment pour ainsi dire un parti d'opposition face à la domination des aristotéliciens ou des platoniciens. Les nominalistes nous rappellent constamment que les mots, les catégories, les concepts et les théories sont des produits de l'esprit humain, ayant une tendance perpétuelle à assumer une vie propre, comme s'ils existaient également au-dehors de nos esprits. Nous donnons des noms aux choses (en latin *nom* se dit *nomen*, comme dans nominalisme), ces noms dépendent de conventions ou de convenances humaines ; ce qui ne signifie pas qu'ils se réfèrent à des choses ayant une existence indépendante, objective. Les entités que nous nommons chevaux, par exemple, se ressemblent sur tous les points importants, mais si nous disons qu'une forme « cheval » existe à l'extérieur comme à l'intérieur de nos esprits, nous faisons une duplication inutile. Nous violons le principe d'économie – le célèbre rasoir d'Occam, inventé au XIV<sup>e</sup> siècle par le nominaliste anglais Guillaume d'Occam. Ce rasoir mental fait fi des Idées platoniciennes et des substances aristotéliciennes.

Si toutes les formes et tous les concepts n'existent que dans nos esprits, nous ne disposons d'aucun moyen de savoir ce qui existe vraiment dans le monde et sous-tend les phénomènes de notre expérience; en réalité, un monde nominaliste ne nous permet de connaître aucune réalité objective indépendante de notre esprit et de notre langage, ceux-ci conditionnant toute connaissance.

Cette tradition philosophique a été particulièrement vivace en Angleterre; elle domine toujours, sous ses formes positivistes et empiristes, la philosophie académique anglo-saxonne. Elle s'est imposée dans le domaine scientifique, grâce à sa longue alliance avec le matérialisme. Ainsi, au XVII<sup>e</sup> siècle, Thomas Hobbes, réagissant en nominaliste, rejeta-t-il l'idée que les formes ont une existence objective extérieure à nos esprits, comme le prétendaient les platoniciens et les aristotéliens. Ces concepts philosophiques n'étaient que des mots<sup>1</sup>. Par ailleurs, Hobbes, réagissant cette fois en matérialiste, croyait en la réalité des atomes matériels en mouvement. Les réalités invisibles des autres philosophies de la nature n'étaient que des mots et des concepts vides de sens, en revanche les atomes invisibles du matérialisme étaient réels.

Cette alliance du nominalisme et du matérialisme engendra une doctrine désormais familière: les concepts, les noms et les idées n'existent que dans nos esprits, lesquels ne sont, à leur tour, que des aspects des processus matériels inhérents à nos corps – aspects en principe explicables en termes de matière en mouvement. Ainsi, les processus matériels par rapport auxquels doit se comprendre l'esprit sont, mystérieusement, plus réels que l'esprit qui produit l'explication. La matière est réelle d'une manière différente de celle de l'esprit qui la conçoit.

L'union du matérialisme et du nominalisme est inévitablement paradoxale; elle implique une tension interne permanente. En effet, les particules matérielles prêtent, elles aussi, le flanc à la critique nominaliste. Ne sont-elles pas des mots et des concepts issus de l'esprit humain? En conséquence, pourquoi auraient-elles plus de réalité ou d'existence objective qu'une autre catégorie ou

qu'un autre concept? Tout ce que nous pouvons savoir scientifiquement de la nature se résume à des observations et à des mesures. Or, celles-ci dépendent également de l'activité consciente d'individus, laquelle est elle-même dépendante des intérêts, des concepts et des théories humains. En réalité, la mécanique quantique nous a rappelé que toute observation implique nécessairement l'esprit des observateurs et ne peut donc être considérée comme un fait objectif, indépendant de l'activité humaine<sup>2</sup>.

À ce stade, nous ne sommes pas loin du solipsisme ou de l'idéalisme: tout est dans l'esprit. Pour le solipsiste, tout est dans son propre esprit; pour l'idéaliste, tout est dans un esprit universel ou absolu. Or les esprits humains, en particulier celui des physiciens, trouvent en eux-mêmes des principes d'ordre mathématiques possédant une curieuse qualité objective et intemporelle, ce qui nous ramène sans peine au platonisme<sup>3</sup>.

Considérons brièvement l'influence de ces philosophies traditionnelles de la forme sur la perception scientifique contemporaine des formes chimiques et biologiques.

### *Physique et chimie platoniciennes*

Quelle est la nature des formes atomiques, moléculaires et cristallines?

Ainsi que nous l'avons vu au chapitre 2, la physique s'est souvent inspirée de la vision platonicienne d'un ordre éternel, rationnel, transcendant l'univers physique. Les formes atomiques, chimiques et cristallines sont encore perçues, dans une large mesure, sous un angle platonicien.

Tout d'abord, les atomes des éléments, dont plus d'une centaine de types ont été identifiés, possèdent chacun un nombre caractéristique et inaltérable. Ainsi, l'hydrogène a-t-il le numéro atomique 1; le sodium, le 11; le plomb, le 82, etc. Si nous rangeons les symboles des atomes selon le numéro atomique, nous obtenons des séquences périodiques de longueur croissante:

2, 8, 8, 18, 18, 32 éléments. Cette classification mathématique est illustrée par le tableau périodique des éléments (Fig. 4.1). Les nombres atomiques sont aujourd'hui perçus en fonction des structures internes des divers types d'atomes; ils représentent le nombre de protons du noyau atomique; le plomb, par exemple, en compte 82. Les 82 charges positives de ces protons sont équilibrées par les 82 charges négatives des électrons, lesquels tournent en orbite permanente autour du noyau. C'est précisément ce nombre de protons et d'électrons qui caractérise l'atome de plomb sous sa forme électriquement neutre – s'il en possédait 83 ce ne serait plus du plomb mais du bismuth; s'il en possédait 81, ce serait du thallium.

|     |      |      |      |     |     |     |     |     |       |       |       |       |       |      |      |       |       |      |       |       |       |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |      |
|-----|------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|-------|-------|------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| 1 H | 2 He | 3 Li | 4 Be | 5 B | 6 C | 7 N | 8 O | 9 F | 10 Ne | 11 Na | 12 Mg | 13 Al | 14 Si | 15 P | 16 S | 17 Cl | 18 Ar | 19 K | 20 Ca | 21 Sc | 22 Ti | 23 V | 24 Cr | 25 Mn | 26 Fe | 27 Co | 28 Ni | 29 Cu | 30 Zn | 31 Ga | 32 Ge | 33 As | 34 Se | 35 Br | 36 Kr | 37 Rb | 38 Sr | 39 Y | 40 Zr | 41 Nb | 42 Mo | 43 Tc | 44 Ru | 45 Rh | 46 Pd | 47 Ag | 48 Cd | 49 In | 50 Sn | 51 Sb | 52 Te | 53 I | 54 Xe | 55 Cs | 56 Ba | 57 La | 58 Ce | 59 Pr | 60 Nd | 61 Pm | 62 Sm | 63 Eu | 64 Gd | 65 Tb | 66 Dy | 67 Ho | 68 Er | 69 Tm | 70 Yb | 71 Lu | 72 Hf | 73 Ta | 74 W | 75 Re | 76 Os | 77 Ir | 78 Pt | 79 Au | 80 Hg | 81 Tl | 82 Pb | 83 Bi | 84 Po | 85 At | 86 Rn | 87 Fr | 88 Ra | 89 Ac | 90 Th | 91 Pa | 92 U |
|-----|------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|-------|-------|------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|

Figure 4.1 Version de Niels Bohr du tableau périodique des éléments. Les nombres atomiques correspondent aux nombres de protons et d'électrons dans chaque type d'atome (d'après van Spronsen, *Elsevier Science Publishers B. V., Biomedical Division*, Amsterdam, 1969).

Les formes atomiques sont expliquées, à l'heure actuelle, en termes de physique quantique. La morphologie des différents types d'atomes est supposée entièrement déterminée par des lois théoriques déterminant, en principe, tous les détails de la structure des noyaux, ainsi que les orbites des électrons les entourant. En pratique, les calculs détaillés sont d'une complexité telle qu'ils ne peuvent être appliqués qu'à l'atome le plus simple, celui d'hydrogène – il ne comporte qu'un proton et un électron. Les physiciens n'en considèrent pas moins que, s'il était possible d'effectuer les calculs complets pour tous les autres types atomiques, ceux-ci démontreraient l'adéquation des théories existantes. Mais c'est une question de foi.

Quand les principes de la structure atomique furent élaborés, dans les premières décennies du  $xx^e$  siècle, l'univers était toujours supposé éternel, ainsi que les atomes et les lois les régissant. Aujourd'hui, on considère que les atomes évoluent avec le temps. Il fut un temps où il n'existait pas d'atomes de plomb, pas d'atomes de sodium ni d'atomes d'aucun type. Dans la mesure où les formes atomiques sont toujours appréhendées dans un esprit platonicien, le système périodique des éléments existait déjà avant le Big Bang ; au fil de l'évolution de l'univers, les différents types possibles de forme atomique ont acquis, un à un, une existence matérielle. Comme si les Formes éternelles des atomes attendaient l'occasion de se matérialiser dans le temps et dans l'espace.

Les formes des molécules, comme celles des atomes, sont, en général, assimilées à des Idées platoniciennes. Les chimistes les représentent symboliquement par des formules. Un type de formule, dite *rationnelle*, exprime les rapports numériques des atomes au sein d'une molécule ; le glucose, par exemple, est constitué de 6 atomes de carbone, 12 d'hydrogène et 6 d'oxygène :  $C_6H_{12}O_6$ . Cette formule rationnelle n'est toutefois pas propre au glucose ; plusieurs types de molécule de sucre présentent les mêmes rapports atomiques, lesquels sont disposés selon des

schèmes spatiaux différents, susceptibles d'être représentés par des formules *structurelles* (Fig. 4.2), et plus efficacement par des modèles tridimensionnels.

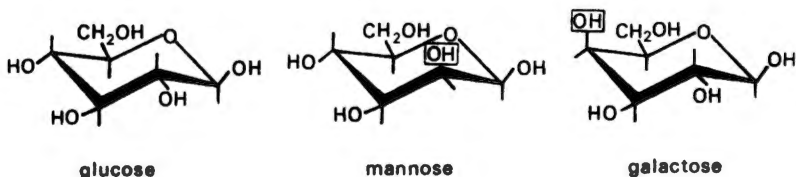


**Figure 4.2** Formules structurelles de trois types de molécule de sucre. Les traits représentent les liaisons chimiques. Les atomes de carbone sont présents à chaque section des quatre traits, et les atomes d'hydrogène à chaque extrémité des liaisons, là où il n'est indiqué aucun groupe d'hydroxyle (OH ou HO). Le mannose et le galactose diffèrent du glucose par la position d'un groupe d'hydroxyle, encadré dans le diagramme.

Il est de coutume de considérer comme établi le fait que les structures et les propriétés des molécules possèdent une réalité éternelle, indépendante de l'existence matérielle de ces composants. Ainsi, la conception orthodoxe veut-elle que toutes les caractéristiques d'un nouveau type de molécule puissent, en principe, être calculées avant même que la molécule soit jamais synthétisée par des chimistes; la structure et les propriétés de la molécule sont déterminées par des principes d'ordre transcendants, existant avant sa manifestation matérielle.

Nous verrons au chapitre 7 que la mécanique quantique et les autres théories de la physique moderne ne permettent pas de prédire de manière détaillée les structures et propriétés des molécules – par exemple, la structure tridimensionnelle des protéines. Le fait que celles-ci soient prédéterminées par des lois mathématiques intemporelles est une simple hypothèse, et plus encore le fait qu'elles soient tout à fait explicables en fonction des théories actuelles de la physique. Mais tant que cette hypothèse

sera acceptée, la chimie, la biochimie et la biologie moléculaire s'inscriront dans un paradigme platonicien.

De même que les chimistes étudient les formes et les propriétés des molécules, les cristallographes étudient les formes et les propriétés des cristaux. Chaque type de cristal possède un type caractéristique de structure symétrique ; les molécules et les atomes des cristaux sont arrangés en schèmes tridimensionnels répétitifs, dont la plus petite unité est la « cellule unitaire » du cristal.

Les diagrammes et modèles réalisés par les cristallographes (Fig. 4.3) sont, en un sens, des idéalizations de la structure physique réelle des cristaux, mais dans le contexte du platonisme, ce sont plus que de simples modèles créés par l'homme. Ce sont des représentations symboliques de la Forme archétype éternelle du cristal. L'existence de ce schème transcendant est antérieure aux cristaux étudiés par les cristallographes. Dans cet esprit, lorsque de nouveaux types de cristaux voient le jour pour la première fois, ils matérialisent des schèmes archétypes présents de toute éternité sous une forme non physique.

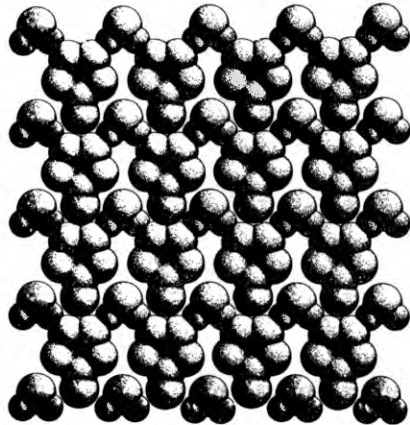


**Figure 4.3** Une couche d'un cristal de monohydrate de tétrazolate montrant l'arrangement répétitif des molécules de tétrazolate et d'eau (d'après Franke, 1966).



Cette attitude conventionnelle semble, de prime abord, relever de la métaphysique. Il n'en demeure pas moins qu'en tant qu'hypothèse scientifique, elle permet des prédictions vérifiables empiriquement. Elle suggère, par exemple, que, toutes choses étant égales, les cristaux d'un composé chimique nouvellement synthétisé devraient se former de la même manière et au même rythme moyen lors de la première cristallisation, que lors de la millièème ou de la milliardièème. Cette prédiction n'a jamais fait l'objet d'une vérification systématique, et rien ne nous autorise donc à affirmer que la réalité n'est pas tout autre. Nous reviendrons sur ce point au chapitre 7.

### *La biologie platonicienne*

Carl Linné a élaboré, au XVIII<sup>e</sup> siècle, un grand cadre systématique pour la biologie. Sa classification des espèces animales et végétales demeure, sous une forme élargie et modifiée, un des fondements de la biologie actuelle. Linné a groupé les espèces en une hiérarchie de catégories taxonomiques : espèce, genre, classe, ordre, etc. Plus on s'élevait dans la hiérarchie, plus les similitudes de formes étaient fondamentales. Ainsi, le chêne courant *Quercus robur* appartient-il au genre *Quercus*, qui comprend d'autres espèces de chêne, notamment le chêne vert, *Quercus ilex*. Ce genre appartient à la famille des Fagacées, qui comprend également les hêtres et les châtaigniers. Cette famille appartient à la classe des dicotylédones, des plantes à ovaire renfermant deux cotylédons dans la plantule (embryon) de leur graine. Avec les monocotylédones (qui comprennent les familles des herbes, des orchidées et des palmiers), ils forment les angiospermes, végétaux à fleurs, par opposition aux gymnospermes, végétaux porteurs de graines mais non de fleurs, tels que les conifères.

Linné croyait avoir eu le privilège de découvrir l'ébauche du plan divin de la création ; il était convaincu que le Créateur

rationnel avait formé les végétaux et les animaux selon un ordre significatif que l'homme lui-même pouvait reconnaître grâce à ce don divin qu'est la raison<sup>4</sup>.

Avant Darwin, l'étude comparative de la forme, la science de la morphologie, avait révélé de profondes similitudes entre les plans corporels, les squelettes et d'autres structures de vastes groupes d'organismes. Les «morphologistes rationnels» de cette période croyaient, comme Linné, que le règne biologique était compréhensible par la raison et qu'en lui se reflétaient des lois éternelles relatives à la forme et à l'organisation. Ils développèrent le concept de la forme typique ou archétype de chaque groupe d'organismes et appréhendèrent les espèces constituant le groupe comme des variations de ce thème archétype. On qualifiait de structures homologues celles qui se révélaient être des variations du même schème archétype (Fig. 4.4).

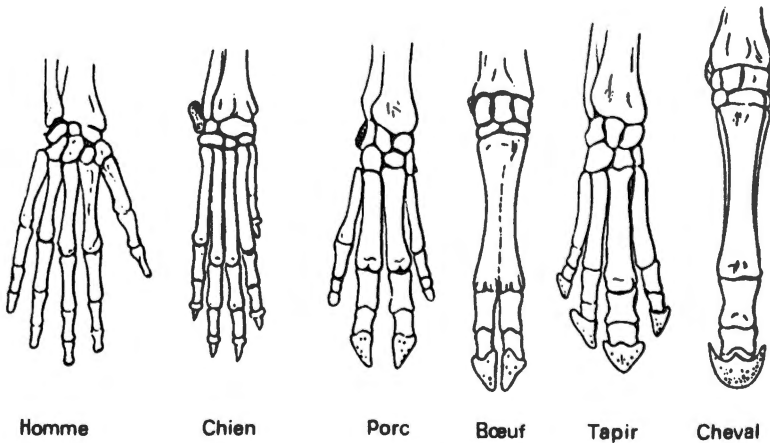


Figure 4.4 Squelettes de la main ou du membre antérieur de six espèces de mammifères. On voit qu'il s'agit de modifications d'un pied ancestral à cinq doigts (d'après Haeckel, 1910).

Dans son livre *On the Archetype and Homologies of the Vertebrate Skeleton* (*Archétypes et homologie des squelettes de vertébrés*), paru en 1848, Richard Owen a décrit la forme du vertébré idéal – créature imaginaire représentant l'essence du type, sans les détails spécifiques d'un animal réel. Tout comme Goethe avant lui avait essayé de visualiser la forme du végétal archétype, Owen désirait découvrir un principe d'unité dans le type – unité se situant à un niveau de réalité plus profond que le monde matériel. Sa compréhension des homologies lui permit de concevoir les embranchements évolutifs en termes de modifications d'un même schème fondamental ; par exemple, le membre antérieur des vertébrés se terminant par cinq doigts s'était transformé en nageoire chez la baleine, en aile chez la chauve-souris ou en main chez l'homme. Il avança, en se fondant sur les archives fossiles, que la structure des premiers membres de chaque classe était, en général, non spécifique ; l'évolution ultérieure de la classe impliquait le développement de variations spécifiques par rapport à ce thème structurel fondamental.

Owen ne croyait pas l'évolution des formes soumise à une sélection naturelle ; elle répondait plutôt à un plan rationnel. Des « causes » ou « lois » régissaient l'apparence de formes de vie nouvelles. Pour le grand naturaliste suisse Louis Agassiz, le développement séquentiel de formes vivantes était la manifestation de variations par rapport à des plans fondamentaux. Chaque type fondamental ainsi que la forme idéale de chaque variation spécifique par rapport à celui-ci étaient fixés en accord avec la volonté du Créateur<sup>5</sup>.

Darwin et ses successeurs rejetèrent de telles notions. Ils s'efforcèrent d'expliquer les formes archétypes et les homologies sur une base historique, par rapport à des ancêtres communs. L'interprétation darwinienne et néodarwinienne de l'évolution par synergie du hasard et de la sélection naturelle diffère radicalement d'un processus rationnel de transformation. Il n'est plus

question de tenter de comprendre l'évolution «d'un point de vue plus élevé et plus rationnel<sup>6</sup>».

La biologie ne s'est jamais soustraite totalement à l'influence des morphologistes rationnels. Au xx<sup>e</sup> siècle, D'Arcy Thompson a ajouté sa contribution à cette tradition, avec son étude classique, *On Growth and Form*, publiée en 1917, (*Forme et croissance*, Paris, Seuil, coll. «Science ouverte», 2009). Il a éclairé la notion de la forme des organismes par des considérations géométriques et des analogies physiques (Fig. 4.5); il a montré que, dans de larges groupes, les organismes pouvaient apparaître comme des perturbations ou des déformations mutuelles (Fig. 4.6). Ces transformations étaient ordonnées et paraissaient régies par des lois mathématiques. Ainsi, dans le cas des foraminifères: «Nous pouvons retracer de la manière la plus complète et la plus superbe qui soit le passage d'une forme à une autre.» Mais il ajouta: «Nous ne pouvons négliger de nous demander si nous sommes en droit de rattacher cette "évolution" au *temps* historique<sup>7</sup>.»

Brian Goodwin et Gerry Webster, notamment, prônèrent dans les années 1980 une approche de la forme biologique s'inscrivant dans cet esprit mathématique<sup>8</sup>. Ils espéraient qu'une telle appréhension de la génération de la forme chez les embryons en croissance permettrait de comprendre «le monde des formes naturelles et leurs relations en fonction d'une théorie de transformations génératives<sup>9</sup>». Ils reconnaissaient que cette approche évoquait l'esprit des morphologistes rationnels:

(Elle) s'efforce de mettre l'accent non plus sur le contingent et l'historique, qui privent la biologie de toute structure macroscopique intelligible, mais sur des principes généraux d'organisation et de transformation susceptibles de fournir à la biologie une taxonomie rationnelle et une théorie du changement évolutif dirigé<sup>10</sup>.

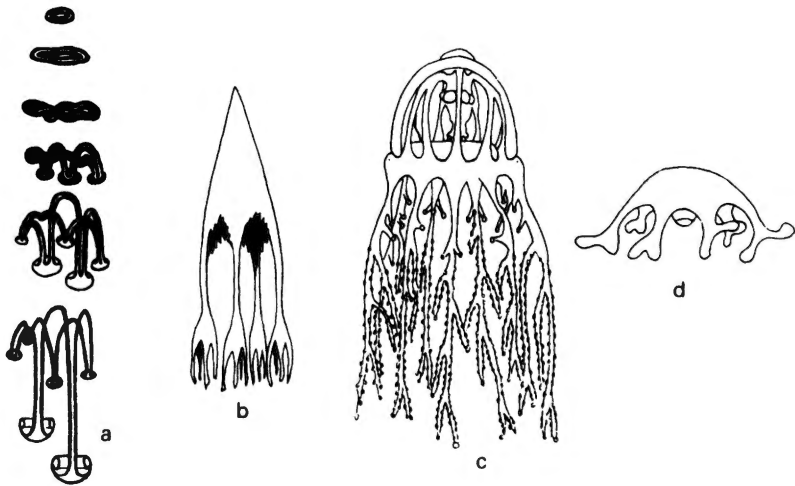


Figure 4.5 Comparaison par D'Arcy Thompson de gouttes tombant dans un liquide avec des formes de méduses. (a) gouttes d'encre tombant dans de l'eau, (b) goutte d'alcool amylique tombant dans de la paraffine, (c) *Cordylophora*, (d) *Cladonema* (d'après D'Arcy Thompson, *On Growth and Form*, Cambridge University Press, 1942 ; en français : *Forme et croissance*, Paris, Seuil, coll. «Science ouverte», 2009).

Dans la mesure où les organismes vivants se prêtent à une interprétation mathématique, l'aspect historique de la biologie passe à l'arrière-plan, comme en physique et en chimie. En règle générale, les chimistes ne se posent pas de questions sur les origines évolutives des atomes et des molécules ; ils se fient au paradigme platonicien. Une biologie platonicienne ressemblerait sur ce point à la physique et à la chimie, ainsi que Goodwin l'a clairement fait apparaître. Une taxonomie rationnelle «serait tout à fait indépendante de la séquence historique réelle d'apparition des espèces, des genres, et des phylums, tout comme le tableau périodique des éléments est indépendant de leur apparition historique et s'accommode d'une grande diversité de séquences possibles<sup>11</sup>».

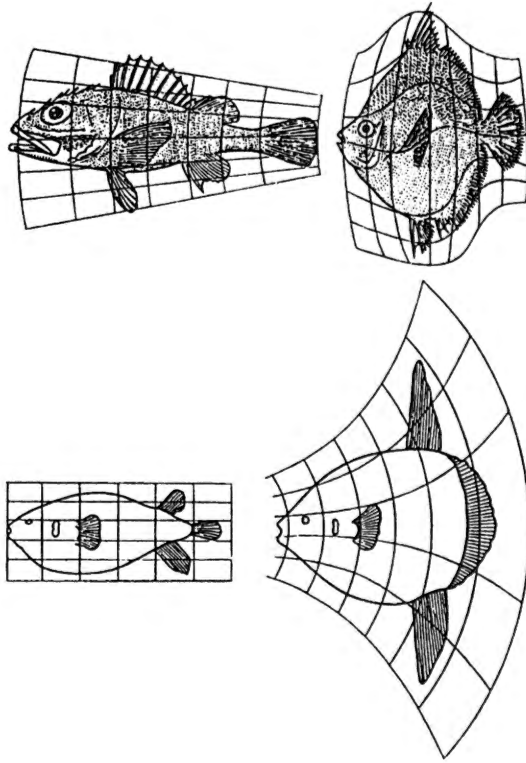


**Figure 4.6** Comparaison par D'Arcy Thompson d'espèces de poisson ; on voit comment la déformation de l'une peut en donner une autre. En haut à gauche, *Scorpaena*, à droite, *Antigonina capros* ; en bas à gauche, le hérisson de mer *Diodora*, à droite, le poisson-lune *Orthogoriscus mola* (d'après D'Arcy Thompson, *Forme et croissance*, Paris, Seuil, coll. «Science ouverte», 2009).

### *La biologie aristotélicienne*

Les mécanistes prétendent que les organismes vivants sont des machines inertes, les vitalistes affirment qu'ils sont véritablement... vivants. Les principes organisateurs inhérents aux

végétaux et aux animaux – les âmes d'Aristote – ont reçu une série de noms tels que facteurs vitaux, *nisus formativus* (élan formatif), ou entéléchie. Pour les vitalistes, ces facteurs vitaux immatériels organisent le corps et le comportement des organismes vivants d'une manière holistique et finalisée, poussant les organismes vers une actualisation de leurs formes et de leurs modes de comportement potentiels, et lorsque les organismes meurent les facteurs vitaux les quittent.

Le vitalisme est rarement prôné de manière explicite de nos jours, pourtant il exerce une influence profonde et souvent inconsciente sur la pensée des biologistes. En biologie contemporaine, les entités théoriques telles que des programmes génétiques et des «gènes égoïstes» jouent des rôles similaires aux facteurs vitaux, ainsi que nous le verrons au chapitre suivant.

La philosophie organiciste de la nature présente maints points communs avec la tradition aristotélicienne. Elle est plus radicale que le vitalisme en ce sens que, pour elle, les organismes à tous les niveaux de complexité – des particules subatomiques aux galaxies, et même à l'ensemble du cosmos – sont vivants. Les rôles organisateurs qu'on avait coutume d'attribuer aux âmes et aux facteurs vitaux sont désormais appréhendés en termes de propriétés systémiques, de schèmes d'information, de principes organisateurs émergents, ou de champs organisateurs.

Le concept des champs morphiques développé dans ces pages représente une tentative pour comprendre de tels champs organisateurs dans un esprit évolutionniste.

### *La biologie matérialiste*

La théorie mécaniste de la vie fournit l'approche orthodoxe de la forme biologique.

Ainsi que nous l'avons vu au chapitre 2, la vision mécaniste du monde est née d'une synthèse des philosophies de la nature

platonicienne et matérialiste : d'une part la nature est régie par des lois éternelles, non matérielles, d'autre part toute réalité physique repose sur les atomes permanents de la matière. Une accentuation de l'aspect matérialiste de cette synthèse conduit à une approche réductionniste, à une tentative visant à ramener des systèmes complexes à d'autres moins complexes. Du point de vue atomiste, plus la position d'une entité est basse dans la hiérarchie d'ordre, plus elle est réelle ; l'atomisme insiste sur la réalité matérielle suprême des particules matérielles les plus petites et les plus fondamentales.

En pratique, il n'existe, en biologie mécaniste, aucune tentative visant à réduire les phénomènes vitaux au niveau des particules fondamentales de la physique moderne ; la réduction au niveau moléculaire est, en général, considérée comme suffisante. La réduction, à partir des molécules, est censée aller de soi : les structures et les propriétés des molécules se réduisent aux propriétés des atomes et des particules subatomiques ; elles se soumettent, en principe, aux théories actuelles de la physique.

### *La morphogenèse*

Nous avons considéré, jusqu'à présent, les principales approches théoriques de la forme biologique. Les platoniciens s'efforcent de la comprendre en termes d'archétypes transcendants ou de lois mathématiques éternelles ; les aristotéliens, en termes de principes organisateurs non matériels immanents aux organismes vivants ; les matérialistes, en termes de propriétés moléculaires, et surtout de gènes chimiques. Nous nous demanderons au chapitre suivant de quelle manière les formes vivantes voient vraiment le jour, et comment les diverses théories s'accordent aux faits. La morphogenèse est la naissance de la forme (des mots grecs *morphe*, forme, et *genesis*, naissance).

Presque tout le monde s'accorde à dire qu'une compréhension de la morphogenèse est indispensable à une compréhension plus



## LA NATURE DES FORMES PHYSIQUES

profonde de la nature de la vie ; or, nous connaissons encore mal cette question. Mais un point est clair : toute théorie satisfaisante de la morphogenèse doit prendre en compte le fait que toutes les formes biologiques ont évolué. La morphogenèse est ancrée dans une histoire ancestrale. Cela ressort de manière évidente non seulement de l'étude de l'histoire évolutive, mais encore des processus mêmes du développement embryonnaire. Ainsi, chacun de nous traverse, au stade d'embryon, une phase poisson avec fentes branchiales ; celle-ci semble évoquer d'une certaine manière le développement embryonnaire des poissons ancestraux dont nous descendons ou dont nous nous élevons.

L'explication conventionnelle de la base évolutive de la morphogenèse parle, bien entendu, d'héritage de gènes chimiques. L'hypothèse de la causalité formative implique une vision plus vaste de l'hérédité, et appréhende l'héritage de la forme organique – y compris les formes des molécules – en termes d'héritage de champs organisateurs dotés d'une sorte de mémoire innée. De ce point de vue, les organismes vivants tels que les blaireaux, les saules, les vers de terre, héritent non seulement de gènes mais encore d'habitudes de développement et de comportement des membres passés de leur espèce, ainsi que de la longue série d'espèces ancestrales dont celle-ci émerge.



# Chapitre 5

## Le mystère de la morphogenèse

### *Le problème irrésolu de la morphogenèse*

La forme et l'organisation des végétaux et des animaux se font de plus en plus complexes au fil de leur développement. De quelle manière cela se produit-il ? Voilà qui demeure un mystère.

D'un point de vue matérialiste, la source de la forme d'un organisme doit être présente, d'une manière matérielle quelconque, dans l'œuf fertilisé. Cette théorie a vu le jour au XVIII<sup>e</sup> siècle, dans le cadre de la doctrine de la préformation. Ses partisans prétendaient que l'œuf renferme une version réduite de l'organisme adulte, laquelle se développe et se déploie par la suite. Cette théorie de la préformation se révéla erronée. Elle fut toutefois ravivée, sous une forme subtile, vers la fin du XIX<sup>e</sup> siècle, dans le cadre de la doctrine du plasma germinatif. Sous sa forme moderne, le plasma germinatif est identifié aux gènes chimiques. Le débat consiste désormais à savoir si les gènes contrôlent et dirigent véritablement les processus de la morphogenèse. Les gènes fournissent-ils une explication suffisante ou le développement dépend-il aussi de principes organisateurs immatériels ? Et si tel est le cas, quels sont-ils, et comment fonctionnent-ils ?

Nous retracerons, dans ce chapitre, l'histoire de ce long débat et examinerons ses manifestations actuelles. Dans l'ensemble, les mécanistes refusaient d'admettre l'existence des principes organisateurs finalisés chers aux vitalistes, lesquels leur trouvaient alors des formes plus subtiles : plasma germinatif, gènes égoïstes, programmes génétiques, schèmes d'information, représentations internes, etc.

La discussion qui suit vise à resituer la notion de champs morphogénétiques dans son contexte biologique; nous explorerons au chapitre suivant la nature de ces champs.

### *Les organismes ne sont pas préformés*

Selon les partisans de la préformation, les œufs fertilisés renfermaient les organismes en très petit. Le développement n'était que croissance et dépliement de structures matérielles préexistantes. Ce processus hypothétique fut nommé «évolution».

Aux XVII<sup>e</sup> et XVIII<sup>e</sup> siècles, les préformationnistes divergeaient sur un point : ces organismes en miniature étaient-ils le produit de l'œuf ou du spermatozoïde ? La majorité optait pour cette dernière éventualité. D'aucuns pensaient même avoir réussi à démontrer leur hypothèse ; ils avaient vu ce qu'ils cherchaient. Ainsi, l'un d'entre eux avait-il observé au microscope des chevaux miniatures dans des spermatozoïdes de cheval ; d'autres, des animaux semblables avec de grandes oreilles dans des spermatozoïdes d'ânes<sup>1</sup>. De même, la foi permettait à d'autres encore de distinguer de minuscules homuncules dans les spermatozoïdes humains (Fig. 5.1).

Cette théorie proposait une explication d'une simplicité satisfaisante au développement des organismes individuels, pourtant elle se heurtait à des difficultés théoriques majeures quand il lui fallait expliquer la succession des générations. En effet, si un lapin, par exemple, naît d'un lapin miniature présent dans un œuf fertilisé, ses propres cellules germinatives doivent renfermer des lapins miniatures, et celles-ci doivent à leur tour renfermer une série infinie de générations futures. Au début du XVIII<sup>e</sup> siècle, un adversaire de la préformation a calculé que le premier lapin devait en renfermer quelque  $10^{100\,000}$ , en supposant que le monde a six mille ans et que les lapins commencent à se reproduire à l'âge de six mois<sup>2</sup>.



**Figure 5.1** Spermatozoïde humain contenant un homuncule, tel que l'observa dans son microscope un chercheur du XVIII<sup>e</sup> siècle (d'après Cole, 1930).

La théorie de la préformation fut, en définitive, réfutée par les faits empiriques. L'observation du développement embryonnaire révéla que de nouvelles structures apparaissent là où elles n'existaient pas au préalable<sup>3</sup>. En 1768, Caspar Friedrich Wolff montra que dans les embryons de poulet, «l'intestin se forme par la pliure des couches de tissu qui se détache de la surface ventrale de l'embryon, cette pliure donnant une gouttière qui, au cours du temps, se referme pour former un tube entièrement fermé<sup>4</sup>».

Vers le milieu du XIX<sup>e</sup> siècle, l'embryologie se raffinant, le développement apparut *épigénétique*, en d'autres termes, impliquant l'apparition de structures matérielles qui n'étaient pas présentes auparavant (Fig. 5.2).

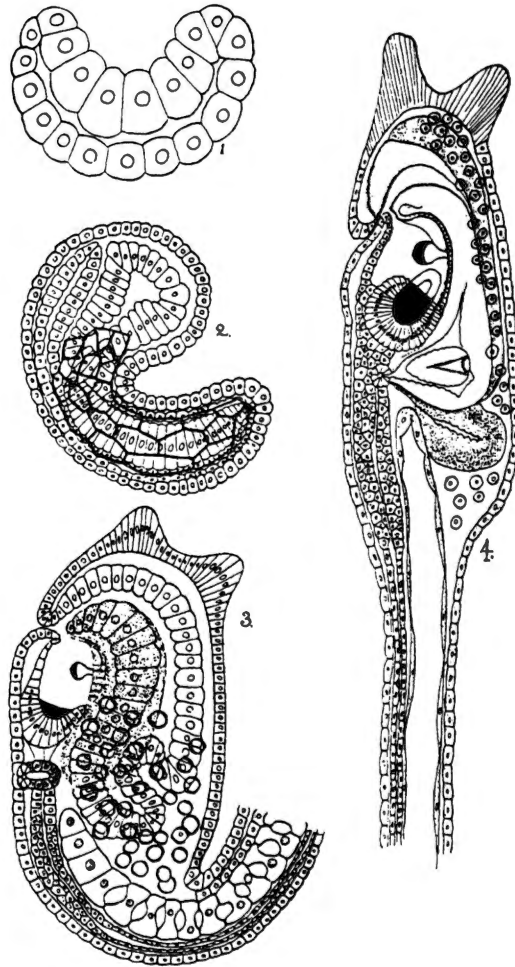


Figure 5.2 Phases du développement embryonnaire d'une ascidie  
(d'après Russell, 1916).

L'épigenèse correspond exactement à ce qu'annonçaient les théories platonicienne et aristotélicienne, lesquelles n'ont jamais supposé que la forme d'un organisme était entièrement contenue dans la matière de l'œuf fertilisé. En revanche, l'épigenèse pose

problème du point de vue mécaniste. D'une manière ou d'une autre, plus de forme matérielle doit émerger de moins. Les embryons doivent, en quelque sorte, se former eux-mêmes par leurs propres bootstraps matériels<sup>5</sup>.

Le phénomène de la régénération soulève la même difficulté. En effet, ici, comme dans le cas du développement embryonnaire, des formes plus complexes peuvent être engendrées par d'autres qui le sont moins ; ainsi, un saule tout entier peut-il se régénérer à partir d'une simple bouture.

### *La régénération de la plénitude*

Pour les partisans de la préformation, l'organisme se développe par une sorte d'inflation de sa forme miniaturisée originale. Mais si tel était le cas, comment pourrait-il régénérer ses parties détruites ? Prenons une analogie grossière, une poupée gonflable pourrait-elle régénérer un bras arraché ?

Or, certains organismes ont la capacité de régénérer des membres perdus – cette même aptitude ne pourrait-elle expliquer leur développement originel ? Hartsoeker a exprimé cette opinion sans détour en 1722 : « Une intelligence capable de reproduire la patte perdue d'une écrevisse est capable de produire l'animal tout entier<sup>6</sup>. »

La capacité de régénération est, en réalité, une des caractéristiques les plus fondamentales des organismes vivants, et toute théorie de la vie doit s'employer à l'expliquer. Chaque organisme possède un pouvoir régénérateur, même si celui-ci ne s'exprime que durant son jeune âge ou ne concerne que certains tissus. Ainsi régénérons-nous en permanence notre sang, notre paroi intestinale, notre peau ; nos plaies se cicatrisent ; nos os brisés se ressoudent ; divers nerfs se régènèrent, et de nouveaux tissus hépatiques se développent lors de l'ablation partielle du foie<sup>7</sup>. De nombreux animaux inférieurs possèdent une aptitude régénérative

leur permettant de reproduire des créatures complètes à partir d'éléments de celles-ci. Coupez, par exemple, un ver de terre en morceaux, chacun – tête, queue, segment latéral, ou simple «tranche» – produira un ver complet (Fig. 5.3). D'innombrables végétaux sont capables de former de nouvelles plantes à partir d'éléments séparés; des milliers de boutures peuvent être prélevées sur un saule, et chacune sera en mesure de donner un nouveau saule.

Le processus de régénération révèle que les organismes possèdent, en quelque sorte, une plénitude qui est plus que la somme de leurs parties; l'ablation de divers organes n'empêche pas la restauration de cette plénitude. Un morceau de ver de terre est plus qu'une partie d'un tout matériel; il possède une sorte de plénitude implicite transcendant la structure matérielle véritable: s'il se trouve isolé du reste du ver, il pourra produire un ver entier. La capacité de régénération est sans conteste l'un des points essentiels sur lesquels les organismes vivants diffèrent des machines. Aucun objet produit par l'homme ne possède cette capacité. Coupez un ordinateur en morceaux, aucune de ses parties ne produira un nouvel ordinateur – chacune demeurera une pièce d'un ordinateur endommagé. Il en va de même pour les automobiles, les téléphones et tout autre type de machinerie.

Certains systèmes physiques dotés de propriétés holistiques survivent pourtant à l'ablation de parties. Brisez un aimant, chacune de ses parties constituera un aimant complet doté d'un champ magnétique intégral. De même, prélevez une partie d'un hologramme – soit un enregistrement physique de schèmes d'interférence dans le champ électromagnétique –, elle reproduira l'ensemble de l'image originale.

De telles analogies physiques illustrent des phénomènes de champ. Les champs ne sont pas des objets matériels, mais des régions d'influence. Le développement épigénétique et les aptitudes régénératrices des organismes vivants dépendent-ils de



champs, ou de sortes de champs, auxquels ils seraient associés ?  
Ou sont-ils le produit d'objets matériels présents dans l'œuf dès l'origine ?

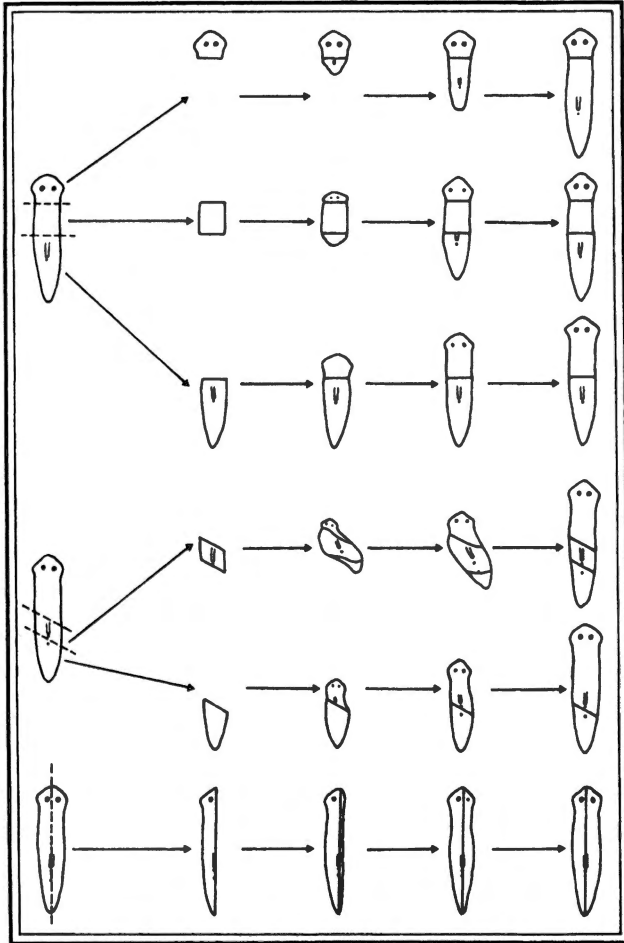


**Figure 5.3** Régénération de vers de terre complets  
(du genre *Planaria*) à partir de morceaux coupés  
comme indiqué sur la gauche du schéma  
(d'après Morgan, 1901).

Poursuivons le débat en nous intéressant à la théorie du plasma germinatif, puis à celle de l'entéléchie de Hans Driesch, réplique vitaliste à la précédente.

### *Le plasma germinatif*

Il fallut renoncer à la vision originale de la préformation, la théorie s'étant révélée fausse. Elle refit toutefois surface sous une forme subtile, dans les années 1880. August Weismann suggéra que les œufs fertilisés renfermaient des structures matérielles, ne présentant pas la forme véritable de l'organisme adulte, mais lui donnant néanmoins naissance. Ces structures se trouvaient dans ce qu'il nomma le plasma germinatif.

Weismann établit une distinction fondamentale entre le protoplasme nourricier et le plasma germinatif. Ce dernier, «structure hautement complexe», était doté du «pouvoir de se développer en un organisme complexe<sup>8</sup>». C'était le réservoir de toutes les causes spécifiques de forme observées dans l'organisme adulte : chaque partie spécifique de l'organisme était engendrée par une unité matérielle spécifique, nommée déterminant.

Le protoplasme, en revanche, est la partie de l'organisme formée et façonnée par le plasma germinatif. Ce dernier est l'agent actif auquel le protoplasme réagit de manière passive. Le plasma germinatif affecte le protoplasme, mais l'inverse n'est pas vrai. Ce processus est représenté par le diagramme de la figure 5.4, qui met l'accent sur l'immortalité potentielle du plasma germinatif, et sur la mortalité des organismes auxquels il donne naissance.

Chez les animaux, les cellules germinatives embryonnaires se séparent relativement tôt du reste de l'organisme, et selon Weismann il n'y avait pas transfert d'information de l'organisme aux cellules germinatives ; ce qui se produisait dans l'organisme ne pouvait entraîner de modification du plasma germinatif. Seules les caractéristiques innées se transmettent à la descendance ;

les caractéristiques acquises par suite de l'adaptation à l'environnement ou par développement d'habitudes nouvelles sont intransmissibles. Nous reviendrons, au chapitre 8, sur la question de l'héritage «lamarckien» des caractéristiques acquises. Mais pour Weismann, un tel héritage était tout simplement impossible.

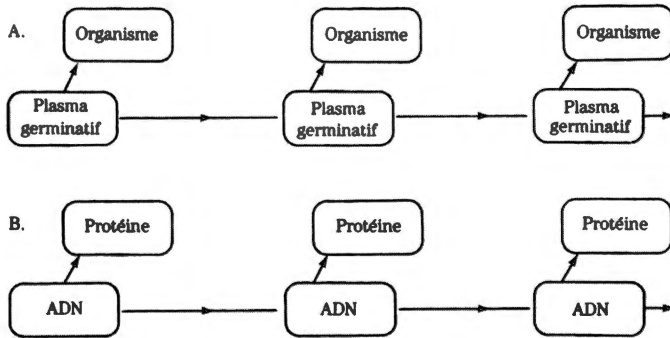


Figure 5.4 A. Diagramme de Weismann illustrant la continuité du plasma germinatif de génération en génération, et la nature éphémère des organismes adultes. B. Le «dogme central» de la biologie moléculaire, dans lequel le diagramme de Weismann est interprété en termes d'ADN et de protéines.

Chez les végétaux, les cellules germinatives ne se séparent pas du reste de l'organisme à un stade précoce du développement, comme c'est le cas chez la plupart des animaux. Le pollen et les ovules se forment dans les bourgeons floraux, qui apparaissent sur les rameaux en développement. Pourtant, les principes théoriques de Weismann étaient (et sont toujours) considérés comme s'appliquant également aux végétaux.

Weismann croyait que les déterminants de chaque partie de l'organisme étaient distribués à divers tissus embryonnaires au cours du développement. Chacun ne recevait pas une version miniaturisée de la structure adulte, comme dans le cadre de la

préformation, mais la structure matérielle du déterminant «dirigeait» pour ainsi dire la formation de la structure adulte.

Cette théorie fut reprise par Wilhelm Roux, père de la «mécanique du développement». Roux postula que l'embryon précoce est semblable à une mosaïque contenant des parties se développant de manière indépendante, et néanmoins en harmonie mutuelle.

Cette théorie ne tarda pas à se révéler inexacte. Dans les années 1890, l'embryologiste Hans Driesch constata que lorsqu'on amputait de moitié un jeune embryon d'oursin, la moitié préservée ne donnait pas naissance à un demi-oursin, comme le prévoyait la théorie de Roux; elle s'adaptait à la situation et formait un organisme petit mais complet. Driesch démontra, par ailleurs, que si deux jeunes embryons étaient réunis de façon artificielle, ils ne produisaient pas un double oursin, mais un oursin normal<sup>9</sup>.

Cette aptitude des embryons à s'adapter aux lésions subies se nomme régulation. Elle est étroitement liée à la régénération. On a découvert de nombreux exemples de régulation ontogénique depuis l'époque de Driesch, non seulement chez les très jeunes embryons, mais encore dans les organes en développement d'embryons plus âgés. Ainsi, les ailes d'embryons de poulet ont-elles la capacité de s'adapter et de produire des ailes normales en dépit de lésions graves.

Driesch fit remarquer que cette aptitude à la régulation des embryons démontrait que leurs différentes parties ne se développaient pas d'une manière indépendante, strictement prédéterminée. Elles s'adaptaient plutôt les unes aux autres. Elles pouvaient modifier leur développement, en cas de lésions d'autres parties; des cellules qui auraient donné naissance à une structure particulière chez un embryon normal pouvaient en engendrer une autre si les circonstances le nécessitaient. Ainsi, Driesch a-t-il réfuté la théorie originale de Weismann, selon laquelle des

déterminants étaient progressivement distribués dans les tissus embryonnaires en développement.

Les études des chromosomes (des structures en forme de bâtonnet du noyau cellulaire) ont cependant fait apparaître, vers la fin du XIX<sup>e</sup> siècle, que le noyau cellulaire renfermait le support matériel de l'hérédité. Weismann a donc identifié le plasma germinatif aux chromosomes<sup>10</sup>. La redécouverte, en 1900, du travail de Gregor Mendel permit le développement de la génétique, et les déterminants de Weismann furent identifiés aux gènes. La théorie du plasma germinatif trouva une nouvelle confirmation avec la découverte de la structure du matériel génétique, l'ADN, et de la manière dont il «codifie» la séquence d'acides aminés dans les protéines. Des substances biochimiques bien définies, l'ADN et les protéines, pouvaient remplacer le plasma germinatif et le protoplasme dans le diagramme de Weismann (Fig. 5.4). Ce diagramme illustre le dogme central de la biologie moléculaire : le matériel génétique sert de matrice à la synthèse des protéines, mais jamais l'inverse. Cela exclut, comme dans le diagramme original de Weismann, la possibilité d'une transmission des caractéristiques acquises. Ni la forme, ni la fonction, ni le comportement de l'organisme ne peuvent exercer la moindre influence spécifique sur la constitution génétique, ou génotype.

La théorie de l'évolution de Darwin acceptait la notion de transmission des caractéristiques acquises. Darwin lui-même suggéra, dans sa théorie de la panspermie, que les cellules germinatives étaient modifiées par incorporation de «gemmules» de différentes parties de l'organisme<sup>11</sup>. La théorie néodarwinienne diffère de celle de Darwin puisqu'elle intègre les principes de Weismann. Elle établit, en effet, une distinction entre génotype – la constitution génétique – et phénotype – l'organisme tel qu'il apparaît en réalité. C'est le génotype qui évolue et détermine le phénotype. En conséquence, «une théorie du développement

devrait effectivement nous permettre d'évaluer l'organisme adulte sur base de l'information génétique contenue dans l'œuf<sup>12</sup>».

Cette affirmation a été publiée en 1975, avant qu'il ne soit possible de déterminer de manière détaillée, sur le plan moléculaire, les «informations génétiques contenues dans l'ovule». Qu'est-il advenu de cet idéal dans les décennies suivantes? En 2009, les génomes de dizaines d'espèces avaient été entièrement déchiffrés, y compris le génome humain. Mais il était toujours impossible de faire des calculs prévisionnels portant sur l'embryon et Lewis Wolpert a admis en 2009 qu'«au vu du génome de l'ovule, nous ne pouvons prédire la manière dont l'embryon va se développer». Mais au vu du nombre bien plus important d'informations et de l'énorme capacité de calcul dont on disposait, il croyait quand même la chose suivante: «Nous serions capables, à partir d'un ovule humain fécondé, d'avoir une représentation de tous les détails du nouveau-né, y compris de toute anomalie. Nous serions aussi capables de programmer l'ovule afin qu'il se développe exactement comme nous le souhaitons. Un jour viendra où cela sera possible<sup>13</sup>.» Il déclarait ainsi de manière retentissante sa foi dans le rôle des gènes et dans leur capacité d'explication. Mais la foi de Wolpert va bien au-delà des réalisations véritables de la biologie du développement et elle fait désormais l'objet d'un pari entre Wolpert et moi-même, relayé dans le numéro de juillet 2009 de la revue *New Scientist*. L'enjeu est une caisse de bon porto<sup>14</sup>. Le pari est le suivant: «D'ici au 1<sup>er</sup> mai 2029, à partir du génome de l'ovule fécondé d'un animal ou d'une plante, nous serons capables de prédire au moins une fois tous les détails concernant l'organisme qui va se développer à partir de cet ovule, y compris toute anomalie.»

Wolpert parie que cela va se produire. Personnellement, je parie que non.

## *L'entéléchie*

Les biologistes contemporains présentent le plus souvent le vitalisme comme une sorte de superstition, qu'ont balayé les progrès de l'intelligence rationnelle<sup>15</sup>. On a coutume de faire remonter le discrédit du vitalisme à la première synthèse de chimie organique, celle de l'urée, par Friedrich Wöhler, en 1828, et d'affirmer que le mouvement n'a cessé de s'accélérer depuis lors. Jacques Monod a exprimé cette conception conventionnelle en ces termes :

Les développements de ces vingt dernières années en biologie moléculaire ont singulièrement rétréci le domaine des mystères, ne laissant plus guère, grand ouvert aux spéculations vitalistes, que le champ de la subjectivité : celui de la conscience elle-même. On ne court pas grand risque à prévoir que, dans ce domaine pour l'instant encore « réservé », ces spéculations s'avéreront aussi stériles que dans tous ceux où elles se sont exercées jusqu'à présent<sup>16</sup>.

Pourtant, la plupart des vitalistes du XIX<sup>e</sup> siècle n'ont jamais nié que les organismes vivants renfermassent des substances chimiques susceptibles d'être analysées et synthétisées artificiellement. Le grand chimiste Justus von Liebig lui-même a affirmé que, bien que d'innombrables substances organiques puissent être synthétisées en laboratoire, la chimie ne serait jamais en mesure de créer un œil ou une feuille. Ceux-ci étaient, croyait-il, les produits d'une cause organisant les substances chimiques selon « de nouvelles formes, de manière à ce qu'elles acquièrent de nouvelles qualités – formes et qualités n'apparaissant que dans l'organisme<sup>17</sup> ».

Des notions aussi vagues que celles-ci étaient courantes au XIX<sup>e</sup> siècle ; il fallut attendre les années 1900 pour que Driesch élabore une théorie vitaliste plus détaillée. Le début de sa carrière

s'inscrit dans la tradition mécaniste de l'école de mécanique du développement, mais il en arriva à la conclusion que les faits relatifs à la régulation ontogénique, à la régénération et à la reproduction révélaient que «quelque chose» possédant une plénitude inhérente agissait *sur* le système vivant, sans être pour autant une *partie* matérielle de celui-ci. Il baptisa entéléchie ce facteur causal de nature non matérielle, en hommage à Aristote. L'entéléchie lui paraissait finalisée ou téléologique, dirigeant des processus physiques soumis à son influence vers des objectifs immanents<sup>18</sup>.

Selon Driesch, l'entéléchie guide la morphogenèse de l'organisme en développement vers la forme caractéristique de son espèce. Les gènes sont responsables de la fourniture des *moyens* matériels de la morphogenèse, des substances chimiques à ordonner, mais l'ordonnancement lui-même est dû à l'entéléchie. Toujours selon Driesch, le système nerveux fournit les moyens du comportement d'un animal, mais l'entéléchie organise son activité, l'utilisant comme instrument, à la manière dont un pianiste joue du piano. Le comportement peut être affecté par des lésions cérébrales, de même que la musique interprétée par le pianiste peut être affectée par des dommages infligés à son instrument; mais cela ne prouve rien, sinon que le cerveau est un outil nécessaire à la production du comportement, comme le piano est un outil nécessaire au pianiste.

L'entéléchie «contient» l'objectif vers lequel est dirigé un processus soumis à son contrôle. Par conséquent, une perturbation d'un schème de développement normal amènera l'organisme à trouver une voie détournée pour atteindre son objectif: il procédera à une régulation ou à une régénération.

Driesch suggéra que le développement et le comportement sont soumis au contrôle d'une hiérarchie d'entéléchies, toutes dérivées de – et en définitive subordonnées à – l'entéléchie globale de l'organisme. Pour lui, ces entéléchies n'étaient pas des entités «métaphysiques» ou «mystiques» mais des facteurs



causals *naturels* agissant sur des processus physiques et chimiques, imposant ordre et organisation à des changements autrement indéterminés. Il développa toutefois cette théorie à une époque où la physique classique dominait toujours la science ; on croyait alors que les processus physiques étaient déterministes et, en principe, prévisibles. Si tel était le cas, il n'y aurait pas place pour l'action de l'entéléchie, car les processus physiques et chimiques au sein des organismes seraient déjà pleinement déterminés par les lois de la physique.

Driesch en arriva donc à la conclusion suivante : pour que l'entéléchie soit en mesure d'imposer de l'ordre aux processus inhérents aux organismes vivants, ces processus devaient être physiquement indéterminés, du moins à une échelle microscopique. Un tel indéterminisme étant contraire à la physique de son époque, Driesch suggéra que l'entéléchie *elle-même* l'introduisait dans les organismes – elle y parvenait en affectant le timing des processus physico-chimiques. Elle les suspendait, puis les relibérait selon ses intentions<sup>19</sup>.

Cette suggestion fut perçue comme une faille dans le système de Driesch. Dans le contexte de l'orthodoxie dominante, toute interférence avec le déterminisme physique était irrecevable et l'hypothèse de Driesch paraissait relever de l'impossible.

Il est ironique que, vers la fin des années 1920, à une époque où le vitalisme paraissait discrédité à jamais aux yeux de la plupart des biologistes, la physique vécut une métamorphose profonde. Heisenberg avança son principe d'incertitude en 1927 et la théorie quantique fit clairement apparaître que les événements physiques ne sont pas pleinement déterminés au niveau microscopique – ils sont prévisibles uniquement de manière statistique en termes de probabilités. L'entéléchie ne devait plus introduire l'indéterminisme dans les organismes vivants pour que ses effets organisateurs soient possibles : l'indéterminisme était, de toute manière, inhérent à leur nature physique.

Driesch reconnaissait volontiers que certains aspects des organismes vivants se prêtaient à une explication mécaniste; il était conscient de l'importance des enzymes et autres protéines, et pensait que les gènes seraient en définitive compris en termes chimiques. Des découvertes ultérieures lui ont donné raison. Il prétendait, par ailleurs, que le mécanisme ne permettrait jamais de comprendre pleinement le développement et le comportement; lesquels ne se prêteraient qu'à une interprétation en termes de principes organisateurs finalisés. Cette prédiction semble toujours valable à ce jour. Nos connaissances physiques et chimiques relatives à la morphogenèse sont des plus limitées, et les principes organisateurs du vitalisme, niés par la théorie mécaniste, ont réapparu sous des formes masquées; gènes égoïstes et programmes génétiques. Le paradigme central de la biologie moderne est devenu une sorte de vitalisme génétique.

### *Les gènes égoïstes*

Le plasma germinatif de Weismann possédait, croyait-on, une structure plus ou moins immuable, déterminant la forme de l'organisme. Sa dualité plasma germinatif-protoplasme, de même que la dichotomie génotype-phénotype qui en découle rappellent la distinction platonicienne entre la Forme immuable ou Idée et le phénomène dans lequel celle-ci se reflète. De même que le phénomène n'a pas d'effet sur l'Idée, le phénotype n'a pas d'effet sur le génotype. On pourrait dire, en quelque sorte, que Weismann incarnait l'Idée de l'organisme dans le plasma germinatif, qui possède également les propriétés de contrôle et d'organisation de la psyché ou entéléchie; Weismann l'envisageait comme un «agent directeur central<sup>20</sup>».

Sa notion selon laquelle chaque «déterminant» du plasma germinatif est responsable d'une caractéristique physique particulière relevait, quant à elle, de la philosophie atomiste. Elle

reçut un écho dans une hypothèse plus récente suggérant que des caractéristiques particulières sont déterminées par des gènes ou des ensembles de gènes particuliers. En d'autres termes, des caractéristiques innées – par exemple, la forme de la patte d'un pigeon ou son sens de l'orientation – sont *déterminées* génétiquement : il existe des gènes de la forme de la patte et des gènes du sens de l'orientation. Ou, en d'autres termes, il y a des gènes «pour» la forme de la patte et des gènes «pour» le sens de l'orientation. Cette idée joue un rôle central dans la théorie évolutionniste néodarwinienne, dans laquelle les gènes «pour» des caractéristiques particulières sont soumis à la pression de la sélection ; des gènes sont en compétition, et certains ont plus de succès que d'autres si l'on s'en tient au nombre de copies propagées. La sélection naturelle favorisera les gènes «pour» des caractéristiques entraînant la survie et la reproduction d'un plus grand nombre de copies de ces gènes au sein de populations s'interpénétrant. Les gènes «pour» des caractéristiques défavorables subiront une sélection négative ; leur fréquence diminuera. Les taux de variation de ces fréquences ont été calculés mathématiquement par des théoriciens de la génétique des populations. Il est toutefois nécessaire, pour formuler les équations appropriées, d'avancer quelques hypothèses simplificatrices, et notamment la vision weismannienne des gènes déterminants indépendants, susceptibles d'être sélectionnés plus ou moins indépendamment les uns des autres.

Cette hypothèse sous-tend la pensée néodarwinienne et trouve une expression extrême dans l'école de sociobiologie, laquelle tente d'expliquer presque tous les aspects du comportement animal et de la vie sociale en termes de déterminants génétiques dont les fréquences dépendent des pressions de la sélection naturelle. Le principal représentant de cette tendance, E. O. Wilson, a étendu son analyse à la société humaine, en se fondant sur l'hypothèse qu'il existe des gènes, soumis à la sélection naturelle, «pour» des traits tels que l'homosexualité, la xénophobie et l'altruisme.

Enfin, les gènes ont accédé à la vie. Ils sont intelligents, mais aussi égoïstes, impitoyables et compétitifs, à la manière de «gangsters de Chicago». Telle est la théorie des gènes égoïstes, exposée par Richard Dawkins. Il fait remonter leur origine aux molécules «réplicatrices» primitives de la soupe primordiale :

Les répliqueurs qui survécurent furent ceux qui se construisirent des *machines de survie* dans lesquelles vivre. [...] Ils pullulent maintenant en immenses colonies, en sécurité à l'intérieur de robots pesants et gigantesques, coupés du monde extérieur, communiquant avec celui-ci par des voies indirectes et tortueuses, le manipulant par un contrôle à distance. Ils sont en vous et en moi ; ils nous créent, corps et âme. Leur préservation est la raison ultime de notre existence<sup>21</sup>.

Bien que les organismes soient considérés comme des «machines de survie», les gènes égoïstes n'ont rien de mécaniste. Ils ont le pouvoir de «créer la forme», de «façonner la matière», de «choisir», de s'engager dans des «courses aux armements évolutives», et même d'«aspirer à l'immortalité». Ainsi que Dawkins le fit remarquer : «Les voies de l'ADN sont impénétrables<sup>22</sup>.»

L'ennui avec la théorie du gène égoïste est qu'elle ne peut être vraie, ainsi que le reconnaît Dawkins lui-même. Les molécules d'ADN ne peuvent véritablement être égoïstes ou intelligentes, pas plus qu'elles ne peuvent façonner la matière ou penser. Il prône néanmoins l'idée des gènes égoïstes en tant qu'«expérience de pensée» et que métaphore «puissante et enrichissante». En réalité, il montre clairement qu'il est plus intéressant d'imaginer des organismes contrôlés par de petites choses vivant en eux, que de les supposer mécanismes aveugles, inconscients. Qui plus est, il démontre que cette manière de considérer les organismes est implicite au néodarwinisme ; il la décrit comme une «vision de la vie néoweismanniste<sup>23</sup>».

Les gènes égoïstes ne présentent guère de ressemblances avec les molécules chimiques d'ADN. On les a dotés des propriétés de la vie et de l'esprit; ils sont devenus des sortes d'entéléchies miniaturisées. On a attribué aux molécules d'ADN des pouvoirs d'organisation et de contrôle comparables, grâce à une autre métaphore puissante: le programme génétique<sup>24</sup>.

### *Les programmes génétiques*

Les gènes égoïstes sont individualistes et font songer aux déterminants atomistes de Weismann; les programmes génétiques sont plus holistiques et évoquent son idée de plasma germinatif-agent directeur central. Ils jouent sensiblement le même rôle que les entéléchies de Driesch.

La notion de programme génétique est séduisante. Premièrement, elle semble expliquer que la plupart des traits héréditaires – comme la forme d'un chou-fleur – n'entretiennent pas de relation évidente avec l'ADN ou les molécules protéiques. Si les gènes *programment* en quelque sorte la croissance du chou-fleur, le vaste fossé entre cette structure vivante complexe et les molécules d'ADN semble moins dérangent, même si on ne sait rien, en réalité, sur la nature du programme du chou-fleur. Deuxièmement, le programme est un concept plus subtil que l'idée de gènes «pour» des caractéristiques particulières. Les gènes ne sont pas des déterminants atomistes de traits distincts de l'organisme; d'innombrables gènes différents coopèrent d'une certaine manière. Leur activité harmonieuse et leur coopération se comprennent mieux si on les compare aux éléments d'un programme. Troisièmement, cette notion suggère que le développement est finalisé. Des programmes renferment une information relative à un objectif ultime. Ainsi des organismes peuvent-ils se développer à dessein vers les objectifs contenus dans leurs programmes; de même, les propriétés finalisées et holistiques

de ces principes organisateurs héréditaires permettent-ils la régulation des embryons et la régénération des organismes. Enfin, l'idée de programme génétique s'accorde bien avec la terminologie propre à la théorie de l'information et avec les métaphores linguistiques en usage courant dans la biologie moderne. L'ADN «codifie une information» qui est ensuite «transcrite» dans les molécules d'ARN, puis «traduite» en une séquence d'acides aminés lors de la synthèse des molécules protéiques.

La métaphore du programme génétique ne peut manquer de suggérer que le développement est organisé par un principe finalisé préexistant, qui est soit pseudo-mental, soit conçu par un esprit. Les programmes d'ordinateur sont conçus de manière intelligente par des esprits humains pour remplir des desseins particuliers, et agir sur et à travers la machinerie électronique d'un ordinateur. L'ordinateur est une machine, mais le programme ne l'est pas.

En réalité, la morphogenèse est peut-être organisée par un tel principe directeur finalisé. Mais si c'est le cas, qualifier le programme de «génétique» prête à confusion : il n'est pas génétique, en ce sens qu'il ne se situe pas dans les gènes, et la morphogenèse n'est pas, en réalité, programmée dans quelque sens significatif du mot que ce soit.

Si le programme génétique était renfermé dans les gènes, toutes les cellules du corps seraient programmées de la même manière, car elles contiennent en général exactement les mêmes gènes. Les cellules de vos bras et de vos jambes, par exemple, sont identiques sur le plan génétique. Qui plus est, ces membres sont composés des mêmes types de molécules protéiques, ainsi que d'os, de cartilage, etc., chimiquement identiques. Pourtant, ils ont des formes différentes. Il est clair que les gènes ne suffisent pas à expliquer ces différences. Celles-ci doivent dépendre d'autre chose : d'influences formatives agissant de

manière différente selon les organes et tissus au fil de leur développement. Ces influences ne peuvent être inhérentes aux gènes ; elles s'étendent sur des tissus et organes entiers. À ce stade, la notion de programme génétique s'estompe, et cède la place à des déclarations vagues au sujet de «schèmes spatio-temporels complexes d'activité physico-chimique encore mal comprise», ou de «mécanismes encore obscurs».

L'idée que le développement soit programmé prête à confusion ; en effet, pour qu'un phénomène soit «programmable» : «il doit exister, outre le phénomène lui-même, un programme, tel que sa structure et celle du phénomène soient isomorphes, c'est-à-dire susceptibles d'entretenir une relation biunivoque<sup>25</sup>». C'est, en réalité, le cas dans la chaîne causale claire menant de la séquence de bases chimiques dans les molécules d'ADN à la séquence d'acides aminés dans les peptides. Mais ici s'achève la programmation. L'enroulement des peptides donnant la structure tridimensionnelle caractéristique des protéines n'est pas «programmable», car elle n'entretient pas de correspondance isomorphe avec l'ADN. Et dans le cas de la morphogenèse proprement dite, il est plus qu'improbable que la séquence globale d'événements et celle des gènes soient isomorphes. Par exemple :

Les études du développement du système nerveux ont révélé que la notion de programmation génétique est non seulement erronée au niveau conceptuel, mais encore représente une erreur d'interprétation des données obtenues par les études du développement [...]. Nous en savons déjà assez sur son mode d'établissement pour considérer comme improbable le fait que le système nerveux soit préspecifié ; tous les indices disponibles vont plutôt dans le sens de processus stochastiques (c'est-à-dire probabilistes) sous-tendant la régularité apparente du développement neuronal<sup>26</sup>.

Quoi qu'il en soit, le programme génétique continue à jouer un rôle conceptuel majeur en biologie moderne en dépit de son inadéquation et du fait que maints biologistes le jugent désormais trompeur. Il semble répondre à un véritable besoin. C'est ce que n'ont cessé de répéter vitalistes et organicistes.

La biologie mécaniciste moderne s'est développée en opposition au vitalisme, la doctrine selon laquelle les organismes vivants sont organisés par des principes finalisés, pseudo-mentaux (Fig. 5.5). Les mécanistes n'iaient ce fait<sup>27</sup>, mais la biologie possède désormais des principes organisateurs finalisés et pseudo-mentaux propres : les programmes génétiques. Qui plus est, la notion d'intention n'est plus niée mais admise. L'ancien terme *téléologie*, avec ses connotations aristotéliennes, a été remplacé par un plus moderne, *téléonomie*, la « science de l'adaptation ». Ainsi que le fit remarquer Dawkins, « la téléonomie est la téléologie rendue respectable par Darwin, mais maintes générations de biologistes ont été conditionnées à bannir le terme "téléologie", comme s'il s'agissait d'une erreur de syntaxe latine, et lui préférèrent un euphémisme<sup>28</sup> ».

Ainsi le paradigme de la biologie moderne, s'il est dit mécaniste, est, en réalité, très proche du vitalisme, avec ses « programmes », son « information », ses « instructions » ou encore ses « messages » génétiques jouant le rôle autrefois attribué aux facteurs vitaux tels que les entéléchies.

Les mécanistes ont toujours accusé les vitalistes de vouloir expliquer les mystères de la vie par des mots creux, tels qu'entéléchie, qui « expliquent tout, et partant, rien ». Or, le même reproche peut être adressé aux facteurs vitaux, sous leurs masques mécanistes. Comment un œillet croît-il d'une graine ? Grâce à son programme génétique. Comment une araignée tisse-t-elle sa toile d'instinct ? Parce que l'information est codée dans ses gènes. Etc.



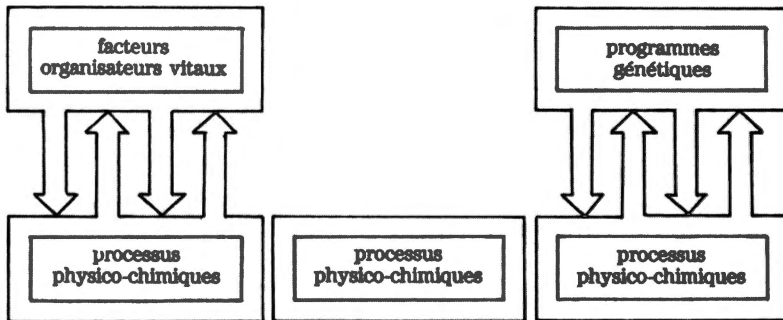


Figure 5.5 À gauche, diagramme illustrant la théorie vitaliste : les processus physico-chimiques inhérents aux organismes interagissent avec – et sont organisés par – des facteurs organisateurs vitaux, tels que l'entéléchie. La théorie mécaniste nie l'existence de tels facteurs vitaux, et prétend que la vie n'est compréhensible qu'en termes de processus physico-chimiques (centre). Dans la conception moderne (droite), ces processus sont organisés par des programmes génétiques ou par une information génétique, jouant sensiblement le même rôle que les facteurs organisateurs du vitalisme.

### *La dualité de la matière et de l'information*

Toutes les tentatives visant à intégrer les principes organisateurs de la vie à des objets matériels, tels que des gènes, ont échoué. Pourtant, le concept des principes organisateurs finalisés de nature non matérielle réapparaît régulièrement.

En réalité, cette dualité de la matière et des principes organisateurs non matériels a toujours été un élément implicite de la théorie mécaniste de la vie. C'est un trait essentiel de la métaphore de la machine. Toutes les machines impliquent une dualité entre les composantes matérielles dont elles sont formées, et les desseins finalisés nés de l'esprit de leurs concepteurs et créateurs. Comme l'a dit récemment un théoricien de la biologie, Francisco Varela :

L'organisation d'une machine est définie par des relations et de ce fait [...] elle est sans rapport avec la matérialité, c'est-à-dire avec les propriétés des composantes qui font de celles-ci des entités physiques. La matérialité est implicite à l'organisation d'une machine, mais n'en fait pas partie intégrante *per se*<sup>29</sup>.

Cette dualité de la forme et de la matière est, en réalité, inhérente à toutes les philosophies traditionnelles de la forme, ainsi que nous l'avons vu au chapitre précédent. Dans le contexte moderne, elle est habituellement perçue en termes de dualité matière-*information*. L'information est ce qui *informe*; elle joue un rôle *informatif*, ainsi que Norbert Wiener, le père de la cybernétique, l'a fait apparaître dans son concept de primauté de l'information sur la matière et l'énergie. Pour lui, cette distinction était vitale pour la doctrine matérialiste: «Un matérialisme qui refuse cette nuance est voué à l'extinction<sup>30</sup>.» Cette position peut paraître radicale, mais la survie du matérialisme est liée, depuis le XVII<sup>e</sup> siècle, à la notion platonicienne de principes organisateurs non matériels: les lois de la nature (*cf.* chapitre 2).

Si l'*information* biologique ne peut être comprise par rapport aux structures matérielles des seuls gènes, qu'est-elle? Est-elle platonicienne, transcendant en quelque sorte le temps et l'espace? Ou est-elle immanente aux organismes?

Nous considérerons au chapitre suivant la possibilité qu'une telle information soit immanente aux champs morphogénétiques transmis, de manière non matérielle, d'une génération à l'autre. Mais avant cela, examinons de façon plus détaillée les raisons de penser qu'elle n'est pas transmise matériellement par les gènes et que la chimie des embryons en développement ne permet pas de l'expliquer pleinement.

### *Pourquoi les gènes sont-ils surestimés ?*

Nous savons que les gènes encodent l'information pour la séquence de blocs de construction chimiques dans l'ARN et les molécules protéiques. Ils aident ainsi à comprendre la manière dont les organismes héritent leurs potentialités biochimiques. En revanche, ils n'encodent pas la morphogenèse ni les schèmes de comportement innés. Ils ne sont pas «déterminants» des caractéristiques de l'organisme.

La génétique traite de *différences* héréditaires entre organismes. Ainsi, la structure d'une drosophile peut-elle varier selon qu'un gène est présent ou absent (Fig. 5.6). Que des gènes mutants engendrent des différences de forme ne prouve pas que les gènes déterminent la forme.

L'analogie du poste de radio nous permettra de mieux mesurer la portée de ce point. Une mutation dans un transistor risque de déformer le son produit ; une mutation dans une composante du circuit de réglage, de modifier la sélection de la station. Les haut-parleurs diffuseront alors une série de sons entièrement différents. Or, que des mutations dans les composantes du poste modifient les sons produits ne prouve pas que ces sons soient déterminés ou programmés par les composantes du poste. Celles-ci sont nécessaires à la réception du programme, mais les sons proviennent, en réalité, de stations émettrices *via* le champ électromagnétique. La composante mutante n'est pas une composante «pour» un programme ou type de son particulier.

Maints biologistes s'accordent à dire qu'il est trompeur de parler de gènes «pour» une caractéristique particulière. Dawkins, par exemple, a clairement déclaré que, si un généticien parle de gène «pour» des yeux rouges chez la mouche du vinaigre *Drosophila*, il sous-entend, de manière implicite, qu'«il y a une variation de la couleur des yeux dans la population : toutes choses étant égales, une mouche avec ce gène est plus susceptible d'avoir

les yeux rouges qu'une mouche dépourvue de ce gène». Il défend, néanmoins, la tendance à parler de gènes «pour» des caractéristiques particulières en arguant qu'il s'agit d'une «pratique courante chez les généticiens<sup>31</sup>».

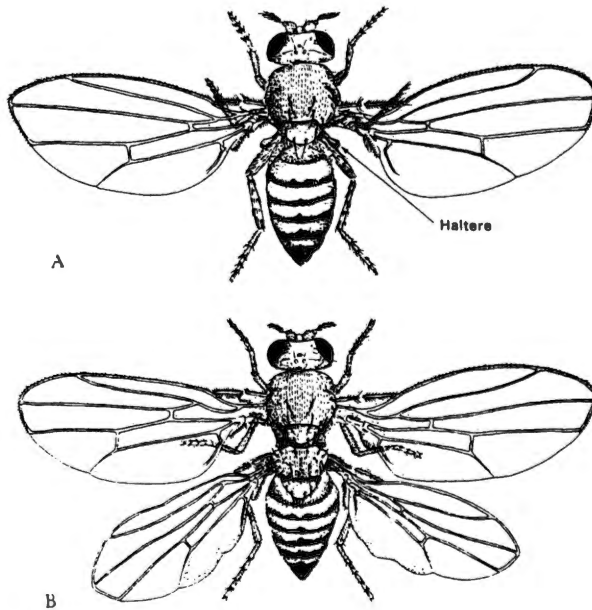


**Figure 5.6** A. Spécimen normal de la mouche du vinaigre *Drosophila*. B. Mouche mutante chez laquelle le troisième segment thoracique a été transformé de telle manière qu'il reproduit le deuxième. La mouche présente donc deux paires d'ailes au lieu d'une, et est dite bithorax.

Si ces modes de pensée persistent, bien que nul n'ignore qu'ils sont trompeurs, c'est sans doute qu'ils sont inévitables. Ils découlent de l'hypothèse fondamentale, exposée par Weismann, par les généticiens mendéliens et par les théoriciens néodarwiniens : l'hérédité *doit* être interprétée en termes matériels. En conséquence, toute l'information héréditaire relative

à la forme d'une patte de pigeon ou à l'instinct de tisserand d'une araignée *doit* se trouver dans les gènes: sinon, où donc pourrait-elle se trouver?

L'hypothèse de la causalité formative propose une interprétation différente du rôle des gènes. Elle suggère qu'ils s'acquittent des tâches qui leur sont propres: à savoir, encoder l'information relative à la séquence de blocs de construction chimiques dans l'ARN et les molécules protéiques. Mais elle ne prétend pas que les gènes sont aptes à organiser l'ensemble de l'organisme. Elle recherche plutôt ces principes organisateurs héréditaires dans les champs transmis de manière non matérielle.

Un tel concept est-il vraiment utile? Le développement embryonnaire ne pourrait-il se comprendre en termes de schèmes chimiques émergeant de l'activité des gènes et la contrôlant?

### *Les théories chimiques de la formation de schème*

Les gènes dont hérite un organisme sous-tendent son aptitude à produire de l'ARN et des molécules protéiques particuliers. Les techniques ingénieuses de l'engineering génétique permettent désormais de transférer des portions spécifiques d'ADN d'un organisme à un autre; ce dernier peut dès lors fabriquer des protéines qu'il n'aurait pu produire auparavant. Ainsi, l'ADN constituant le gène humain de l'insuline a-t-il été transféré à des cellules de la bactérie *Escherichia coli*. Cette protéine peut désormais être produite en quantités commerciales, par culture des bactéries modifiées et purification de l'insuline produite. Les gènes permettent aux cellules de produire des protéines particulières.

Au cours de la morphogenèse, des cellules se différencient et différents types de cellules en arrivent à fabriquer des protéines différentes. Bien qu'elles renferment toutes les mêmes gènes, des gènes différents *s'expriment*. Prenons à titre d'exemple la croissance d'un chrysanthème. À un certain stade, les cellules des

pétales en développement fabriquent les enzymes responsables de la synthèse des molécules pigmentaires, par conséquent, les pigments se manifestent dans les pétales grâce à l'activité de ces enzymes. La description de telles modifications chimiques n'explique pas comment elles se produisent ni comment la morphogenèse est contrôlée.

Les modifications chimiques *accompagnent* la morphogenèse, et les organismes ne pourraient se développer sans produire des molécules appropriées en quantités appropriées dans des cellules appropriées à des moments appropriés. Mais comment la production moléculaire est-elle liée à la morphogenèse? Nul ne le sait. On suppose, en général, que la morphogenèse se produit automatiquement d'une manière encore obscure, dépendante des propriétés d'autoassemblage de ces constituants matériels. C'est comme si la fourniture de matériaux et d'engins de construction adéquats à des terrains précis suffisait à faire jaillir du sol, spontanément, des maisons de forme voulue.

En réalité, l'étude de la morphogenèse, au cours des dernières décennies, n'a pas mis l'accent sur la morphogenèse *per se*, mais sur la synthèse protéique. Comment les bonnes protéines sont-elles produites dans les bonnes cellules au bon moment et en quantités requises? Comment l'expression des gènes est-elle contrôlée tandis que les cellules se différencient dans l'organisme en développement?

Il est clair que des influences «modélisantes» de quelque type s'exercent dans les tissus et organes en développement. On a pour habitude de les considérer comme des systèmes d'«information de position», qui «disent» aux cellules où elles sont et leur permettent donc de réagir de façon adéquate en produisant les bonnes protéines. Quelle est la nature de ces informations dites de position?

L'idée populaire veut qu'elles soient de nature chimique, et dépendent de gradients de concentration de substances chimiques

spécifiques appelées morphogènes. La détection et l'identification de ces morphogènes hypothétiques n'a guère rencontré de succès<sup>32</sup>; le progrès majeur concerne l'élaboration de modèles mathématiques des manières de produire en théorie de tels schèmes chimiques.

Nombre de ces modèles dépendent du principe que Prigogine a baptisé «ordre par fluctuations<sup>33</sup>». Dans un système instable, loin de l'équilibre thermodynamique, des fluctuations au hasard peuvent être amplifiées par divers types de feed-back positif, et dans certaines conditions ceux-ci donnent naissance spontanément à des schèmes. Ainsi, dans divers types de réaction chimique, où deux substances au moins réagissent de façon catalytique et où se produit une diffusion, les schèmes de concentration peuvent apparaître au cours de la réaction chimique (Fig. 5.7). Prigogine a ouvert la voie en montrant comment décrire mathématiquement de tels processus en termes de thermodynamique de non-équilibre. Il a fait observer que l'ordre peut émerger du «chaos» de manières comparables dans maints systèmes – des schèmes de convection dans les liquides chauffés à des schèmes de croissance urbaine. Ainsi, dès que des villes se développent en certains lieux, leur taille tend à croître sous l'effet de la migration de population, laquelle entraîne à son tour une intensification de l'activité économique source de nouvelle migration; mais cette croissance est limitée par une série de facteurs, notamment la compétition avec d'autres villes, en particulier les plus proches.

Hans Meinhardt a résumé, comme suit, les principes impliqués dans l'élaboration de tels modèles de formation de schème dans des organismes en développement:

À supposer que le développement soit contrôlé par des substances, toute théorie du développement doit décrire les modifications de concentration de substances comme une fonction d'autres substances impliquées et comme une fonction de coordonnées spatiales et temporelles. Deux conditions

doivent être remplies pour qu'un schème stable puisse être établi. 1. une déviation locale par rapport à une concentration moyenne devrait augmenter, faute de quoi nul schème ne se formerait; 2. l'augmentation ne devrait pas être infinie. Le schème émergeant devrait, au contraire, atteindre un état stationnaire stable et régulier<sup>34</sup>.

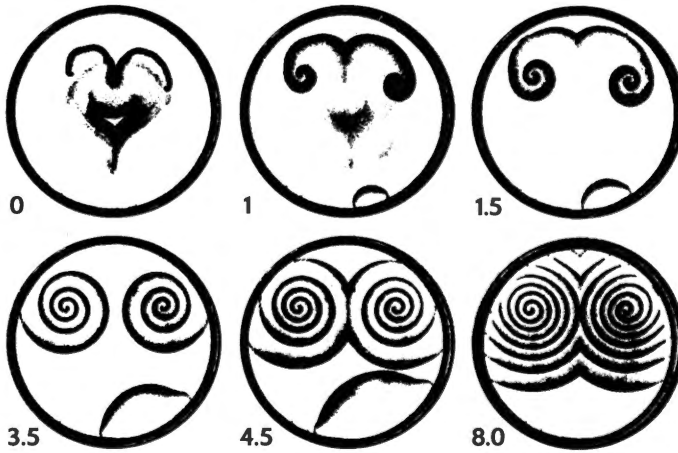


Figure 5.7 La formation d'ondes chimiques en spirale quand le réactif Belousov-Zhabotinski est livré à lui-même dans une coupelle creuse. Les ondes apparaissent spontanément au fil de la réaction chimique, ou peuvent être stimulées en touchant la surface avec un filament chaud, comme dans les illustrations ci-dessus. Les chiffres indiquent le nombre de secondes s'étant écoulées après la photographie initiale (adapté de *From Being to Becoming*, avec l'autorisation d'Ilya Prigogine, copyright 1980, W. H. Freeman and Co.).

Meinhardt, son collègue Alfred Gierer et d'autres ont construit, sur base de cette hypothèse, une série de modèles mathématiques impliquant des substances «activatrices» et «inhibitrices» hypothétiques. Ces modèles mathématiques ont servi à réaliser des



simulations par ordinateur visant à illustrer les types de schèmes qu'ils sont susceptibles d'engendrer (Fig. 5.8). Il est intéressant de noter que certains de ces modèles possèdent des propriétés auto-régulatrices telles qu'il est possible de restaurer le schème après «suppression» d'une partie du système modèle. Meinhardt et Gierer ont, en réalité, suggéré qu'il existe des modèles de champs morphogénétiques. Nous y reviendrons au chapitre suivant.

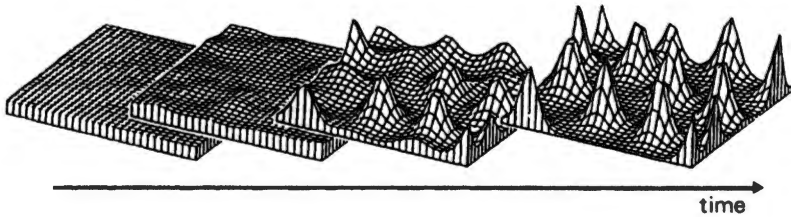


**Figure 5.8** Modèle informatique de formation de schème.

Un schème en hérisson se forme dans un champ stationnaire à la suite de fluctuations au hasard entraînant une production locale d'un «activateur» augmentant la production d'«activateur», ainsi qu'une production dans ces centres d'un «inhibiteur», diffusant vers l'extérieur et inhibant la formation à proximité de nouveaux centres (d'après *Models of Biological Pattern Formation*, par H. Meinhardt; Academic Press, 1982.

Reproduit avec l'autorisation de l'auteur).

Si on parvient effectivement à identifier les activateurs et inhibiteurs hypothétiques dans les embryons et s'il s'avère qu'ils remplissent le type de fonction que suggèrent de tels modèles, ils aideront à comprendre comment est contrôlée la synthèse de différentes protéines dans différentes cellules. Ils n'expliqueront toutefois pas ce que les cellules font des protéines, comment elles acquièrent leurs formes, comment elles se comportent, comment certaines se déplacent dans les embryons, comment des tissus et organes prennent forme ni comment des organismes répondent à leur environnement. Comment comblera-t-on le fossé entre

ces gradients chimiques hypothétiques et l'organisme véritable? Selon Lewis Wolpert, père du concept d'information de position, les cellules «interprètent cette information en fonction de leur programme génétique<sup>35</sup>».

Le concept de programme génétique est – nous l'avons vu – trompeur, ne fût-ce qu'en raison de la nature non «programmable» du développement. Plusieurs éminents biologistes du développement ont suggéré, ces dernières années, d'abandonner ce concept<sup>36</sup>. Sydney Brenner, par exemple, a proposé de le remplacer par des termes tels que «représentation interne» ou «description interne<sup>37</sup>». Il a résumé, comme suit, la pensée prévalente à l'heure actuelle parmi les biologistes du développement :

On a prétendu que la compréhension du développement était liée à la connaissance des mécanismes moléculaires du contrôle génétique. Je ne crois pas que quiconque partage encore cette opinion. Les mécanismes moléculaires paraissent simples à l'ennui, et ne nous apprennent pas ce que nous désirons savoir. Nous devons nous efforcer de découvrir les principes d'organisation<sup>38</sup>.

Que pourraient être ces principes d'organisation? C'est précisément la question que se posent depuis plusieurs décennies les philosophes et biologistes organicistes.

### *Les tous organiques*

L'approche organiciste ou holistique est née de la philosophie de Whitehead, qui influence la biologie depuis les années 1930. Elle a permis de reconnaître les propriétés holistiques des organismes sans recourir à une vision vitaliste; elle offre, en effet, une manière séduisante de «transcender» la controverse vitalisme-mécanisme<sup>39</sup>. Les vitalistes plaçaient l'accent sur les qualités holistiques, organiques des végétaux et des animaux, mais ne

contestaient pas l'orthodoxie mécaniste de la physique dans le cas d'entités non vivantes; ils établissaient une nette distinction entre le domaine inerte et le domaine de la vie.

En revanche, les mécanistes affirmaient qu'il n'existait pas de différence de type, mais de degré, entre le domaine de la biologie et ceux de la chimie et de la physique. Les organicistes s'accordent avec les mécanistes sur ce point, et préservent leur intuition de l'unité fondamentale de la nature. Mais plutôt que de considérer les organismes vivants comme des machines inertes, ils appréhendent les systèmes physiques et chimiques, tels que les atomes, les molécules, et les cristaux, comme vivant dans un certain sens; ce ne sont pas de simples objets matériels inertes, mais des «structures d'activité», des organismes.

L'approche organiciste n'est ni réductionniste ni atomiste dans son essence: les atomes et les particules subatomiques n'occupent pas une place privilégiée dans la nature. En outre, elle ne tente pas d'expliquer les propriétés des grands organismes complexes par rapport aux propriétés de leurs parties; à chaque niveau de complexité hiérarchique, les organismes se comportent comme des tous dotés d'une unité organique irréductible.

Ces hiérarchies sont, en général, de type «gigogne», c'est-à-dire que des tous de niveau supérieur sont constitués d'éléments qui sont eux-mêmes des organismes à un niveau inférieur. Ainsi, les cristaux de sucre sont-ils des organismes constitués de molécules de sucre, qui sont des tous composés d'atomes de carbone, d'hydrogène et d'oxygène, qui sont des tous composés d'électrons en orbite autour des noyaux, lesquels sont des tous formés d'organismes encore plus petits, les particules nucléaires, qui sont elles-mêmes composées d'entités telles que des quarks. Les organismes vivants révèlent un arrangement hiérarchique similaire: organes composés de tissus, composés de cellules, composés d'organelles – noyaux et mitochondries – composées de molécules complexes, etc. (Fig. 5.9).

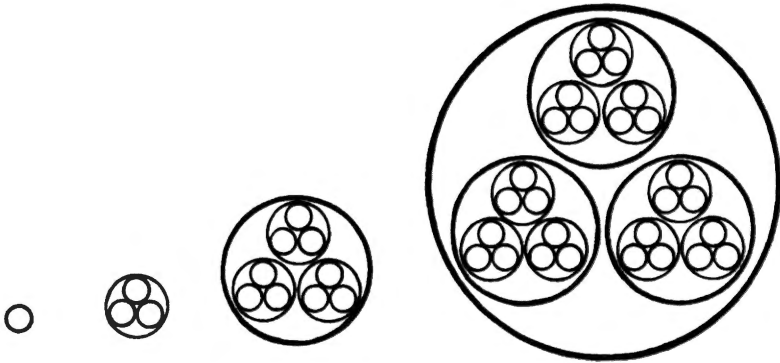


**Figure 5.9** Niveaux successifs d'une hiérarchie gigogne d'unités morphiques ou holons. À chaque niveau, les holons sont des tous contenant des parties, qui sont elles-mêmes des tous contenant des holons de niveau inférieur, etc. Ce diagramme pourrait représenter des particules subatomiques dans des atomes, dans des molécules, dans des cristaux, ou des cellules dans des tissus, dans des organes, dans des organismes.

Arthur Koestler a proposé le terme *holon* pour désigner de tels organismes, qui sont des tous constitués de parties, ainsi que des parties de tous supérieurs. «Chaque holon possède une tendance duale à préserver et à affirmer son individualité en tant que tout quasi autonome, et à fonctionner comme une partie intégrée d'un tout plus grand (existant ou en évolution). Cette polarité entre tendances à l'autoaffirmation et à l'intégration est inhérente au concept d'ordre hiérarchique<sup>40</sup>.» Il baptisa *holarchie* cette hiérarchie gigogne d'holons.

Une expression équivalente à holon est *unité morphique*<sup>41</sup>. Le terme *morphique* met l'accent sur la notion de forme, et *unité* sur celle de plénitude. De telles unités sont formées par ce que L. L. Whyte a nommé des «processus morphiques» dans lesquels «des états terminaux bien formés peuvent émerger d'états initiaux moins bien formés<sup>42</sup>».

L'approche organiciste a encouragé une quête de principes généraux applicables à des organismes ou «systèmes» à n'importe quel niveau de complexité. Cet objectif est celui de la théorie générale des systèmes, qui a été fortement influencée par la cybernétique – la théorie de la communication et du contrôle, avec ses concepts fondamentaux de transfert d'information et de feed-back. De nombreux modèles mathématiques se sont inspirés de cette approche systémique, en biologie, mais aussi dans les secteurs industriels, commerciaux et sociaux<sup>43</sup>. La théorie du jeu s'intègre dans ces «approches systémiques»; la métaphore des jeux, reposant sur l'interaction du hasard et des règles, a été appliquée à l'évolution biologique ainsi qu'au développement et au comportement des organismes vivants<sup>44</sup>.

James G. Miller a distingué sept niveaux de systèmes vivants (cellule, organe, organisme, groupe, organisation, société, système supranational) et a identifié dix-neuf «sous-systèmes critiques» à chaque niveau: par exemple, «reproducteur», «concurrent», «prédateur». Au niveau cellulaire, par exemple, des sous-systèmes particuliers sont représentés respectivement par les chromosomes, les membranes cellulaires, et les espaces entre les membranes cellulaires<sup>45</sup>. Une telle classification permet des comparaisons intéressantes entre les niveaux. Cependant, la généralité même de l'approche systémique a limité son aptitude à expliquer la morphogenèse des plantes et des animaux réels.

Depuis le début du millénaire, «la biologie des systèmes» a connu un regain de popularité au sein de la biologie, du fait de l'avalanche de données en provenance des projets génome et de la protéomique, l'étude à grande échelle des protéines. La biologie des systèmes moderne considère l'organisme comme «un réseau intégré et interagissant de gènes, de protéines et de réactions biochimiques, qui a permis l'apparition de la vie<sup>46</sup>». Mais, bien que de tels modèles informatiques soient utiles pour calculer

## LA MÉMOIRE DE L'UNIVERS

et prédire le rythme des processus chimiques, ils n'apportent que peu d'éclairage au sujet de la morphogenèse.

Parmi les biologistes organicistes, l'idée la plus riche est sans doute le concept de champs morphogénétiques. La morphogenèse demeure mystérieuse. Les champs morphogénétiques nous aideront-ils à la comprendre?

# Chapitre 6

## Les champs morphogénétiques

### *Des champs de types différents*

Les champs sont des régions d'influence immatérielles. Le champ de gravitation de la Terre, par exemple, s'étend tout autour de nous. Il ne nous est pas visible, mais il n'en est pas moins réel. Il donne leur poids aux choses et provoque leur chute. Il nous maintient en contact avec la terre en ce moment précis ; sans lui nous flotterions. La Lune tourne autour de la Terre à cause de la courbure du champ de gravitation de la Terre ; la Terre et toutes les planètes tournent autour du Soleil à cause de la courbure du champ du Soleil. En réalité, le champ de gravitation imprègne l'ensemble de l'univers, courbant toute matière. Selon Einstein, il n'est pas *dans* l'espace et le temps : il *est* l'espace-temps. L'espace-temps n'est pas une abstraction gratuite ; il possède une structure qui inclut et façonne activement tout ce qui existe et advient, dans l'univers physique.

Il y a aussi des champs électromagnétiques, très différents, du fait de leur nature, de la gravitation. Ils présentent maints aspects et font partie intégrante de l'organisation des systèmes matériels – des atomes aux galaxies. Ils sous-tendent le fonctionnement de notre cerveau et de notre organisme. Ils sont essentiels à l'opération de tous nos engins électriques. Nous percevons les objets qui nous entourent, y compris ce livre, parce que nous leur sommes liés par le champ électromagnétique dans lequel se déplace l'énergie vibratoire de la lumière. Et tout autour de nous il y a, dans le champ, d'innombrables schèmes d'activité vibratoires qui échappent à nos sens ; nous pouvons toutefois

les déceler au moyen de récepteurs radio ou télé. Les champs sont le milieu de «l'action à distance», et à travers eux les objets peuvent s'affecter l'un l'autre, même s'ils n'entretiennent pas de contact matériel.

Tout cela nous paraît aller de soi. Nous vivons en permanence dans ces champs, que nous sachions ou non comment les physiciens les modèlent mathématiquement. Nous ne doutons pas qu'ils possèdent une réalité physique, quels que soient les modèles que nous leur attribuons ou le nom dont nous les gratifions. Nous savons qu'ils existent par leurs effets physiques, même si nos sens sont, en général, inaptes à les déceler de manière directe. Ainsi, la structure spatiale du champ d'un aimant est-elle, en soi, invisible, mais répandez de la limaille de fer à proximité de l'aimant et son influence se concrétisera aussitôt (Fig. 6.1). Ce champ, comme d'autres types de champs, possède une qualité holistique continue, et ne peut être scindé, à l'inverse des objets matériels. Ainsi, si vous coupez un aimant en deux, chaque moitié préserve l'ensemble du champ original – chaque moitié devient un aimant complet, entouré d'un champ magnétique complet.

Outre ces types familiers, il existe, si l'on en croit la théorie du champ quantique, divers types de champs matériels électro-niques, neutroniques, etc. : des champs microscopiques au sein desquels toutes les particules de matière existent en tant que quanta d'énergie vibratoire.

Aucun de ces différents types de champ ne peut être réduit à aucun autre. Les physiciens ont longtemps espéré pouvoir un jour les appréhender tous comme des aspects d'un même champ unifié. La physique théorique contemporaine tente de les faire dériver hypothétiquement du champ unifié original du cosmos, lequel se différencierait pour donner les champs connus de la physique en «se déroulant» de diverses manières au fil de l'évolution et de la croissance de l'univers<sup>1</sup>. Dans le cadre de ces nouvelles théories du champ évolutives, comme l'écrit le physicien



Paul Davies : «Le monde peut, semble-t-il, être construit plus ou moins à partir d'un néant structuré<sup>2</sup>.»

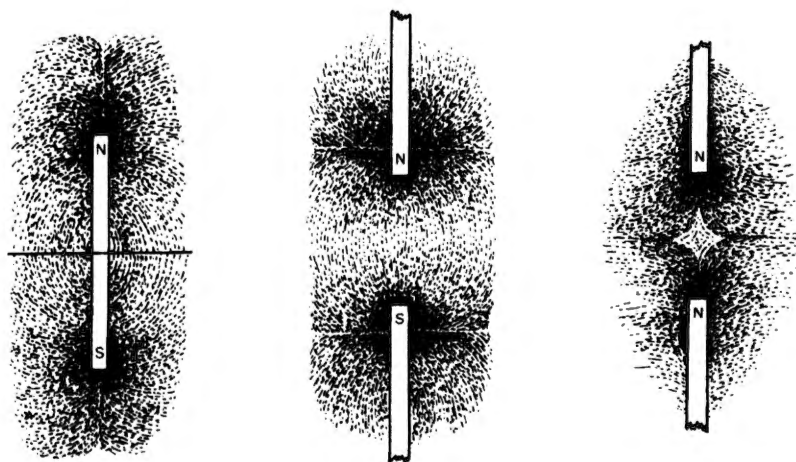


Figure 6.1 À gauche : le champ magnétique entourant l'aimant est rendu visible par la présence de limaille de fer. Au centre : le champ entre deux aimants disposés de telle sorte que les pôles nord et sud s'attirent ; à droite ; les pôles nord sont en situation de répulsion mutuelle.

La nature des champs est inévitablement mystérieuse. Selon la physique moderne, ces entités sont plus fondamentales que la matière. Celle-ci ne permet pas d'expliquer les champs ; au contraire, elle s'interprète en termes d'énergie dans des champs. La physique ne peut expliquer la nature des différents types de champs que par rapport à un éventuel champ unifié plus fondamental – le champ cosmique original, par exemple. Mais celui-ci est par trop inexplicable – à moins de le supposer créé par Dieu. Mais Dieu est lui-même inexplicable.

Nous pouvons, bien entendu, imaginer les champs soumis à des lois mathématiques éternelles, mais nous ne ferions que déplacer le problème, car comment expliquer ces dites lois ?

Nous examinerons, au chapitre 7, les champs connus de la physique et, au chapitre 17, les théories récentes de l'évolution des champs. Commençons par envisager la possibilité qu'il existe un nombre beaucoup plus important de types de champs que ne le croit actuellement la physique : les champs morphogénétiques des divers types de cellules, tissus, organes et organismes vivants.

### *Les champs morphogénétiques*

Au début des années 1920, trois biologistes, au moins, suggérèrent indépendamment que, dans les organismes vivants, la morphogenèse est organisée par des champs : Hans Spemann, 1921 ; Alexander Gurwitsch, 1922 ; Paul Weiss, 1923. Ces champs furent dits de développement, embryonnaires ou morphogénétiques. Ils étaient censés organiser le développement normal et guider les processus de régulation et de régénération après lésion. Gurwitsch écrivit :

Le milieu dans lequel se déroule le processus formatif embryonnaire est un champ (dans le sens où l'entendent les physiciens), dont les limites ne coïncident généralement pas avec celles de l'embryon mais les dépassent. En d'autres termes, l'embryogenèse circule dans les champs. [...] Ainsi, ce qui nous est donné, en tant que système vivant, consisterait en un embryon visible (ou œuf, respectivement) et un champ<sup>3</sup>.

Paul Weiss appliqua le concept de champ à l'étude détaillée du développement embryonnaire, et, dans son excellent ouvrage *Principles of Development*, il parle des champs en ces termes :

Un *champ* est la condition à laquelle un système vivant doit son organisation typique et ses activités *spécifiques*. Ces activités sont spécifiques en ce sens qu'elles déterminent le *caractère* des formations auxquelles elles donnent naissance. [...] Dans la mesure où l'action des champs produit un ordre

spatial, il s'ensuit le postulat suivant : les facteurs de champ possèdent eux-mêmes un ordre défini. L'hétérogénéité tridimensionnelle des systèmes en développement, c'est-à-dire le fait que ces systèmes possèdent des propriétés différentes dans les trois dimensions de l'espace, doit être rapportée à une organisation tridimensionnelle et à une hétéropolarité des champs d'origine<sup>4</sup>.

La nature spécifique des champs signifie, selon Weiss, que chaque espèce d'organisme possède son champ morphogénétique propre, ce qui n'empêche que des champs d'espèces apparentées peuvent être similaires. L'organisme renferme, en outre, des champs secondaires s'intégrant au champ global de l'organisme – une sorte de hiérarchie gigogne de champs dans des champs (Fig. 5.9).

Durant les années 1930, C. H. Waddington tenta de clarifier le concept de champ à l'aide des «champs d'individuation» associés à la formation d'organes définis ayant des formes individuelles caractéristiques. Dans les années 1950, il étendit la notion de champ à son concept de chréode<sup>5</sup>, ou zone de développement canalisé, qu'il illustra au moyen d'une simple analogie tridimensionnelle, le paysage épigénétique (Fig. 6.2). Le développement d'une partie particulière de l'œuf est représenté par le glissement vers le bas d'une balle. Celle-ci peut suivre une série de canaux alternatifs, correspondant aux zones de développement des différents types d'organes. Dans l'organisme, ils sont tout à fait distincts ; par exemple, le cœur et le foie ont des structures définies et ne traversent pas une série de formes intermédiaires. Le développement est «canalisé» vers des points terminaux précis. Le cours du développement est parfois détourné (par des perturbations) du fond de la vallée vers un versant voisin, mais si la pression ne lui fait pas franchir le sommet vers une autre vallée, il reviendra vers le fond de sa vallée – il ne retournera

pas vers son point de départ, mais vers une position ultérieure du chemin canalisé du changement. C'est ce qu'on nomme régulation ontogénique.

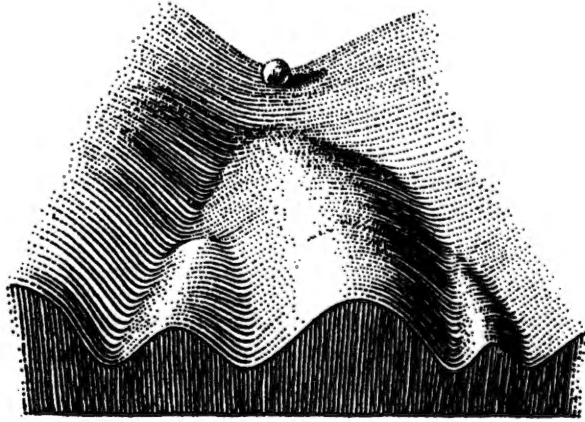


**Figure 6.2** Partie d'un «paysage épigénétique», illustrant le concept de la chréode en tant que zone de changement canalisé. Les chréodes correspondent aux vallées et conduisent vers des points terminaux de développement particuliers, qui pourraient, par exemple, être les sépales, les étamines, et les pistilles d'une fleur (extrait de *The Strategy of Genes* de C. H. Waddington; George Allen and Unwin, Ltd, 1957. Reproduit avec l'aimable autorisation de l'éditeur).

Le concept des champs morphogénétiques, et des chréodes qu'ils renferment, diffère de la notion d'entéléchie de Driesch. Le concept de champ implique, en effet, l'existence d'analogies profondes entre le principe organisateur du domaine biologique et les champs connus de la physique. Driesch, étant vitaliste, faisait une différence radicale entre le domaine de la vie et ceux de la physique et de la chimie. Il est toutefois certain que les entéléchies influencèrent le concept de champs morphogénétiques. Ceux-ci, comme l'entéléchie, furent dotés de propriétés

auto-organisatrices et d'une tendance finaliste ; comme l'entéléchie également, ils furent censés exercer une action causale, guidant les systèmes soumis à leur influence vers des schèmes d'organisation caractéristiques. Ainsi, Weiss percevait-il les champs comme des complexes de facteurs organisateurs qui «rendent défini et spécifique le cours originellement indéfini des parties individuelles du germe, et ce, en accord avec un schème typique<sup>6</sup>». Le concept de chréodes canalisant le développement vers des fins particulières ressemble fortement à l'attraction de zones de développement vers des fins définies par l'entéléchie. Du point de vue d'un système en développement, les fins ou desseins des chréodes appartiennent encore au futur ; Waddington les décrit, dans le langage de la dynamique, comme étant des «attracteurs<sup>7</sup>». La dynamique mathématique moderne est téléologique en ce sens qu'elle implique l'idée de «bassins» dans lesquels des «attracteurs» représentent les états vers lesquels sont attirés des systèmes dynamiques<sup>8</sup>.

René Thom a développé les idées de Waddington dans des modèles mathématiques dans lesquels les points terminaux structurellement stables vers lesquels des systèmes se développent sont représentés par des attracteurs ou par des bassins d'attraction au sein de champs morphogénétiques.

Toute création ou destruction de formes, toute morphogenèse, peut être décrite par la disparition des attracteurs représentant les formes initiales et leur remplacement par capture par les attracteurs représentant les formes finales<sup>9</sup>.

Thom lui-même a comparé cette approche à celle de Driesch : «Notre méthode, qui vise à attribuer à l'être vivant une structure géométrique formelle en assurant la stabilité, peut être caractérisée comme une sorte de *vitalisme géométrique* ; il s'agit bien d'une structure globale qui régit les détails locaux comme l'entéléchie de Driesch<sup>10</sup>.»

L'approche de champ contraste avec le schème de Weismann et de ses disciples ; c'est, en effet, le champ qui occupe, ici, la position centrale, et non le plasma germinatif. C'est le champ, non le plasma germinatif, qui façonne l'organisme. Mais il va de soi que le développement ne dépend pas seulement des champs ; il est aussi affecté par des gènes et des influences environnementales. C'est ce qu'illustre la figure 6.3 – conçue par Brian Goodwin, elle établit clairement la différence entre l'approche de Weismann et l'idée de champs morphogénétiques.

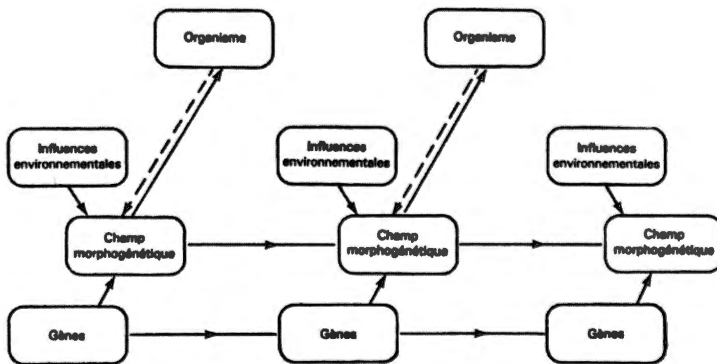


**Figure 6.3** Influence des gènes et de l'environnement sur les champs morphogénétiques (d'après Goodwin, 1984).

L'addition, au diagramme de Goodwin, des flèches (lignes en pointillé) indiquant que les organismes affectent les champs, établit une correspondance étroite entre ce schème et l'hypothèse de la causalité formative.

## *La nature des champs morphogénétiques*

Que sont exactement les champs morphogénétiques ? Comment fonctionnent-ils ? Malgré l'emploi répandu de ce concept en biologie, il n'existe pas de réponse précise à ces questions. En réalité, la nature de ces champs demeure aussi mystérieuse que la morphogenèse elle-même.

Comme on pouvait s'y attendre, les champs ont été interprétés de manières radicalement différentes, reflétant les trois philosophies majeures de la forme. Du point de vue platonicien, ils représentent les Formes ou Idées immuables, lesquelles peuvent à leur tour être perçues, à la manière pythagoricienne, comme essentiellement mathématiques. Dans l'esprit aristotélicien, ils héritent de la plupart des traits des entéléchies, et jouent un rôle causal dans l'organisation des systèmes matériels soumis à leur influence. Dans l'optique nominaliste, ils fournissent des façons commodes de décrire les phénomènes de la morphogénèse, habituellement perçus comme se manifestant de manière mécaniste. Ces diverses interprétations coexistent dans la biologie du développement, et il arrive qu'un auteur oscille entre elles, parfois au cours d'un même paragraphe.

Le rôle causal des champs et les caractéristiques héritées de l'entéléchie de Driesch demeurent en général implicites. Mais des interprétations platoniciennes ou pythagoriciennes ont été avancées de manière explicite.

Gurwitsch insistait sur les propriétés géométriques des champs et les traitait comme des constructions mathématiques idéales. La source et l'étendue d'un champ n'étaient pas confinées au matériau d'un organisme en développement, et son centre pouvait fort bien être un point géométrique extérieur à l'organisme<sup>11</sup>.

René Thom s'est efforcé de développer une sorte de platonisme dynamique, dans lequel non seulement les formes peuvent être caractérisées mathématiquement, mais encore les manières dont elles se transforment. Tel est le fondement de sa théorie des catastrophes, dans laquelle les manières dont les formes peuvent se transformer sont classées selon un nombre limité de «catastrophes» fondamentales. Ses modèles de champs morphogénétiques incorporent de telles catastrophes, et il appréhende les champs comme des objets mathématiques déterminant d'une manière ou d'une autre des formes biologiques. Il les compare

aux structures mathématiques qui, en physique, sont censées déterminer les formes chimiques :

Si le sodium et le potassium existent, c'est parce qu'une structure mathématique correspondante garantit la stabilité des atomes Na et K ; il est possible, en mécanique quantique, de définir une telle structure pour un objet simple comme la molécule d'hydrogène, et quoique le cas de l'atome de Na ou de K soit moins évident, il n'y a aucune raison de douter de son existence. Je pense qu'il existe de même, en biologie, des structures formelles, en réalité, des objets géométriques qui prescrivent les seules formes possibles capables d'avoir une dynamique autoreproductrice dans un environnement donné<sup>12</sup>.

Selon Thom, l'effort réductionniste visant à «reconstruire un espace complexe à partir d'éléments simples» est parfaitement capable d'expliquer la morphogenèse et il conclut que «l'approche platonicienne est en réalité inévitable<sup>13</sup>».

Brian Goodwin insiste aussi sur la nature mathématique des champs morphogénétiques, qu'il appréhendait en termes d'«équations de champ génératrices». Le développement d'organismes ne doit pas être compris en fonction du plasma germinatif, comme le supposait Weismann, pas plus que de l'ADN ou du programme génétique. «La génération doit plutôt être perçue comme un processus émergeant des propriétés de champ de l'état vivant, avec des particularités acquises émergeant pour stabiliser des solutions particulières des équations de champ de sorte que soient engendrées des morphologies spécifiques<sup>14</sup>» (Fig. 6.3). En d'autres termes, les organismes adoptent les formes nécessitées par la stabilisation des équations de champ, et les gènes affectent indirectement la forme en stabilisant certaines solutions des équations de champ plutôt que d'autres. Goodwin et son collègue Webster espéraient qu'une compréhension de ces équations



génératrices permettrait d'élaborer une science rationnelle de la forme biologique.

Il faut, en réalité, déduire l'ordre relationnel correct qui génère les phénomènes observés, et cet ordre organisateur, bien que réel, n'est pas directement observable. Cet ordre relationnel logique définit les propriétés d'organisation typiques des organismes vivants. [...] La description mathématique appropriée est fournie par les équations de champ. [...] Une compréhension de la morphogenèse fournit la base d'une taxonomie rationnelle, basée sur les propriétés logiques du processus générateur, et non généalogique, basée sur les accidents de l'histoire<sup>15</sup>.

D'un point de vue platonicien ou pythagoricien les champs représentent une réalité mathématique objective; ils sont également objectifs si on les appréhende dans un esprit aristotélicien en tant que principes organisateurs immanents; ils n'ont, en revanche, aucune réalité en dehors de nos esprits dans la perspective nominaliste. Certains partisans du concept de champ leur ont parfois refusé une quelconque existence objective. Paul Weiss, par exemple, d'une part les considérait comme «physiquement réels», mais d'autre part estimait que le concept de champ n'était qu'une abstraction de l'esprit. «Puisqu'il s'agit d'une simple abstraction, nous ne pouvons espérer qu'elle nous rende plus que nous avons investi en elle. Sa valeur analytique et explicative est, par conséquent, nulle<sup>16</sup>.»

On relève une ambiguïté similaire chez Waddington, qui fit tant pour développer et promouvoir le concept de champ en biologie. Il écrit :

Tout concept de «champ» est essentiellement une commodité descriptive, pas une explication causale. [...] Les forces opérantes doivent toujours être identifiées séparément, de manière expérimentale. Le concept de champ aurait valeur

de paradigme unifiant si les forces étaient toujours les mêmes, ou appartenaient à quelques types peu nombreux, comme dans le cas des champs gravitationnels et électromagnétiques, ou si les cartes étaient toujours les mêmes ; or, nous savons qu'il n'en est rien<sup>17</sup>.

Si les champs n'ont pas un rôle causal, et ne sont qu'une façon pratique de parler de processus physiques et chimiques complexes, cette approche semble n'être qu'une version sophistiquée de la théorie mécaniste. Il est vrai que les biologistes contemporains ont souvent tendance à considérer les champs morphogénétiques en termes physiques ou chimiques conventionnels. Mais pour peu que cette approche soit poussée assez loin, elle détournera, tôt ou tard, les chercheurs d'explications purement matérielles pour les ramener vers une vision mathématique ou platonicienne.

C'est ce qu'on observe dans la modélisation mathématique des champs morphogénétiques de Gierer, Meinhardt, etc. Elle s'ouvre sur une convention mécaniste :

Puisque nous ne connaissons pas encore la nature biochimique ou physique des champs, nous devons introduire une supposition quant à la classe générale de physique à laquelle appartient ce phénomène. Si nous supposons que le phénomène fondamental est le magnétisme, nous nous efforcerions de le comprendre en fonction des équations de Maxwell. Il semble réaliste de supposer que les champs morphogénétiques ont la même base que d'autres phénomènes biologiques se prêtant à des explications physiques : à savoir, qu'ils sont essentiellement dus à l'interaction et au mouvement de composés moléculaires<sup>18</sup>.

De tels processus peuvent dès lors être décrits au moyen d'équations appropriées. Cependant, comme le fait remarquer Gierer :

De telles équations sont relativement timorées en ce qui concerne les détails du mécanisme moléculaire. Elles représentent une tentative de «démystification» des champs morphogénétiques, suggérant que ceux-ci sont dus à la biologie moléculaire conventionnelle et à rien d'autre; pourtant, elles imposent des contraintes radicales à l'élaboration de théories et de modèles<sup>19</sup>.

Ces modèles mathématiques se fondent, en règle générale, sur l'hypothèse qu'il existe, dans certaines régions, des processus chimiques autoactivants dont les effets inhibiteurs s'étendent sur une région plus vaste. L'activation locale est autoaugmentante, de sorte qu'un léger avantage initial en un lieu particulier peut produire, en définitive, une activation marquante. La production et la propagation d'effets inhibiteurs empêchent cependant une explosion catalytique globale, de sorte qu'une activation dans une partie de la région ne se produit qu'aux dépens d'une désactivation en une autre, jusqu'à ce que se forme un schème stable. Des simulations par ordinateur se fondant sur de tels modèles font apparaître qu'ils peuvent engendrer une série de schèmes simples (Fig. 5.8), dont certains sont aptes à se «régénérer» après avoir été endommagés.

De tels modèles aident à comprendre l'*espacement* entre différents schèmes d'activité chimique dans les cellules – en particulier la production de protéines différentes – mais n'expliquent ni les formes des cellules ni les structures auxquelles elles donnent naissance. Ainsi, une compréhension des facteurs influençant l'espacement de poils sur une feuille n'expliquerait pas la forme des poils. De la même manière, un modèle mathématique d'urbanisation, pour reprendre l'exemple de Prigogine, permettrait de mieux comprendre les facteurs influençant le taux de croissance urbaine, mais n'expliquerait en rien les différences architecturales, culturelles et religieuses entre des villes indiennes, brésiliennes et françaises.

Des substances chimiques qui diffusent ne sont pas les seuls facteurs en fonction desquels peuvent être modélés des champs morphogénétiques ; parmi les autres candidats citons les pulsions électriques<sup>20</sup>, les champs électriques<sup>21</sup>, et les propriétés visco-élastiques des gels<sup>22</sup>.

De tels modèles se fondent sur des hypothèses relatives à d'éventuels mécanismes chimiques ou physiques, pourtant ils sont essentiellement mathématiques, et leur valeur explicative est indissociable des mathématiques. Ils tentent, en réalité, de fournir une synthèse mêlant, comme en physique classique, les traditions platonicienne et matérialiste, ainsi que Gierer le dit de manière très explicite :

Une compréhension satisfaisante de la formation de schèmes biologiques ne pourra émerger que d'une combinaison des connaissances relatives aux mathématiques et à la matière. Il est compréhensible que les biochimistes et biologistes moléculaires favorisent l'aspect matérialiste, et les mathématiciens, l'aspect formel du problème. Sur un plan philosophique, l'aspect mathématique formel paraît plus déterminant pour la compréhension que le structurel, mais il ne suffit pas à produire une confirmation expérimentale. Il est intéressant de noter que l'antagonisme entre la tendance mathématique et la tendance matérialiste remonte à Pythagore et Platon (pour les mathématiques) et à Démocrite puis Marx (pour le matérialisme) – cette controverse ne sera sans doute jamais résolue objectivement<sup>23</sup>.

### *L'évolution des champs morphogénétiques*

Les types de théories relatifs aux champs morphogénétiques que nous venons de considérer ont largement influencé la recherche contemporaine, et fournissent la voie la plus prometteuse à la modélisation des processus de morphogenèse. Mais

pendant plus de quatre-vingts ans, ces champs ont existé dans des limbes théoriques. Il semble s'agir de nouveaux types de champs encore inconnus en physique, pourtant ils ne sortent pas du néant.

Je crois possible de dépasser ces ambiguïtés frustrantes en prenant en compte un des traits les plus essentiels de ces champs : ils ont évolué. Ils possèdent un aspect intrinsèquement historique. Les organismes les héritent de leurs ancêtres. Mais comment ces champs peuvent-ils se transmettre ?

Seuls deux types de réponse paraissaient plausibles. Le premier, combinant génétique et platonisme, s'inscrit dans la tradition mécaniste. Le second envisage la possibilité que la *mémoire* soit inhérente aux champs.

La première de ces approches implique l'existence de formules mathématiques transcendantes pour tous les organismes vivants possibles. Richard Dawkins a élaboré un modèle informatique de ce domaine platonicien, nommé territoire biomorphe, dans lequel existent toutes les formes possibles d'organismes, dites biomorphes. La sélection naturelle propulse des populations d'organismes le long de trajectoires de changement génétique graduel vers de nouveaux biomorphes *via* une série intermédiaire de biomorphes. Mais tous les biomorphes possibles préexistent de manière indépendante du cours réel que pourrait prendre un processus évolutif particulier ; ils sont déjà spécifiés mathématiquement dans le programme informatique du territoire biomorphe<sup>24</sup>.

L'évolution biologique dépend, dans l'optique platonicienne, de l'évolution de systèmes génétiques permettant à certaines formes d'organismes possibles d'être perçues concrètement dans le monde physique ; mais les formules ou biomorphes eux-mêmes n'évoluent pas. Ils sont semblables aux Formes éternelles de toutes les espèces possibles, et existent dans un domaine transcendant, indépendant de l'existence véritable de ces organismes.

Les équations du champ morphogénétique du *Tyrannosaurus rex*, par exemple, existaient avant que la Terre vît le jour, et même avant la naissance du cosmos. Elles ne furent pas affectées par l'apparition évolutive de ce type de dinosaure, pas plus que par son extinction ultérieure.

Par ailleurs, si les champs morphogénétiques ont une mémoire inhérente, leur évolution peut être conçue de manière radicalement différente. Ce ne sont pas des Formes transcendantes, mais des qualités immanentes aux organismes. Ils évoluent *dans* le domaine naturel, et sont influencés par les événements réels du passé. Des habitudes se forment en eux. Ainsi, les modèles mathématiques de ces champs ne sont que des modèles; ils ne représentent pas des réalités mathématiques transcendantes *déterminant* les champs.

L'idée que les champs morphogénétiques ont une mémoire inhérente est le point de départ de l'hypothèse de la causalité formative. Je suis convaincu qu'elle peut nous mener vers une compréhension véritablement évolutionniste des organismes, et notamment de nous-mêmes. Je ne crois pas que la seule option possible – la combinaison traditionnelle du matérialisme et du platonisme – offre le même espoir, elle est, en effet, ancrée dans une conception préévolutionniste de l'univers, une conception que la physique elle-même conteste désormais.

### *L'hypothèse de la causalité formative*

L'hypothèse de la causalité formative, qu'étudiera le reste de cet ouvrage, part de l'idée que les champs morphogénétiques ont une réalité physique, dans le sens où on l'entend des champs de la gravitation, de l'électromagnétisme et de la matière quantique. Chaque type de cellule, de tissu, d'organe et d'organisme a son propre type de champ. Ces champs façonnent et organisent les micro-organismes, les végétaux et les animaux en développement,

et stabilisent les formes des organismes adultes. Ils agissent sur base de leur propre organisation spatio-temporelle.

L'aspect temporel des champs morphogénétiques ressort le plus clairement des concepts de chréodes et d'attracteurs morphogénétiques. Les champs morphogénétiques relient des organismes en développement à des schèmes futurs d'organisation, vers lesquels les chréodes guident le processus de développement.

Au stade actuel, cette proposition ne fait que rendre explicite ce qui a toujours été implicite dans le concept des champs morphogénétiques. L'innovation de l'hypothèse de la causalité formative est la suggestion que la structure de ces champs n'est pas déterminée par des idées transcendantes ni par des formules mathématiques, mais résulte plutôt de formes réelles d'organismes similaires antérieurs. En d'autres termes, la structure de ces champs dépend d'événements réels du passé. Ainsi, les champs morphogénétiques de l'espèce digitale sont-ils façonnés par des influences émanant de digitales ayant réellement existé par le passé. Ils représentent une sorte de mémoire collective de l'espèce. Chaque membre est façonné par ces champs d'espèce, et contribue, à son tour, à les façonner, en influençant les membres futurs de l'espèce.

Comment une telle mémoire pourrait-elle fonctionner? Selon l'hypothèse de la causalité formative, elle dépendrait d'une sorte de résonance, dite morphique. La résonance morphique se fonde sur la similitude. Plus un organisme est semblable à des organismes antérieurs, plus grande sera leur influence sur sa résonance morphique. Et plus il y a eu d'organismes semblables, plus leur influence cumulative sera puissante. Ainsi une digitale en développement est-elle sujette à la résonance morphique d'innombrables digitales ayant existé avant elle, et cette résonance façonne et stabilise ses champs morphogénétiques.

La résonance morphique diffère des types de résonance déjà connus de la science, et notamment de la résonance acoustique,

de la résonance électromagnétique, de la résonance du spin électronique et de la résonance magnético-nucléaire. La résonance morphique, à l'inverse de ces autres types, n'implique pas un transfert d'énergie d'un système à un autre, mais plutôt un transfert d'information non énergétique. Elle ressemble néanmoins aux types connus de résonance en ce sens qu'elle se produit sur base de schèmes d'activité rythmiques.

Tous les organismes sont des structures d'activité, et ils subissent, à tous les niveaux d'organisation, des oscillations rythmiques, des vibrations, des mouvements périodiques ou des cycles<sup>25</sup>. Dans les atomes et les molécules, les électrons sont en mouvement vibratoire incessant sur leur orbite; les grandes molécules, notamment les protéines, vibrent et ondulent selon des fréquences caractéristiques<sup>26</sup>. Les cellules contiennent d'innombrables structures moléculaires vibratoires, leurs activités biochimiques et physiologiques expriment des schèmes d'oscillation<sup>27</sup>, et les cellules elles-mêmes traversent des cycles de division. Les végétaux respectent des cycles d'activité quotidiens et saisonniers; les animaux veillent et dorment, et en eux un cœur bat, des poumons assurent leur respiration, et des intestins se contractent en ondes rythmiques<sup>28</sup>. Le système nerveux a un fonctionnement rythmique, et le cerveau est balayé par des ondes récurrentes d'activité électrique<sup>29</sup>. Quand des animaux se meuvent, ils le font au moyen de cycles d'activité répétitifs – les contorsions du ver, la marche de la scolopendre, la nage du requin, le vol du pigeon, le galop du cheval. Nous-mêmes traversons maints cycles d'activité: nous mâchons nos aliments, nous marchons, nous faisons du vélo, nous nageons et nous nous accouplons.

Selon l'hypothèse de la causalité formative, la résonance morphique entre de telles structures d'activité rythmiques se fonde sur la similitude; à travers cette résonance des schèmes d'activité passés influencent les champs de systèmes similaires



ultérieurs. La résonance morphique implique une sorte d'action à distance dans l'espace et le temps. L'hypothèse suppose que cette influence ne décline pas avec la distance dans l'espace ou le temps.

La naissance d'une forme ne se produit pas dans un vide. Tous les processus de développement partent de systèmes ayant déjà une organisation spécifique. Un embryon se développe à partir d'un œuf fertilisé contenant de l'ADN, des protéines et d'autres molécules organisés de manières particulières et caractéristiques de l'espèce. Ces structures de départ, ou germes morphogénétiques, entrent en résonance morphique avec les membres antérieurs de l'espèce. En d'autres termes, l'embryon en développement est «branché» sur les champs de l'espèce et se retrouve donc entouré, ou enveloppé, par les chréodes qui façonnent son développement, ainsi que le développement d'innombrables embryons l'ayant précédé.

Tous les membres passés de l'espèce contribuant à former ces champs, leur influence est cumulative : elle augmente en proportion du nombre total des membres de l'espèce. Ces organismes passés sont similaires plutôt qu'identiques, aussi les champs morphogénétiques d'un nouvel organisme soumis à leur influence collective ne sont pas strictement définis, mais consistent en un composé de formes similaires antérieures. Ce processus est analogue à une photographie composée, dans laquelle des photos «moyennes» sont obtenues en superposant plusieurs images similaires (Fig. 6.4). Des champs morphogénétiques sont des «structures de probabilité», dans lesquelles les influences des types passés les plus courants se combinent pour augmenter la probabilité de répétition de tels types.



**Figure 6.4** Photographies composées de trente femmes et de quarante-cinq hommes, membres de l'équipe du John Innes Institute, Norwich, Angleterre (reproduites avec l'aimable autorisation du John Innes Institute).

### *Influence à travers l'espace et le temps*

Le schème de Weismann suppose un flux d'influence unidirectionnel du plasma germinatif au protoplasme (Fig. 5.4), soit, en termes modernes, un flux unidirectionnel du génotype au phénotype. L'interprétation platonicienne des champs sous forme d'équations génératives prolonge cette notion d'influence unidirectionnelle : les champs, se combinant à des facteurs génétiques et environnementaux, engendrent l'organisme adulte. La forme véritable des organismes n'influence pas les équations de champ, censées transcender la réalité physique.

En revanche, l'hypothèse de la causalité formative postule un flux d'influence bidirectionnel : des champs aux organismes et des organismes aux champs. On représentera cela en intégrant

des ensembles supplémentaires de flèches au diagramme de Goodwin (Fig. 6.3).

Les différences entre les diverses théories de la forme sont illustrées par le diagramme de la figure 6.5. Une interprétation platonicienne des formes des organismes en termes d'Idées archétypes implique une influence unidirectionnelle de l'Idée vers l'organisme, l'Idée elle-même ne se modifiant pas (Fig. 6.5A). En réalité, elle ne peut changer puisqu'elle est transcendante, se situant au-delà du temps et de l'espace. La Forme est potentiellement présente en tout temps et en tout lieu, et peut se refléter dans la forme des organismes en tout temps et en tout lieu dans l'univers, pour autant que les conditions soient appropriées.

La théorie mécaniste met l'accent sur la réalité des atomes et des molécules au sein des organismes, mais considère leur mode d'interaction comme une conséquence de lois universelles (Fig. 6.5B). Comme les Idées platoniciennes, ces lois ne sont pas des entités matérielles susceptibles d'être situées dans l'espace et le temps; elles sont, plutôt, potentiellement présentes et actives à travers tout l'univers: elles l'ont toujours été et le seront à jamais.

Les entéléchies aristotéliennes, en revanche, n'ont pas une existence transcendant l'espace et le temps (Fig. 6.5C). Elles sont associées aux organismes et dépendent d'eux. Mais elles demeurent immuables: elles n'évoluent pas. Comme les Idées platoniciennes ou les lois universelles, elles exercent une influence unilatérale *sur* les organismes; mais leur nature demeure inaffectée *par* ceux-ci.

Les champs morphogénétiques n'ont pas une existence transcendante, indépendante des organismes – en cela, ils ressemblent aux entéléchies (Fig. 6.5D). Mais ils sont influencés par les organismes et façonnés, *via* une résonance morphique, par les champs d'organismes similaires antérieurs.

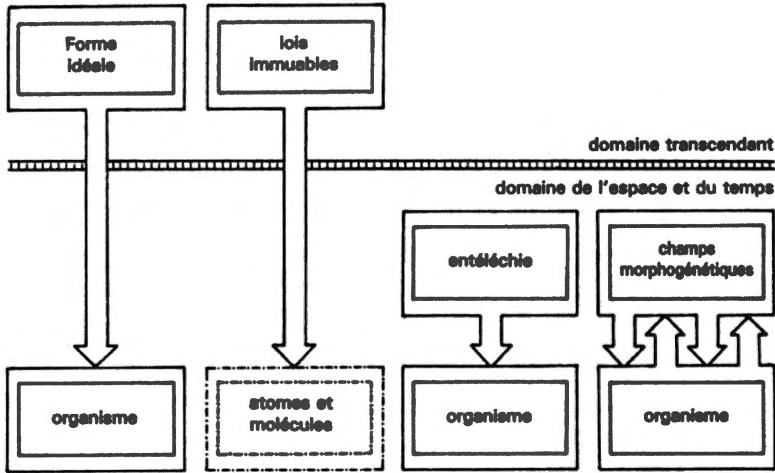


Figure 6.5 Diagramme de comparaison des différentes théories de la forme. Dans la platonicienne, il y a influence unidirectionnelle de la Forme transcendante à l'organisme; dans la mécaniste, il y a aussi influence unidirectionnelle des lois transcendantes de la nature vers les atomes et les molécules constituant l'organisme. Dans l'aristotélicienne, les entéléchies organisatrices sont immanentes, et non transcendantes, à l'organisme et à son environnement immédiat, elles ressemblent, à cet égard, aux champs morphogénétiques. Toutefois, les entéléchies, comme les Formes platoniciennes et les lois transcendantes, sont fixes par nature et ne peuvent donc évoluer; elles ne sont pas affectées par ce qu'il advient en réalité dans les générations successives d'organismes. En revanche, selon l'hypothèse de la causalité formative, les champs morphogénétiques sont affectés par les événements réels, ils ont une mémoire inhérente et sont évolutifs par nature.

Nous sommes habitués à l'idée d'influences causales agissant à distance dans l'espace et le temps *via* des champs: ainsi, lorsque nous regardons des étoiles, sommes-nous soumis à des influences millénaires et lointaines ayant traversé le champ électromagnétique véhiculant la lumière. La notion de résonance morphique

implique cependant un type d'action à distance différent, plus difficile à saisir parce que n'impliquant pas le mouvement de quanta d'énergie à travers un champ connu de la physique.

Voilà qui soulève la question du milieu de transmission : comment la résonance morphique se produit-elle à travers le temps et l'espace ? En réponse à cette question, nous pourrions imaginer un « éther morphogénétique », ou une autre « dimension » ou encore des influences passant « au-delà » de l'espace-temps, puis y rentrant. Mais il serait peut-être plus satisfaisant d'imaginer le passé comprimé, en quelque sorte, contre le présent, et potentiellement présent partout. Les influences morphiques d'organismes passés peuvent simplement être *présentes* pour des organismes similaires ultérieurs.

Nous sommes tellement habitués à la notion de lois physiques immuables que nous les considérons comme allant de soi ; mais si nous prenons le temps de réfléchir à la nature de ces lois, elles nous apparaissent profondément mystérieuses. Ce ne sont pas des entités matérielles ni énergétiques. Elles transcendent l'espace et le temps et sont, tout au moins potentiellement, présentes en tous lieux et en tout temps.

Si la résonance morphique est mystérieuse, les théories conventionnelles ne le sont pas moins. Prenons un peu de recul et considérons leurs postulats remarquables. L'hypothèse de la causalité formative n'est pas une spéculation métaphysique bizarre contrastant avec la théorie dure, empirique, pragmatique du mécanisme. Cette dernière dépend de présupposés *plus* métaphysiques, en réalité, que la notion de causalité formative.

### *Les champs morphiques*

Les champs morphogénétiques, dans le sens où l'entend la causalité formative, seront dits *morphiques* dans les pages qui suivent. Ce terme est plus simple et permet de distinguer cette

nouvelle conception des champs morphogénétiques d'autres, plus conventionnelles. Le sens de ce terme est plus général que celui de *morphogénétique*, et inclut d'autres types de champs organisateurs ; ainsi que nous le verrons par la suite, les champs organisateurs du comportement animal et humain, des systèmes sociaux et culturels, et de l'activité mentale peuvent tous être considérés comme des champs morphiques ayant une mémoire inhérente.

### *Les champs d'information*

*Information* est un mot à la mode. Nous vivons à «l'ère de l'information» et nos vies sont environnées par les technologies de l'information. L'information joue un rôle formatif ou informatif. Mais qu'est-ce ? Que ce soit dans ou au-delà des limites du discours scientifique, l'emploi général de ce mot est sans relation bien définie avec la conception technique de l'information telle que la perçoit la théorie de l'information. Cette procédure mathématique a un champ d'application relativement étroit, et une valeur très limitée en biologie<sup>30</sup>. Quand les biologistes parlent d'«information génétique», par exemple, ils utilisent, en général, ce mot dans un sens vague, non technique, souvent interchangeable avec un sens aussi vague et non technique du mot *programme*.

La nature de cette information demeure obscure, et l'emploi de termes alternatifs tels qu'*instructions* ou *programmes* ne contribue guère à l'éclairer. Est-elle physique ou mentale ? Est-elle essentiellement mathématique ? Est-elle une sorte d'abstraction conceptuelle ? Si tel est le cas, de quoi est-elle une abstraction ?

Dans la mesure où l'information est employée pour expliquer le développement et l'évolution des corps, du comportement, des esprits et des cultures, elle ne peut être considérée comme statique – elle doit elle-même se développer et évoluer.

Les champs morphiques jouent un rôle comparable à l'information et aux programmes dans la pensée biologique

conventionnelle, et peuvent, en réalité, être considérés comme des *champs d'information*. Supposer l'information contenue dans des champs morphiques aide à démystifier ce concept, qui, autrement, se référerait à une notion essentiellement abstraite, mentale, mathématique, ou tout au moins non physique. Cela attire aussi l'attention sur la nature évolutive de l'information biologique, car ces champs contiennent une mémoire innée soutenue par la résonance morphique.

### *L'apparition de champs nouveaux*

Les champs morphiques de tout organisme particulier, disons d'un tournesol, sont façonnés par les influences des générations précédentes de tournesols. La résonance morphique ne permet pas, cependant, d'expliquer comment des champs de ce type se manifestent pour la *première* fois. Dans le cadre de l'évolution biologique, les champs de tournesols sont reliés de manière étroite aux champs d'autres espèces apparentées, telles que les artichauts de Jérusalem, et descendent sans aucun doute des champs d'une longue lignée d'espèces ancestrales. Mais l'hypothèse de la causalité formative ne permet pas de répondre à la question de savoir comment les champs du genre héliotrope ou de la famille des *Asteraceae* dont il est membre, ou des premières plantes à fleurs, ou en réalité des premières cellules, ont vu le jour. C'est une question d'origine ou de créativité.

Des champs de nouveaux types d'organismes *doivent*, d'une manière ou d'une autre, voir le jour une première fois. D'où proviennent-ils? Peut-être de nulle part, peut-être se manifestent-ils spontanément. Peut-être sont-ils organisés par un type de champ «supérieur». Ou peut-être représentent-ils une manifestation d'archétypes préexistants, jusqu'alors entièrement transcendants. Peut-être, en réalité, émergent-ils de Formes immuables ou d'entités mathématiques, qui, en voyant le jour

dans l'univers physique, acquièrent une vie propre. Ces possibilités sont étudiées plus en détail au chapitre 18. Mais il importe peu, dans le cadre de l'hypothèse de la causalité formative, de savoir laquelle de ces réponses a la préférence. L'hypothèse ne traite que de champs morphiques ayant déjà vu le jour.

Nous ne devrions pas perdre de vue que les alternatives à l'hypothèse de la causalité formative posent des problèmes tout aussi profonds. Si des organismes sont organisés par des lois mathématiques immuables, par des équations génératives, ou par quoi que ce soit qui corresponde à des modèles mathématiques, nous n'avons pas à nous demander d'où ils proviennent, car ils sont censés être éternels. Mais se pose alors le problème des lois immuables ou des équations préexistantes à la naissance de l'univers. Les équations génératives des tournesols, par exemple, devraient être antérieures à l'apparition sur terre des premières cellules vivantes, donc antérieures au Big Bang lui-même.

Même si nous reculons devant de telles spéculations métaphysiques, et adoptons une approche purement empirique, le fait est que l'hypothèse de la causalité formative permet diverses prédictions vérifiables, radicalement différentes de celles des théories conventionnelles. Cette différence tient à ce que les théories orthodoxes de la science appréhendent les lois de la nature comme immuables en tout temps et en tout lieu. Que la nature métaphysique de ce postulat soit reconnue ou non, elle est indéniable. Elle sous-tend l'idéal de répétabilité des expériences, et fait partie intégrante des fondements de la méthode scientifique, telle que nous la connaissons (chapitre 2). L'hypothèse de la causalité formative conteste ce postulat. Elle suggère que les principes organisateurs invisibles de la nature ne sont pas fixés de toute éternité mais évoluent avec les systèmes qu'ils organisent.



# Chapitre 7

## Champs, matière et résonance morphique

Nous verrons, pour commencer ce chapitre, comment les physiciens ont envisagé la relation des champs à la matière. Nous examinerons ensuite la manière dont l'idée de champs morphiques, suggérée par l'hypothèse de la causalité formative, se rattache aux conceptions orthodoxes des champs, et nous poursuivrons en explorant certaines conséquences de cette hypothèse aux niveaux des molécules et des cristaux, afin d'élaborer des vérifications expérimentales. Le chapitre s'achèvera sur une discussion du rôle de la résonance morphique du passé d'un système sur le développement et la préservation de sa structure.

### *L'éther, les champs et la matière*

Les champs morphiques, comme les champs gravitationnel, électromagnétique et de matière quantique connus des physiciens, sont intimement liés à la matière. Ils entrent en interaction avec elle et l'organisent. Cette idée semble, de prime abord, impliquer une dualité champs-matière. Mais celle-ci n'est plus conçue comme une substance passive, inerte ; elle n'est plus constituée d'atomes «boules de billard» chers à la physique du XIX<sup>e</sup> siècle. Elle apparaît composée de phénomènes périodiques d'activité, d'énergie liée et organisée dans des champs.

Pour se faire une idée plus claire de la relation existant entre les organismes et leurs champs morphiques, il convient de retracer l'évolution du concept de champ en physique, ainsi que sa relation au concept de matière.

Les théories du champ modernes sont ancrées dans l'œuvre de Michael Faraday, qui, grâce à son étude du magnétisme, en vint à la conclusion que des «lignes de force» s'étendaient autour d'un aimant (Fig. 6.1). Celles-ci constituaient des états de contrainte et possédaient une réalité physique<sup>1</sup>. Pourtant, elles n'étaient pas constituées de matière ordinaire. Mais alors, de quelle sorte de réalité s'agissait-il? Incapable de le dire, il suggéra des interprétations alternatives. Elles ont une existence physique soit en tant qu'états d'un milieu matériel «que nous nommerons éther», soit en tant qu'états de «simple espace». Sa préférence allait à la notion de lignes de force-modifications de l'espace, parce qu'elle était liée à d'autres spéculations traitant les particules matérielles comme des centres ponctuels de lignes de force convergentes – interprétation brisant la distinction entre matière et force<sup>2</sup>. Les forces lui apparaissaient, en réalité, comme la seule substance physique – substance remplissant tout l'espace. En elle, chaque point du champ de force possédait une certaine quantité de force propre. Chaque point était en interaction avec ses voisins, permettant des vibrations de force et toutes sortes de *schèmes* de force, y compris des corps matériels<sup>3</sup>.

Ces idées de Faraday furent abandonnées par ses successeurs. Il fallut attendre Einstein pour que sa chère conception du champ-état de «simple espace» soit réhabilitée en physique. Maxwell adopta l'alternative délaissée par Faraday et considéra le champ comme un état d'un milieu particulier, l'éther. L'éther avait une nature proche d'un fluide, dans lequel des tourbillons tubulaires sont en rotation. Des forces et des états de tension se manifestaient en cas de différence entre la vitesse de rotation de tourbillons voisins, mais Maxwell se montra fort prudent dans son recours à l'analogie du fluide:

Il ne faut pas croire que la substance traitée ici possède quelque propriété des fluides ordinaires, hormis celles de liberté de mouvement et de résistance à la compression.

Ce n'est même pas un fluide hypothétique conçu pour expliquer quelque phénomène réel. Ce n'est qu'une collection de propriétés imaginaires susceptibles d'être employées pour établir des théorèmes en mathématique pure, d'une manière plus intelligible à la multitude et plus applicable aux problèmes physiques que celle dont on emploie les symboles algébriques<sup>4</sup>.

Mais quelle que soit sa nature, le champ était indispensable à Maxwell pour décrire les interactions électromagnétiques à distance, en raison du délai enregistré dans la transmission. Il supposa que ce délai impliquait des processus physiques se déroulant dans l'espace intermédiaire<sup>5</sup>.

Vers la fin du XIX<sup>e</sup> siècle, Hendrik Lorentz abandonna l'idée de l'éther substance mécanique. Il le vit, au contraire, immobile et établit une distinction nette entre éther et matière. Il rejeta les tentatives contemporaines visant à concevoir l'éther comme une forme subtile de la matière, et élabora une conception toute différente. D'autres poussèrent plus avant ce processus, et vers la fin du siècle, les champs l'emportaient sur la matière. On ne cherchait plus à expliquer les champs par rapport à la matière, mais la matière par rapport aux champs. Ainsi, Joseph Larmor écrivit-il, en 1900 : «La matière peut être, et est probablement, une structure dans l'éther, mais l'éther n'est certes pas une structure faite de matière<sup>6</sup>.»

Mais alors qu'était l'éther ? Lorentz continua à le définir comme étant, dans un certain sens, substantiel. Il écrivit en 1916 : «Je ne puis m'empêcher de considérer l'éther, qui peut être le siège d'un champ électromagnétique avec son énergie et sa vibration, comme doté d'un certain degré de substantialité, aussi différent qu'il puisse être de toute matière ordinaire<sup>7</sup>.» Pour Lorentz, l'éther servait de milieu – non mécanique – et de cadre de référence absolu ; son rôle était similaire à celui de l'espace absolu de Newton.

Pour Einstein, l'éther devint «superflu». Dans sa théorie de la relativité restreinte (1905), le champ électromagnétique imprègne le vide de l'espace vide, et cet espace n'est plus absolu. Le champ n'a pas la moindre base mécanique; il est, néanmoins, le siège de processus complexes et, comme la matière pondérable, possède énergie et mouvement. Il peut entrer en interaction avec la matière et donc échanger avec elle énergie et mouvement. Mais le champ est indépendant de la matière. Ce n'est pas un état de matière. C'est un état d'espace<sup>8</sup>.

Dans sa théorie de la relativité générale, Einstein étendit le concept de champ aux phénomènes de gravitation. Le champ de gravitation, un continuum espace-temps incurvé à proximité de la matière, remplaçait le concept newtonien d'une force gravitationnelle agissant à distance. La gravitation est une conséquence des propriétés géométriques de l'espace-temps lui-même. Mais Einstein s'avéra incapable de formuler une théorie du champ unifiée dans laquelle les effets électromagnétiques résulteraient de ces propriétés géométriques. De multiples tentatives d'élaboration d'une telle théorie ont été réalisées et le sont encore (chapitres 6 et 17).

La théorie de la relativité générale traite de phénomènes à grande échelle tels que les mouvements des planètes, et embrasse, en réalité, la structure même de l'univers. Les interactions intimes des champs et de la matière dans le domaine des objets très petits, tels que les atomes, relèvent de la physique quantique.

La théorie quantique part de l'idée que les atomes absorbent et émettent de la lumière sous forme de quanta, ou unités, d'énergie. Les ondes de lumière doivent être conçues en termes de «paquets», et ces quanta confèrent à la lumière un aspect particulier. Les «particules» de lumière sont nommées photons.

Un «saut quantique» se produisit dans la théorie en 1924 lorsque Louis de Broglie suggéra que, tout comme les ondes de lumière ont des propriétés des particules, les particules de

matière ont des propriétés des ondes<sup>9</sup>. Cela conduisit à une toute nouvelle conception des électrons et autres particules subatomiques, perçues jusqu'alors comme de minuscules boules de billard. Des expériences révélèrent bientôt que des électrons se comportaient effectivement comme des ondes. Il s'agit désormais d'une question d'engineering pratique. Ainsi, le microscope électronique opère-t-il comme un microscope ordinaire, sinon qu'il utilise des électrons au lieu d'ondes lumineuses. La théorie de de Broglie ne se limite pas aux particules subatomiques : *toute* matière a un aspect onde, même des atomes et molécules entiers.

Cette théorie fournit la base de la notion de champs de matière quantique. Ces champs sont de types différents des champs électromagnétiques, mais ils sont aussi réels que ceux-ci. Les ondes matérielles ne décrivent pas simplement le comportement de particules uniques telles que les électrons ; elles sont perçues comme des aspects d'un champ matériel dans lequel les particules sont des quanta d'excitation. Ainsi un électron est-il une particule dans un champ de matière, tout comme un photon est une particule dans le champ électromagnétique.

Il existe de nombreux types de champs de matière : un, par type de particule. Un électron est un quantum du champ électron-positron, un proton est un quantum du champ proton-antiproton, etc. Différents types de champs de matière peuvent entrer en interaction l'un avec l'autre, ainsi qu'avec des champs électromagnétiques. Toutes ces interactions sont favorisées par les quanta<sup>10</sup>.

Dans ces champs de matière quantique, il n'existe pas de dualité champ-particule, en ce sens que le champ est en quelque sorte extérieur à la particule. En fait, la réalité physique essentielle est devenue un ensemble de champs, lesquels spécifient les probabilités de trouver des quanta en des points particuliers de l'espace. Les particules sont des manifestations de la réalité sous-jacente des champs.

Ces champs sont des états d'espace, ou de vide. Mais le vide n'est pas vide; il abonde en énergie, et subit des fluctuations quantiques qui créent de nouveaux quanta «à partir de rien», lesquels sont ensuite à nouveau annihilés. Une particule et son antiparticule peuvent acquérir une «existence virtuelle» en un point de l'espace puis s'annihiler aussitôt l'une l'autre<sup>11</sup>.

### *Atomes et organismes : des champs dans des champs*

Il résulte de tout cela que les particules de matière sont des quanta d'énergie dans des champs, lesquels sont des états d'espace, ou de vide. Tel est le fondement moderne de l'approche de la réalité matérielle. Cette extraordinaire vision théorique ne nous a pourtant guère aidés à comprendre les organismes vivants. Les biologistes peuvent quasiment se passer de tout savoir relatif aux champs de matière quantique, quant aux biologistes moléculaires, ils traitent de molécules qu'ils appréhendent, dans la plupart des cas, comme composées d'atomes de type boule de billard. La physique quantique a dissous les atomes dans un système complexe de champs quantifiés, mais l'ancien mode de pensée atomiste persiste dans son ensemble dans d'autres secteurs de la science; les atomes semblent toujours fournir un fondement ferme et rassurant à la biologie, et dans une large mesure à la chimie.

Si les physiciens ont introduit des dizaines de types différents de champs de matière dans le contexte des particules subatomiques, les chimistes n'ont pas agi de même au niveau moléculaire. Certes, diverses propriétés des molécules ont été interprétées en fonction de principes de physique quantique: les liaisons chimiques, par exemple, peuvent être comprises en termes d'orbitales électroniques partagées embrassant les atomes liés<sup>12</sup>. Mais ceux-ci demeurent des aspects du champ électron-positron, et non d'un type de champ qualitativement nouveau. En biologie mécaniste, il n'est pas question de prendre en compte d'éventuels types nouveaux de champs inconnus des physiciens quantiques:

les champs connus de la physique sont censés fournir un fondement adéquat à tous les phénomènes de la vie. Cette hypothèse est apparue dans le cadre de la vision du monde mécaniste de la physique classique, et a persisté en dépit des modifications introduites dans celle-ci par la théorie quantique.

Mais si nous adoptons une perspective organiciste plutôt qu'atomiste, rien ne permet d'affirmer que des organismes à tous les niveaux de complexité n'aient pas de champs caractéristiques. En réalité, l'idée originale des ondes de matière de de Broglie impliquait une telle vision : des atomes et des molécules entiers étaient des quanta semblables à des ondes, comme en réalité toutes les formes de matière.

Dans cet esprit, il ne serait pas absurde de considérer une molécule d'insuline, par exemple, comme un quantum, ou unité, dans un champ d'insuline ; ou même un cygne comme un quantum, ou unité, dans un champ de cygne. Mais cela n'est peut-être qu'une manière différente d'envisager les champs morphiques : toute molécule d'insuline particulière est une manifestation du champ morphique de l'insuline ; tout cygne particulier est une manifestation du champ morphique du cygne.

Les champs morphiques peuvent, en réalité, être comparés, sur le plan du statut, à des champs de matière quantique. S'il est vrai que des atomes ont des champs morphiques, ceux-ci peuvent fort bien correspondre à ce qu'a déjà décrit la théorie du champ quantique. Les champs morphiques des molécules peuvent avoir été décrits en partie par la chimie quantique. Mais les champs morphiques des cellules, des tissus, des organes, et des organismes vivants n'ont été décrits qu'en termes vagues et généraux. Leurs propriétés ont été esquissées par l'étude des végétaux et animaux en développement (chapitre 6), mais les manières dont ces champs organisent, en réalité, les processus de morphogenèse demeurent obscures.

### *Les champs morphiques en tant que structures de probabilité*

Les champs morphiques sont intrinsèquement probabilistes ; en d'autres termes, ils ne sont pas nettement définis, ce sont des «structures de probabilité». Il existe au moins trois raisons de penser cela.

Premièrement, des organismes, ou systèmes, ou unités morphiques, ou holons individuels révèlent à chaque niveau de complexité des traits indéterminés ou probabilistes. Dans le domaine biologique, des cellules, tissus, organes et organismes individuels, même s'ils sont identiques sur le plan du bagage génétique et du développement, ne sont jamais tout à fait semblables. Leur variabilité même suggère que des processus probabilistes tiennent un rôle important dans leur développement. Qui plus est, des études fouillées de leur fonctionnement ont fourni maints exemples d'un indéterminisme ou probabilisme intrinsèque ; ainsi, des fluctuations au hasard du potentiel électrique traversant les membranes de cellules nerveuses affectent leur tendance à «réagir», ce qui a des conséquences importantes pour le fonctionnement du système nerveux<sup>13</sup>. Cette seule raison donne déjà à penser que les champs morphiques sont de nature probabiliste<sup>14</sup> ; dans la mesure où ils entrent en interaction avec – ou sous-tendent – les structures matérielles des organismes, le comportement probabiliste de ces dernières pourrait refléter un probabilisme inhérent des champs associés.

Deuxièmement, les champs morphiques sont formés et soutenus par la résonance morphique d'innombrables organismes similaires antérieurs. Ces organismes, quoique similaires, sont foncièrement variables. On ne trouvera jamais deux trèfles tout à fait identiques, ni même deux feuilles du même trèfle. La résonance morphique d'innombrables organismes passés donne naissance à un champ morphique qui est un composé, ou une



moyenne, des formes précédentes: il ne peut donc être défini nettement, c'est une structure de probabilité (Fig. 6.4).

Troisièmement, si des champs morphiques sont considérés comme «apparentés» aux champs de matière quantique, il s'ensuit qu'ils sont également probabilistes. La relation entre champs morphiques et champs de matière quantique demeure obscure; peut-être les champs morphiques constituent-ils un type de champ tout à fait différent, sans relation aucune avec ceux de la théorie quantique. Mais si c'est le cas, il serait difficile d'imaginer comment ces champs entrent en interaction, comme ils sont censés le faire. En revanche, s'ils sont de type similaire aux champs de matière quantique, non seulement il devient plus aisé de concevoir leurs interactions, mais encore il est permis d'espérer voir une théorie unifiée les englober tous deux.

Le champ morphique d'un organisme organise les parties, ou holons, de cet organisme, et les champs de ces holons organisent à leur tour les holons de niveaux inférieurs qu'ils renferment. Par exemple, le champ d'un organe organise les tissus; le champ d'un tissu, les cellules; le champ d'une cellule, les holons subcellulaires tels que les noyaux et les membranes cellulaires. Les holons et leurs champs associés sont organisés en une hiérarchie gigogne (Fig. 5.9).

À chaque niveau, les champs des holons sont probabilistes, et les processus matériels inhérents à l'holon sont, en quelque sorte, fortuits ou indéterminés. Des champs de niveau supérieur peuvent agir sur les champs d'holons de niveau inférieur de manière telle que leurs structures de probabilité s'en trouvent modifiées. On pourrait parler d'une restriction de leur indéterminisme: des innombrables schèmes d'événements susceptibles d'advenir, d'aucuns ont désormais beaucoup plus de chance de se produire du fait de l'ordre imposé par le champ de niveau supérieur. Ce champ organise l'indéterminisme qu'exprimeraient les holons de niveau inférieur s'ils étaient isolés.

### *Une hypothèse provisoire*

De toute évidence, l'hypothèse de la causalité formative est encore vague, et la nature des champs morphiques, mal définie. Qu'on leur confère une qualité immuable, et l'hypothèse devient indémontrable. En effet, comment la distinguer expérimentalement d'une conception platonicienne de ces champs, ou de théories niant leur existence et affirmant qu'il n'existe que des schèmes complexes d'interaction physique, explicables en principe (mais non en pratique) en fonction des champs connus de la physique?

L'hypothèse de la causalité formative pose donc que les champs morphiques *ne sont pas* immuables, mais influencés par les événements réels du passé. Leurs structures probabilistes se modifient, et ces modifications doivent être décelables de manière empirique. L'hypothèse est dès lors démontrable, même si la nature de ces champs et des processus de résonance morphique demeure, dans une large mesure, inconnue. J'évoquerai, dans ce chapitre et les suivants, plusieurs moyens de tester l'hypothèse.

Avant les travaux de Faraday, les effets magnétiques étaient généralement perçus en termes d'«effluves» ou de «fluides subtils». Les lignes de force de Faraday et les tourbillons éthérés de Maxwell étaient mieux définis, mais leur nature demeurait obscure. La théorie moderne du champ électromagnétique marque un progrès majeur dans la voie de la compréhension; il reste qu'il nous est difficile de rapprocher la nature du champ et ses excitations quantifiées de notre expérience directe.

Notre compréhension de la morphogenèse est toujours limitée et la définition des champs morphiques aussi imprécise que celle des effluves magnétiques avant Faraday. Pour vagues que soient ces concepts, ils sont utiles en tant que tremplins vers d'autres plus précis. Les théories du magnétisme ne sont pas passées sans transition de la notion d'effluves à celle de

champ électromagnétique quantifié ; la vision moderne a mis plus d'un siècle à se développer.

Le concept de champ morphogénétique a vu le jour il y a plus de quatre-vingts ans. Si l'interprétation présente, en termes de résonance morphique, est confirmée par l'expérience, elle en favorisera une compréhension plus profonde. Une théorie plus précise de ces champs, et de leur relation avec les champs connus de la physique, ne verra sans doute le jour que dans quelques années, voire quelques décennies.

L'hypothèse de la causalité formative est inévitablement préliminaire et provisoire. Mais même sous sa forme actuelle, le concept de résonance morphique permet d'appréhender sous un jour nouveau un vaste éventail de phénomènes relevant de la chimie, de la biologie, et de la psychologie ; il autorise par ailleurs maintes prédictions. Commençons à étudier ses conséquences et ses implications.

### *La résonance morphique moléculaire*

Si les champs morphiques sont associés à des holons à tous les niveaux de complexité, il doit s'ensuivre que chaque type de molécule chimique est associé à un champ morphique spécifique.

Cette notion semble, de prime abord, futile. Les structures moléculaires sont censées, en principe, se prêter à une interprétation en termes de théorie quantique et de champs électromagnétiques. Donc, elles sont déjà conçues en termes de champs. Rien ne permet toutefois d'affirmer que les types de champs connus expliquent tous les phénomènes chimiques.

La mécanique quantique fournit une justification détaillée du plus simple de tous les systèmes chimiques, l'atome d'hydrogène. Mais dès qu'il est question d'atomes plus complexes ou de molécules simples, ses méthodes perdent de leur précision et la complexité des calculs devient formidable. Même le plus

simple des systèmes moléculaires, l'ion d'hydrogène, qui contient deux protons et un électron, pose des problèmes insurmontables. Calculer ses propriétés nécessite une série d'hypothèses simplificatrices :

Ce système simple entre dans la catégorie des problèmes à trois corps, que ne peuvent résoudre ni la mécanique classique ni la mécanique quantique. [...] Les manuels élémentaires de chimie quantique omettent de préciser que l'évidence spectroscopique empirique susceptible de tester ces calculs est faible. En outre, les tests tendent à décevoir les opérateurs. Mais nul ne doit avoir honte, car le calcul complet de l'ion d'hydrogène – portant sur les rotations aussi bien que les vibrations – dépend d'une succession de présupposés manifestement faux (John Maddox<sup>15</sup>).

Grâce à l'accélération rapide des capacités de calcul et à de nouvelles méthodes d'approximation, il est désormais possible de calculer avec un degré raisonnable d'exactitude certaine des propriétés chimiques de molécules simples telles que le monoxyde de carbone (CO)<sup>16</sup>. Pour procéder à une analyse mathématique de molécules et de cristaux plus complexes, on est réduit à recourir à des approximations encore plus radicales, à des présupposés encore plus simplistes. Ces calculs ont fourni une meilleure compréhension de certaines propriétés des molécules et des cristaux ; mais nous n'en sommes toujours pas à prévoir leurs formes et propriétés à partir de principes premiers. Nous ne pouvons donc conclure que ces principes connus permettent d'expliquer les faits de la chimie. Le problème demeure entier, même pour des molécules et des cristaux relativement simples<sup>17</sup>.

### *La structure et la morphogenèse des protéines*

Il est très peu évident que les principes connus de la physique permettraient d'expliquer les structures et les propriétés des

molécules dans le cas de molécules complexes telles que des protéines. Celles-ci sont constituées de chaînes d'acides aminés, dites chaînes polypeptidiques, s'enroulant spontanément en une configuration à trois dimensions caractéristiques (Fig. 7.1). Une protéine peut être *dénaturée*, c'est-à-dire amenée à se dérouler en une chaîne polypeptidique flexible ayant perdu sa configuration originale. Si la dénaturation est faible, il est habituellement possible de l'inverser. Des chaînes polypeptidiques déroulées se réenroulent spontanément et retrouvent leurs configurations originales : leur forme normale est régénérée. Un manuel contemporain commente ce phénomène en ces termes :

Ce comportement confirme que toute information déterminant la configuration doit être contenue dans la séquence d'acide aminé elle-même. [...] Bien que toute l'information requise pour l'enroulement d'une chaîne protéinique soit contenue dans sa séquence d'acide aminé, nous n'avons pas encore appris à «lire» cette information de manière à prédire la structure tridimensionnelle détaillée d'une protéine de séquence connue<sup>18</sup>.

Un rapport paru en l'an 2000 et rédigé par les National Institutes of Health américains a résumé succinctement la situation : «Depuis cinquante ans, on a essayé, en vain, de déchiffrer le code qui régit l'enroulement des protéines<sup>19</sup>.» Le problème pour comprendre cet enroulement est lié au nombre astronomique de configurations possibles – parmi lesquelles la protéine n'en adopte qu'une. Or, il est exclu qu'elle «explore», en s'enroulant, chacune de ces configurations jusqu'à ce qu'elle «trouve» celle qui présente la plus grande stabilité énergétique. Considérons, par exemple, une chaîne de cent acides aminés telle qu'on en trouve dans une petite protéine typique. Elle aurait jusqu'à  $10^{100}$  configurations possibles si chaque acide aminé pouvait adopter, en moyenne, dix configurations. «Si toutes les liaisons internes intervertissant

ces configurations se produisaient indépendamment au rythme maximum d'une par  $10^{13}$  secondes – 1, le temps moyen nécessaire pour tester toutes les configurations serait de  $10^{85}$  secondes, soit  $10^{77}$  années. Une autre estimation donne  $10^{60}$  années. Or, les protéines s'enroulent souvent en quelques secondes à peine, on pourrait donc en conclure que le processus d'enroulement n'est pas fortuit<sup>20</sup>.»

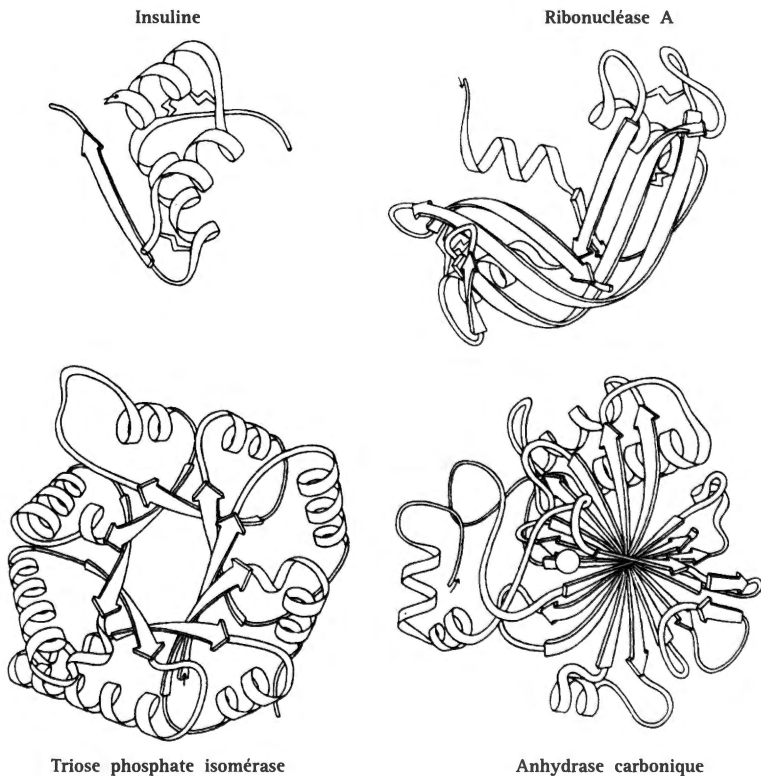


**Figure 7.1** Diagramme illustrant la structure à trois tridimensionnelles de quatre types de molécules protéiniques (extrait de *Advances in Protein Chemistry* 34, de J. S. Richardson, 1980. Reproduit avec l'aimable autorisation de l'auteur).

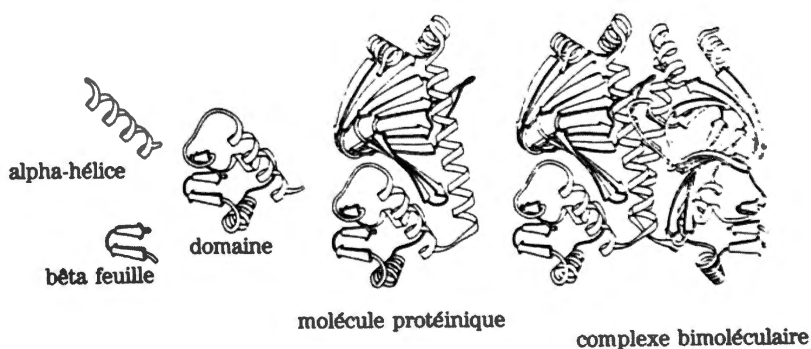


**Figure 7.2** Niveaux hiérarchiques de structure protéinique.  
Le complexe bimoléculaire, illustré ici, est celui de la protéine d'activation catabolique, qui intervient dans le contrôle de la synthèse protéinique de la bactérie *Escherichia coli* en liaison avec l'ADN (extrait de *Advances in Protein Chemistry* 34, de J. S. Richardson, 1981. Reproduit avec l'autorisation de l'auteur).

Ainsi la structure protéinique semble-t-elle constituée d'une hiérarchie de niveaux. Une théorie actuelle suggère que l'enroulement protéinique advient de manière progressive à travers ces niveaux hiérarchiques; une autre, qu'il commence à des «points préférentiels» de la chaîne polypeptidique, puis se propage à partir de ces «centres de nucléation<sup>22</sup>».

De nombreuses tentatives ont été réalisées pour calculer la structure des protéines sur base de la séquence d'acides aminés dans leurs chaînes polypeptidiques. Ces modèles prennent en compte des faits connus de la structure protéinique et des propriétés des différents acides aminés. Après une série de présupposés simplificateurs, ils sont ensuite utilisés pour estimer les configurations de la protéine les plus susceptibles de s'avérer stables du point de vue thermodynamique. Mais même ainsi, ils produisent plusieurs douzaines voire centaines de structures également stables – des structures «d'énergie minimum». La littérature

consacrée à l'enroulement protéinique parle de «problème du minimum multiple<sup>23</sup>». Lorsque les calculs réussissent, une des configurations prédites correspond, en effet, à la structure connue de la protéine. Mais pourquoi celle-ci serait-elle adoptée plutôt qu'une autre? Même si des calculs plus détaillés faisaient apparaître qu'elle est un peu plus stable que les autres, sur le plan thermodynamique, une différence si minime ne suffirait pas à stabiliser la protéine sous cette forme, puisque la molécule est soumise à des fluctuations énergétiques relativement importantes par suite de vibration thermique.

Quoi qu'il en soit, l'expérience ne permet pas de démontrer l'hypothèse voulant que la configuration véritable de la protéine soit uniquement déterminée par les principes thermodynamiques. La protéine n'adoptant pas une autre configuration, on ne pourra comparer empiriquement leur stabilité énergétique<sup>24</sup>.

Une autre explication des configurations uniques des molécules protéiniques se fonde sur la spéculation évolutive. Les protéines actuelles «sont les rares survivantes d'un long processus évolutif dans lequel la plupart des protéines avaient des configurations plus fortuites, moins utiles, qui furent en conséquence écartées par sélection naturelle<sup>25</sup>». La sélection naturelle ne permet pas cependant d'expliquer la rapidité du processus d'enroulement. Pour ce faire, on a suggéré qu'il se produit de telle manière qu'il conduit à une seule des diverses structures stables possibles. Peut-être «l'état enroulé observé n'est-il pas le plus stable possible sur le plan thermodynamique, mais le plus stable des états cinétiquement accessibles<sup>26</sup>».

L'interprétation de l'enroulement protéinique avancée par l'hypothèse de la causalité formative ne contredit pas, mais complète, ces interprétations. Il existe des champs morphiques pour des clichés structurels tels que les  $\alpha$ -hélices; ceux-ci sont organisés en domaines par des champs de niveau supérieur et le champ global de la molécule organise les domaines pour donner



la structure caractéristique de la protéine. Des champs de niveau encore supérieur organisent les protéines en agrégats.

Des champs à chacun de ces niveaux canalisent le processus d'enroulement vers un point terminal caractéristique; le processus d'enroulement suit des chréodes (Fig. 6.2). Parmi les nombreuses configurations d'enroulement et les multiples formes finales possibles, les champs stabilisent des canaux et des formes finales particuliers. En d'autres termes, les champs augmentent considérablement la probabilité qu'ont ces structures de se manifester, de préférence à d'autres également possibles. Ou, en considérant la situation à l'envers, ils réduisent considérablement la nature hasardeuse du processus d'enroulement.

Les champs morphiques sont eux-mêmes stabilisés par résonance morphique d'innombrables structures antérieures de mêmes types. Le long processus évolutif a, en réalité, stabilisé les structures utiles, favorisées par sélection naturelle, et le nombre important de ces molécules antérieures a un effet stabilisateur puissant sur les champs par résonance morphique.

Il s'ensuit que la structure protéinique est déterminée non seulement par la séquence d'acides aminés mais encore par les champs eux-mêmes. Cela implique que «toute l'information requise pour l'enroulement d'une chaîne protéinique» *n'est pas* contenue dans sa séquence d'acides aminés. Reprenons l'analogie du bâtiment. L'information relative à la structure d'une maison n'est pas entièrement contenue dans les matériaux de construction, même si ceux-ci sont fournis en unités modulaires. Les mêmes matériaux peuvent être employés pour construire des maisons de formes différentes; l'inverse est également vrai, des maisons de forme identique peuvent être bâties au moyen de matériaux différents: des pierres au lieu de briques, par exemple.

Si la structure protéinique est organisée par des champs, ceux-ci devraient pouvoir donner naissance à des structures similaires même si les séquences d'acides aminés étaient différentes.

On sait, en effet, que des domaines de structure très similaires se retrouvent chez des protéines très différentes, et que ces domaines peuvent contenir des séquences différentes d'acides aminés. Même des protéines entières peuvent avoir une structure très semblable à celle d'autres protéines en dépit de grandes différences dans leur composition aminoacide. Un exemple nous est fourni par une famille d'enzymes protéolytiques, dites serines protéases, comprenant les enzymes digestives telles que la trypsine, et les enzymes impliquées dans la coagulation du sang telles que la thrombine. Si on compare deux enzymes de cette famille, environ 40 % seulement des positions de leurs séquences aminoacides sont occupés par le même acide aminé. Pourtant la similitude de leurs configurations tridimensionnelles, révélée par cristallographie par diffraction des rayonnements, est frappante. La plupart des tours et détours détaillés de ces chaînes polypeptidiques, longues de plusieurs centaines d'acides aminés, sont identiques<sup>27</sup>.

Les hémoglobines fournissent un exemple encore plus extrême. Ces protéines rouges, responsables de la couleur du sang, se rencontrent chez de multiples animaux, vertébrés et invertébrés. Les pois et les haricots produisent eux aussi de l'hémoglobine, celle-ci est présente dans leurs nodules radiculaires, ce qui explique que l'intérieur des nodules est rose. Les structures tridimensionnelles de ces divers types d'hémoglobine sont extrêmement similaires. Toutefois, leurs séquences d'acides aminés diffèrent considérablement. Dans toutes les séquences d'hémoglobine connues, 3 sur un total de 140 à 150 acides aminés sont les mêmes dans les mêmes positions<sup>28</sup>.

Une stabilité structurelle aussi extraordinaire en dépit de différences dans la séquence d'acides aminés est étonnante si nous supposons toute l'information requise pour l'enroulement de la chaîne protéinique contenue dans la séquence d'acides aminés. L'hypothèse du champ la rend beaucoup plus compréhensible.

*Expériences sur l'enroulement protéinique*

Nous venons de le voir, la séquence d'acides aminés dans la chaîne protéinique, pas plus que les lois connues de la physique et de la chimie, n'ont pu résoudre le problème de la structure protéinique. Du point de vue orthodoxe, ces calculs ne peuvent être menés à bien, à l'heure actuelle, en raison de leur trop grande complexité. Selon l'hypothèse de la causalité formative, la structure des protéines est organisée par des champs morphiques maintenus par résonance morphique des molécules protéiniques antérieures de même type.

Si cette hypothèse ne s'appliquait à la structure protéinique que de manière spéculative, elle n'aurait guère de valeur en biologie moléculaire. En réalité, des expériences sur l'enroulement protéinique devraient permettre d'en vérifier la validité<sup>29</sup>.

Quand une protéine est dénaturée artificiellement, par exemple en étant plongée dans une forte solution urique, ses molécules se déroulent en de longues chaînes flexibles. Qu'on retire l'agent dénaturant, en l'occurrence l'urée, et les molécules s'enroulent à nouveau; elles régénèrent leur structure tridimensionnelle normale.

Nous ne connaissons pas grand-chose sur la manière dont les protéines s'enroulent à l'intérieur des cellules vivantes. Il nous est donc impossible de déterminer dans quelle mesure le réenroulement d'une protéine dans des conditions expérimentales reproduit l'enroulement dans des conditions naturelles. Si les processus de réenroulement suivent les mêmes canaux dans les éprouvettes de laboratoire que dans les cellules, les chréodes d'enroulement seront fortement stabilisées par la résonance morphique des innombrables enroulements antérieurs de la protéine. Mais s'il est possible de faire se dérouler une protéine vers un état dénaturé différent de tout état spontané de la protéine à l'intérieur d'organismes vivants, le réenroulement de la chaîne pourra

suivre un canal inhabituel. En d'autres termes, le réenroulement pourra suivre des chréodes différentes de celles du processus d'enroulement normal. En ce cas, plus la protéine se réenroulera en laboratoire, plus les réenroulements précédents stabiliseront cette chréode par résonance morphique.

Cette chréode deviendra plus probable, et le processus de réenroulement plus rapide. L'accélération du rythme d'enroulement devrait pouvoir se vérifier par l'expérience.

Considérons le schème expérimental suivant. On sélectionne plusieurs types de molécules enzymatiques n'ayant pas encore été employées dans des expériences d'enroulement<sup>30</sup>. On provoque leur déroulement, puis on les autorise à s'enrouler à nouveau dans des conditions définies. Le rythme de réenroulement initial est mesuré pour chacune des enzymes dans un laboratoire situé dans un endroit précis, à Londres par exemple.

Ensuite, dans un autre laboratoire, à Berkeley par exemple, on sélectionne au hasard *une* des enzymes ; on en prend de grandes quantités, on provoque leur déroulement, puis on les laisse s'enrouler à nouveau dans les mêmes conditions qu'à Londres. Les expérimentateurs londoniens ne sont pas informés de l'enzyme sélectionnée à Berkeley.

Plus tard, on mesure de nouveau à Londres, le rythme de réenroulement de toutes les enzymes dans les conditions initiales. Si l'enzyme sélectionnée se réenroule plus rapidement que la première fois, et si on n'enregistre pas d'accroissement comparable du rythme de réenroulement des enzymes de contrôle, ce résultat se révélera en accord avec l'idée de la résonance morphique. Il va de soi qu'un tel résultat, suggérant une action à distance entre les molécules protéiniques de Berkeley et celles de Londres, paraîtrait inconcevable pour toutes les théories conventionnelles, mais confirmerait la validité de l'hypothèse de la causalité formative<sup>31</sup>.

*La résonance morphique et la cristallisation*

On a décrit en détail les structures de nombreux types de cristaux, pourtant on ignore toujours comment ces cristaux adoptent leurs structures au cours de la cristallisation. Il est, tout d'abord, impossible, comme dans le cas des structures protéiniques, de prédire sur base de principes premiers la manière dont les molécules s'aggloméreront dans le réseau cristallin. Même dans le cas de molécules toutes simples, il existe d'innombrables configurations structurelles possibles, également stables sur le plan thermodynamique, et rien ne permet de supposer que l'une sera adoptée de préférence aux autres<sup>32</sup>. Par exemple, en 2004, deux chercheurs ont mis en avant que «même pour une molécule aussi simple que le benzène, disposant d'une seule structure cristalline connue à une pression normale, d'après les calculs, on obtiendrait au moins trente structures cristallines possibles<sup>33</sup>.» Nous ne disposons d'aucun moyen de vérifier par l'expérience la supposition voulant que la structure véritable du réseau ait une stabilité unique du point de vue énergétique. Les molécules ne se cristallisant pas selon d'autres structures de réseau possibles en théorie, leurs énergies ne pourront être ni mesurées ni comparées.

La deuxième difficulté surgit dès qu'on tente de comprendre comment le cristal se développe comme un tout. D'une certaine manière, lorsque des molécules dans une solution s'approchent de la surface de croissance du cristal, elles se mettent en place dans l'agrégat en croissance. Mais il est impossible d'observer directement comment cela se passe, et les tentatives pour élaborer des modèles mathématiques du processus sont fort grossières et n'ont pas encore été couronnées de succès<sup>34</sup>. De tels modèles ne prennent en compte que les effets locaux sur les molécules qui se joignent au cristal en croissance. Mais les cristaux dans leur ensemble révèlent des schèmes de symétrie qui ne peuvent être le produit d'une somme d'effets locaux. Considérons les flocons de

neige. Ces cristaux ont, en général, une symétrie à six branches, mais chacun est unique (Fig. 7.3). Dans un flocon de neige, la structure intriquée des six bras est très similaire, et ces bras sont eux-mêmes symétriques. Si les différences *parmi* les flocons de neige peuvent être expliquées en termes de variations au hasard, le développement symétrique à *l'intérieur* de chaque flocon de neige lui ne le peut<sup>35</sup>.

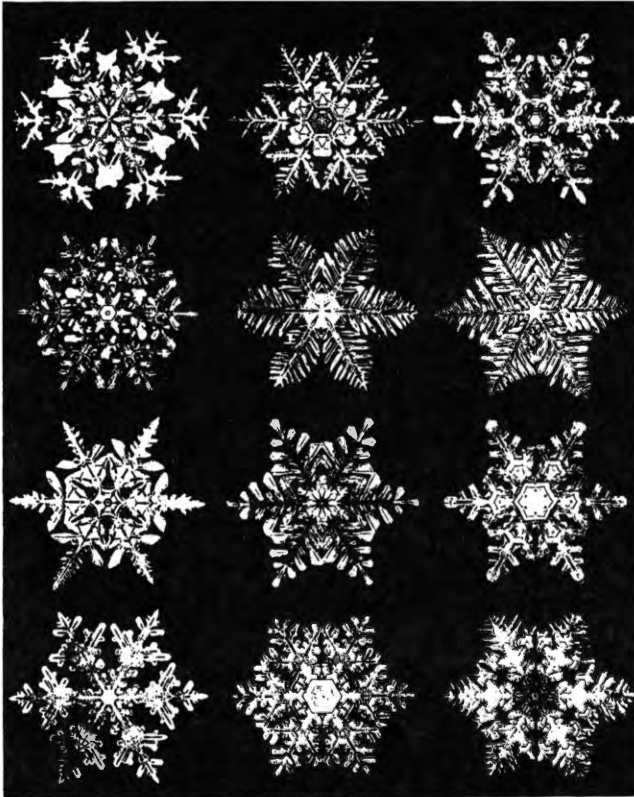


**Figure 7.3** Flocons de neige  
(extrait de *Snow Crystals* de W. A. Bentley et W. J. Humphreys;  
Dover Publications, Inc., 1962.  
Reproduit avec l'aimable autorisation de l'auteur).

Cela doit être la conséquence d'un phénomène de «coopérativité» impliquant le cristal en formation dans son ensemble. Quel phénomène? Qu'est-ce qui peut dire à l'une des facettes du cristal... à quoi ressemble l'autre facette? Sans doute les vibrations du réseau, formidablement sensibles à la forme de la structure d'ensemble où l'opération se déroule (mais qui sont presque impossibles à calculer si les formes ne présentent pas une régularité simple (John Maddox<sup>36</sup>).

Du point de vue de l'hypothèse de la causalité formative, la structure du réseau est organisée par un champ morphique de réseau, et un champ de niveau supérieur organise la structure du cristal dans son ensemble. La même structure de réseau, par exemple celle de l'eau, peut être organisée selon différents types de cristaux: plaques de glace, flocons de neige, divers types de givre. Le champ morphique du cristal dans son ensemble est associé aux «vibrations de réseau subtilement sensibles à la structure dans laquelle elles se manifestent» et organise le schème de croissance du cristal.

### *Expériences de cristallisation*

La résonance morphique a hautement stabilisé les champs des cristaux s'étant manifestés à de nombreuses reprises par le passé, aussi l'expérience ne permettra-t-elle pas de déceler les modifications de ces champs. Il en va autrement des nouvelles substances chimiques synthétisées en laboratoire, puisque celles-ci n'ont jamais existé auparavant. Des milliers de nouveaux types de molécules sont élaborés chaque année par des spécialistes de la synthèse chimique, dans des universités et laboratoires industriels. Avant la première cristallisation d'une telle substance, il n'existe de champ morphique ni pour la structure de son réseau ni pour la forme du cristal dans son ensemble. Il ne peut y avoir résonance morphique de cristaux antérieurs puisqu'il n'y

a pas de cristaux antérieurs. Mais lorsqu'il se cristallise pour la première fois, la structure et les champs du cristal voient le jour. La deuxième fois, les champs sont influencés par la résonance morphique des premiers cristaux; la troisième fois, par celle des premiers et seconds cristaux, etc. Il y aura ainsi formation d'une résonance morphique cumulative stabilisant les champs des cristaux ultérieurs, et rendant les cristallisations de ce type plus probables. En conséquence, le composé tendra à se cristalliser de plus en plus facilement au fil de la production des cristaux.

Les chimistes savent combien il est difficile de synthétiser de nouveaux composés: plusieurs semaines voire plusieurs mois s'écoulent parfois avant que des cristaux apparaissent dans une solution sursaturée. Ils savent aussi que plus la production deviendra importante, plus la cristallisation deviendra aisée, dans le monde entier. Bien sûr, les chimistes échangent leur savoir-faire. Pourtant, ce phénomène reçoit, en général, une explication différente: des fragments de cristaux sont transportés de laboratoire en laboratoire, et servent de «semence» à des cristallisations ultérieures. Le folklore de la chimie abonde en anecdotes relatives à ce sujet. Les porteurs de semence sont qualifiés de scientifiques migrants, surtout les chimistes barbus «receleurs de noyaux pour presque tous les processus de cristallisation<sup>37</sup>». D'autres encore affirment que des semences voyagent dans l'atmosphère sous forme de particules de poussière microscopiques.

Si la résonance morphique joue un rôle dans ce phénomène, plus les nouveaux composés seront cristallisés, plus leur cristallisation deviendra aisée dans le monde entier, même en l'absence de chimistes migrants et de toute particule de poussière dans l'atmosphère. Il est facile de concevoir des expériences susceptibles de vérifier cette prédiction<sup>38</sup>.



### *Symétrie et résonance interne*

Selon l'hypothèse de la causalité formative, les structures cristallines sont stabilisées par la résonance morphique de cristaux antérieurs de même type. Par ailleurs, la symétrie de cristaux, tels que les flocons de neige, semble ne s'expliquer que par une sorte de résonance *inhérente* au cristal en croissance, et ce que nous prenions ou non en compte les champs morphiques. Voilà qui soulève une question d'ordre général quant à la morphogenèse des structures symétriques : n'implique-t-elle pas une sorte de communication résonante entre parties symétriques ? Considérons, par exemple, vos mains droite et gauche. Elles diffèrent de celles de tout autre individu, à tous les niveaux : lignes des paumes, empreintes digitales, etc. Elles sont, cependant, très semblables l'une et l'autre<sup>39</sup>, tout comme les bras d'un flocon de neige. Cela donne à penser que, dans l'organisme en développement, il y a résonance morphique entre structures similaires, en l'occurrence entre les champs des mains embryonnaires. La même remarque s'applique à d'autres structures symétriques, notamment les faces droite et gauche du visage : sans être totalement identiques, elles n'en sont pas moins très similaires, et leur développement doit avoir été relié par une sorte de phénomène résonant.

Nous pouvons conclure qu'il existe, en général, dans les organismes en développement, une résonance interne entre champs de structures symétriques, et que cette autorésonance est essentielle à leur symétrie. La symétrie étant un trait capital des formes naturelles à tous les niveaux de complexité, une résonance interne entre structures symétriques au sein du même organisme pourrait s'avérer une propriété générale importante de la causalité formative à travers les champs morphiques.

Une telle résonance morphique entre structures spatialement symétriques, se développant au même moment dans le même organisme n'est, cependant, qu'un type d'autorésonance.

Un autre, tout aussi fondamental, est la résonance morphique du propre passé de l'organisme.

### *Autorésonance*

La spécificité de la résonance morphique dépend de la similarité des schèmes d'activité en résonance. Plus ceux-ci sont similaires, plus spécifique et efficace sera la résonance. Aussi, la résonance morphique la plus spécifique agissant sur un organisme donné sera souvent celle de ses *propres* états passés, en effet, nulle autre ne lui sera aussi similaire. Cette autorésonance tendra donc à stabiliser et à maintenir la forme caractéristique de l'organisme, ainsi qu'à harmoniser le développement de ses structures symétriques. Cette autostabilisation des champs morphiques contribue dans une large mesure à expliquer comment les organismes vivants parviennent à préserver leurs formes caractéristiques en dépit d'une inversion continue de leurs constituants chimiques.

Si la résonance des états passés d'un holon revêt une telle importance, jusqu'où un schème d'activité doit-il remonter pour exercer une influence par résonance morphique? La notion même de résonance implique une relation entre structures d'activité vibratoires, et il est impossible d'identifier instantanément une telle structure. Son «présent» doit impliquer une durée, puisque des vibrations prennent du temps, et la fréquence de la vibration ne peut être caractérisée tant que plusieurs vibrations similaires ne se sont pas produites. Le «présent» nécessite donc plusieurs cycles de vibration; par conséquent, la durée du présent dépend des fréquences vibratoires caractéristiques de l'organisme. Plus elles sont lentes, plus le «présent» sera long.

Ce principe général est, bien entendu, apparent dans les quanta de radiation et de matière, qui, de par leur nature ondulatoire, ne peuvent être considérés comme localisés avec précision: ils représentent plus une «tache» de probabilité. Il y a une incertitude

inhérente à leur localisation en un point particulier et à leur attribution d'un mouvement particulier.

Dans les champs de matière quantique, la vibration du champ même sous-tend les quanta, ou particules. Le champ, en tant que fondement de la vibration, doit durer dans le temps ; en réalité, la persistance, qui implique un lien entre présent et passé, est inhérente à la nature du champ. Ce lien ne peut se produire *via* une forme quelconque de structure matérielle persistant de manière indépendante, puisque les particules de matière sont elles-mêmes des manifestations du champ. Aussi, si un champ vibratoire est relié à son propre passé, et il doit l'être pour persister, le lien sera de nature intrinsèquement temporelle. Il doit, en réalité, dépendre d'un type d'autorésonance.

La position et le mouvement d'une particule ne peuvent être définis avec certitude, il en va de même de la durée exacte de son présent, qui se fond dans le passé. Ces schèmes d'activité passés, dans lesquels il se fond, redeviennent présents par résonance morphique, et ce faisant maintiennent et stabilisent le champ.

Si cette interprétation est valable, la persistance de la matière même, et en réalité de la radiation, dépend d'un processus continu de résonance des champs avec leurs propres états passés. La continuité d'un schème d'activité auto-organisateur à tout niveau de complexité – d'un électron à un éléphant – résulte de cette autorésonance avec ses propres schèmes d'activité passés. Tous les organismes sont des structures dynamiques se recréant continuellement sous l'influence de leurs propres états passés.

Ces influences causales des états passés d'un organisme doivent pouvoir traverser non seulement le temps mais encore l'espace, ou plutôt l'espace-temps. Cette nécessité devient évidente dès qu'on considère un organisme en mouvement, par exemple, un cheval au galop : ses schèmes d'activité passés, avec lesquels il est en résonance morphique, se sont produits en des lieux différents de celui qu'il occupe maintenant. S'il est en résonance morphique

avec ses propres états passés – fût-ce de quelques secondes –, l'influence causale doit traverser l'espace-temps intermédiaire. Ou, si l'on envisage la question sous un autre angle, ses schèmes d'activité passés peuvent devenir présents par résonance morphique.

Ainsi la résonance morphique des schèmes d'activité d'organismes passés similaires et l'autorésonance du passé d'un organisme peuvent être perçues comme des aspects différents du même processus. Toutes deux impliquent des relations causales formatives à travers l'espace et le temps. L'autorésonance stabilise, par sa haute spécificité, le schème d'activité caractéristique d'un organisme, tandis que la résonance avec des organismes passés similaires stabilise la structure de probabilité générale du champ. C'est ce qui permet à un organisme de naître et lui confère ses potentialités. Tandis qu'il s'actualise, sa structure particulière tendra à se maintenir par autorésonance dans la structure de probabilité générale du champ.

Cette interprétation présente de nombreux points communs avec l'idée de Alfred North Whitehead voulant qu'il y ait une «préhension» des «occasions véritables» des organismes à leurs prédécesseurs immédiats ou plus lointains. Plus un schème d'activité sera répété, plus forte sera son influence. Comme l'a dit Whitehead : «Toute ressemblance entre les occasions successives d'une route historique procure une identité correspondante entre leurs contributions aux données de toute entité véritable ultérieure, et assure, donc, une intensification correspondante de l'imposition de la conformité<sup>40</sup>.» La philosophie de Whitehead reste cependant obscure à cet égard, et bien qu'il ait sûrement imaginé un processus similaire à notre autorésonance, nous ignorons dans quelle mesure il envisageait une influence comparable d'organismes antérieurs *différents*<sup>41</sup>.

*Physique quantique et champs morphiques*

La physique quantique apporte un contexte bien plus prometteur aux champs morphiques et à la résonance morphique que toute autre discipline de la physique classique. Paradoxalement, au <sup>xx</sup><sup>e</sup> siècle, la théorie quantique a révélé les limitations d'une approche réductionniste, tandis que la biologie est partie dans la direction opposée, c'est-à-dire vers un réductionnisme extrême. Comme l'a expliqué Hans-Peter Dürr, un physicien quantique :

Au départ, on a mis l'accent sur le tout au regard des êtres vivants, de leurs formes et de leurs Gestalts ; mais cela a été remplacé par une description fragmentée et fonctionnaliste dans laquelle, pour expliquer une séquence d'événements, l'accent est mis sur les substances, la matière et ses composantes fondamentales, les molécules et leurs interactions. Ce qu'il y a d'étonnant avec ce passage du holisme et même du vitalisme à la biologie moléculaire est qu'il s'est produit quelques décennies après, et non avant, un profond changement dans la direction opposée qui est advenu dans les fondements mêmes des sciences naturelles, en microphysique, au cours du premier tiers du siècle qui s'est récemment achevé. À cette époque, les limitations fondamentales d'une vision des choses fragmentée et réductionniste étaient devenues apparentes. Étrangement, la matière divisible a révélé des aspects holistiques<sup>42</sup>.

Dürr a suggéré que «des processus en physique quantique pourraient en principe proposer une explication potentiellement fructueuse des champs morphiques de Sheldrake<sup>43</sup>».

Par ailleurs, la résonance morphique et les champs morphiques pourraient être reliés à la physique moderne à travers d'autres dimensions de l'espace-temps. Dans la théorie de la relativité générale, qui a été avancée pour la première fois en 1915, Einstein considérait que l'espace-temps était quadridimensionnel. Dans les

années 1920, dans la théorie de Kaluza-Klein, l'espace-temps a été étendu à cinq dimensions pour tenter de trouver une théorie unifiée s'appliquant aux champs gravitationnels et électromagnétiques. Aujourd'hui, les espoirs d'unification des champs connus de la physique, y compris des forces nucléaires forte et faible, reposent essentiellement sur la théorie des supercordes, qui comprend dix dimensions ou sur la théorie M, qui en comprend onze<sup>44</sup>.

La valeur des théories M et des supercordes fait l'objet de débats, mais l'existence même de ces théories montre que l'ajout de dimensions n'est plus du domaine des spéculations ésotériques, mais que c'est quelque chose de courant en physique moderne<sup>45</sup>. Mais que font ces dimensions supplémentaires et quelles différences engendrent-elles? Selon certains physiciens, elles incluraient des «champs d'informations» qui pourraient contribuer à expliquer les phénomènes que sont la vie et l'esprit<sup>46</sup>.

Autre convergence possible entre les champs morphiques et la physique moderne: le champ du vide quantique. D'après la théorie quantique classique, toutes les forces électriques et magnétiques ont pour intermédiaire des photons virtuels qui apparaissent depuis le champ du vide quantique pour ensuite y disparaître à nouveau. Ainsi, toutes les molécules au sein des organismes vivants, toutes les membranes cellulaires, toutes les impulsions nerveuses et effectivement, tous les processus électromagnétiques et chimiques dépendent de l'apparition et de la disparition de photons virtuels au sein du champ du vide omniprésent dans la nature. Les champs morphiques pourraient-ils interagir avec les processus physiques et chimiques ordinaires à travers le champ du vide? Certains théoriciens spéculent que c'est possible et même, que c'est effectivement le cas<sup>47</sup>.

Pourtant, il existe un autre point de convergence possible entre la physique quantique et la causalité formative: il s'agit du darwinisme quantique, mis au point par Wojciech Zurek et ses

collègues. Dans cette théorie, l'accent est mis sur la transition des systèmes quantiques entre la très grande potentialité des états superposés d'une part et des états spécifiques plus simples d'autre part, à travers un processus de sélection dépendant de l'environnement et plus particulièrement d'un océan de photons dans lequel tous les systèmes quantiques sont immergés<sup>48</sup>. Le darwinisme quantique cherche principalement à combler le fossé entre le niveau quantique et le monde «classique» et tout comme l'hypothèse de la causalité formative, il souligne qu'il existe un processus sélectif par lequel seulement certaines des nombreuses possibilités quantiques sont réalisées, qui se stabilisent ensuite grâce à un processus mémoriel.

Si une théorie véritablement unifiée doit un jour émerger, les organismes vivants et les esprits conscients doivent y être inclus, ainsi que les particules et les champs de la physique. Il est nécessaire qu'apparaisse une nouvelle philosophie naturelle allant plus loin que ce que la physique peut faire à elle seule, mais restant en harmonie avec cette dernière.

Peut-être, parmi les nouvelles philosophies naturelles, la plus profonde est-elle la théorie de l'ordre *impliqué* (*implicate order*) proposée par le physicien David Bohm. Selon cette théorie, il existe trois principaux domaines d'existence : l'ordre *expliqué*, l'ordre *impliqué* et une source ou un milieu les transcendant. L'ordre expliqué correspond au monde des «choses-événements» en apparence séparées et isolées dans l'espace et le temps. Quant à l'ordre impliqué, il s'agit d'un domaine dans lequel toutes les choses et tous les événements sont enveloppés dans une complétude et une unité totales, qui sous-tendent l'ordre expliqué du monde que nous connaissons à travers nos sens.

L'ordre impliqué n'est pas en quelque sorte inséré dans les systèmes matériels au sein de l'espace et du temps ; ce sont plutôt les systèmes matériels et l'espace et le temps qui «se déploient» tous à partir de cet ordre sous-jacent. Tout événement, objet ou

entité descriptibles au sein du monde ordinaire expliqué est «une abstraction à partir d'un tout inconnu et indéfinissable, caractérisé par un mouvement fluide». Bohm a qualifié ce flux universel de «holomouvement»: «Le holomouvement, qui représente “la vie impliquée”, est le milieu propre à la fois à la “vie expliquée” et à la “matière inanimée”; ce milieu est primordial, autonome et universel<sup>49</sup>.» Le holomouvement est «porteur» de l'ordre impliqué et est un «tout indivisible et uni<sup>50</sup>».

Selon Bohm, le concept de complétude indivisible est implicite à la fois dans la relativité et dans la physique quantique. Einstein proposait que l'on considère que la réalité était dès le départ constituée de champs. Les particules sont des zones au champ intense qui peuvent se déplacer dans l'espace. L'idée selon laquelle elles seraient séparées et leur existence serait indépendante est, au mieux, «une abstraction apportant une approximation valable seulement dans un certain domaine limité<sup>51</sup>».

La théorie quantique implique une complétude ininterrompue pour trois raisons. Premièrement, l'action se compose de quanta indivisibles, et donc, les interactions entre les différentes entités (i. e., les électrons) constituent «une unique structure composée de liens indivisibles». Deuxièmement, les entités telles que les électrons peuvent avoir des propriétés qui divergent (particulières, ondulatoires ou intermédiaires) selon leur contexte environnemental. Et troisièmement, les entités qui ont été combinées à l'origine ont une relation non locale particulière «pouvant être idéalement décrite sous la forme d'un rapport non causal de choses distantes<sup>52</sup>» (il s'agit du paradoxe d'Einstein-Podolsky-Rosen<sup>53</sup>).

L'ordre impliqué est analogue aux hologrammes: le schéma d'interférence dans chaque zone de la plaque photographique est en rapport avec la structure d'ensemble et chaque zone de la structure est en rapport avec l'ensemble du schéma d'interférence sur la plaque<sup>54</sup>. Néanmoins, cette analogie présente une



limitation manifeste: elle est statique et ne véhicule pas l'idée du holomouvement.

Bohm insiste sur l'importance, en physique, en biologie et en psychologie, de la notion de causalité formative comme étant «un mouvement intérieur ordonné et structuré qui est essentiel à ce que sont les choses». Toute cause formative doit évidemment avoir une fin ou un but, qui est au moins implicite. Aristote parlait de cause finale. Ainsi, par exemple, il est impossible de faire référence au mouvement intérieur au gland qui va donner naissance au chêne sans simultanément faire référence au chêne qui va résulter de ce mouvement. Bohm souligne que d'après la vision ancienne des choses, «la notion de cause formative était considérée comme étant essentiellement de la même nature au niveau de l'esprit qu'au niveau de la vie et du cosmos dans l'ensemble<sup>55</sup>».

Bohm établit un rapport entre les notions de cause formative et de holomouvement, et il considère l'organisation des particules physiques, des organismes vivants et des esprits en lien avec la hiérarchie des ordres impliqués dans ce processus indivisible de flux. C'est au sein du mouvement fluide de notre conscience que nous faisons l'expérience de cette activité en formation de l'esprit. Chaque mouvement de conscience a un certain contenu expliqué, ainsi qu'un contexte impliqué qui forme un arrière-plan en correspondance. Les vraies structure, fonction et activité de la pensée se trouvent dans l'ordre impliqué. «La distinction entre impliqué et expliqué au niveau de la pensée est considérée comme étant essentiellement équivalente à la distinction entre implicite et explicite au niveau de la matière en général<sup>56</sup>».

La théorie de l'ordre impliqué de Bohm est plus fondamentale que l'hypothèse de la causalité formative, mais les deux approches semblent très compatibles. Bohm et moi-même avons débattu de leur relation possible (ce dialogue figure en annexe de la présente édition, NdÉ) et il a résumé son interprétation des champs morphiques de la manière suivante :

L'ordre impliqué peut être considéré comme un milieu échappant au temps, comme une totalité, à partir duquel chaque moment est projeté dans l'ordre expliqué. Et à chaque moment projeté dans l'ordre expliqué correspondrait un autre mouvement dans lequel ce moment serait injecté ou «introjecté» à nouveau dans l'ordre impliqué. Si l'on a un grand nombre de répétitions dans ce processus, on commence à obtenir une composante assez constante dans cette série de projections et d'injections. C'est-à-dire qu'une tendance figée s'établirait. L'idée est qu'à travers ce processus, des formes antérieures tendraient à se répéter ou à se reproduire dans le présent, ce qui est très similaire à ce que Sheldrake qualifie de champs morphogénétiques et de résonance morphique. De plus, ce genre de champs ne serait localisé nulle part. Quand il se projette dans la totalité (l'ordre impliqué), dans la mesure où l'espace et le temps ne sont ici pas pertinents, toutes les choses de nature similaire pourraient être reliées ou résonner dans la totalité. Quand l'ordre expliqué se déploie au sein de l'ordre impliqué, qui échappe à toute forme d'espace, tous les lieux et tous les temps, pourrait-on dire, fusionnent, de sorte que ce qui se passe en un endroit interpénétrera ce qui se passe dans un autre<sup>57</sup>.

Bien que les idées de Bohm soient évocatrices, elles vont bien au-delà de la physique actuelle, mais associées aux théories du darwinisme quantique et à d'autres éléments en développement de la physique théorique, elles contribuent à suggérer une science de l'avenir au sein de laquelle la causalité formative serait intégrée à la physique, la chimie, la biologie et aux études sur la conscience.

Nous avons envisagé, au chapitre 6, le rôle des champs morphiques dans la morphogenèse biologique, et, ici, leur rôle dans la morphogenèse des molécules et des cristaux. Nous avons aussi examiné certaines caractéristiques générales de l'hypothèse de la causalité formative: l'idée de champs morphiques en tant

que structures de probabilité, ainsi que l'importance de l'auto-résonance dans le développement et la maintenance de la forme des organismes individuels. Tournons-nous maintenant vers le rôle que pourrait tenir la résonance morphique dans l'hérédité animale, puis nous envisagerons, au chapitre 9, la nature de la mémoire animale à la lumière de l'autorésonance des schèmes d'activité antérieurs d'un animal.



# Chapitre 8

## L'héritage biologique

### *Les gènes et les champs*

Les organismes vivants héritent de gènes de leurs ancêtres. Selon l'hypothèse de la causalité formative, ils héritent aussi de champs morphiques. L'hérédité dépend à la fois des gènes et de la résonance morphique.

La théorie conventionnelle tente de concentrer tous les traits héréditaires des organismes dans leurs gènes. Le développement est ainsi perçu comme l'*expression* des gènes *via* la synthèse de protéines et d'autres molécules. Les termes *héréditaires* et *génétiques* sont considérés comme synonymes. Ainsi, des caractéristiques innées, telles l'aptitude d'un gland à produire un chêne ou celle d'un roitelet à construire un nid, sont-elles souvent qualifiées de génétiques, ou dites génétiquement programmées.

On sait que l'ADN se transmet génétiquement. Une partie encode la séquence d'acides aminés dans les protéines; une autre l'ARN, notamment celui des ribosomes; et une troisième entre dans le contrôle de l'expression génétique. Chez les organismes supérieurs, cependant, seul un petit pourcentage de l'ADN (environ 1 % chez les humains) semble impliqué dans ces processus d'encodage et de contrôle génétique. La fonction du reste nous est inconnue si tant est qu'elle existe. Pourtant, il est probable qu'une certaine quantité d'ADN joue un rôle structural important dans les chromosomes. En outre, la quantité totale d'ADN transmise ne semble pas liée à la complexité de l'organisme. L'une des grandes surprises que nous a réservées le projet génome

humain a été que nous ne disposons que de 20 000 à 25 000 gènes, soit beaucoup moins que les 100 000 attendus. Les oursins ont davantage de gènes que nous, soit environ 26 000, et beaucoup d'espèces de plantes en ont encore plus, par exemple 38 000 pour le riz, tandis que les cellules des lys contiennent environ trente fois plus d'ADN que les cellules humaines. Parmi les amphibiens, par exemple, certaines espèces possèdent cent fois plus d'ADN que d'autres.

Il n'existe pas de relation entre les différences génétiques entre espèces et la forme ou le comportement de ces espèces. Ainsi, les êtres humains et les chimpanzés ont-ils des gènes qui encodent des protéines quasiment similaires: «Le polypeptide humain est identique, à plus de 99 %, à celui du chimpanzé<sup>1</sup>.» Les comparaisons directes des séquences d'ADN censées avoir une importance génétique indiquent que la différence globale entre les deux espèces n'est que de 1,1 %. Peu avant que soit révélé en 2005 l'intégralité du génome des chimpanzés, Svante Pääbo, directeur du projet génome des chimpanzés, a fait le commentaire suivant: «Nous ne comprenons pas pourquoi nous sommes si différents des chimpanzés<sup>2</sup>.» En revanche, des comparaisons d'espèces très similaires, notamment différents types de mouches du vinaigre du genre *Drosophila*, révèlent souvent des différences génétiques plus grandes que celles enregistrées entre humains et chimpanzés<sup>3</sup>.

Selon l'hypothèse de la causalité formative, l'ADN, ou plutôt une petite partie d'ADN, est responsable de l'encodage de l'ARN et des séquences d'acides aminés dans les protéines, lesquelles jouent un rôle essentiel dans le fonctionnement et le développement des organismes. Mais les formes des cellules, des tissus, des organes et organismes dans leur ensemble sont façonnées non par l'ADN mais par les champs morphiques. De même le comportement acquis des animaux est-il organisé par des champs morphiques. Les changements génétiques peuvent

*affecter* à la fois la forme et le comportement, mais ces schèmes d'activité se transmettent par résonance morphique.

Considérons l'analogie d'un poste de télévision branché sur une chaîne particulière. Les images sur l'écran sont produites dans un studio télé, puis transmises *via* le champ électromagnétique sous forme de vibrations de fréquence spécifique. Pour produire les images sur l'écran, le téléviseur doit contenir les composants adéquats branchés de manière appropriée, il doit en outre être alimenté en énergie électrique. Des modifications des composants – notamment la défaillance d'un transistor – risquent d'altérer voire de détruire les images sur l'écran. Mais cela ne prouve nullement que les images soient produites par les composants ou par leurs interactions, ni même qu'elles soient programmées dans le téléviseur. De même, le fait que des mutations génétiques puissent affecter la forme et le comportement d'organismes ne prouve pas que ceux-ci soient encodés dans les gènes ou programmés par les gènes. La forme et le comportement des organismes ne sont pas simplement les produits d'interactions mécaniques au sein de l'organisme, ou entre l'organisme et son environnement immédiat ; ils dépendent aussi des champs auxquels l'organisme est accordé.

Poursuivons cette analogie ; des organismes en développement sont branchés sur des organismes antérieurs similaires, agissant comme des «transmetteurs» morphiques. Leur branchement dépend de la présence de gènes et de protéines appropriés, et la transmission génétique aide à comprendre pourquoi ils sont branchés sur des champs morphiques de leur propre espèce : un œuf de grenouille se branche sur le champ d'une grenouille plutôt que sur celui d'une salamandre, d'un poisson rouge ou d'un poulet, parce qu'il est déjà une cellule de grenouille contenant des gènes et des protéines de grenouille.

Des mutations génétiques peuvent influencer la morphogenèse de deux manières principales. Premièrement, en provoquant

des distorsions ou altérations du processus morphogénétique normal tout comme des composants «mutants» dans un téléviseur engendrent des distorsions ou des altérations de la forme ou des couleurs des images. Deuxièmement, en favorisant la destruction de processus morphogénétiques complets ou leur remplacement par d'autres comme dans le cas d'un dérèglement du circuit de réglage du téléviseur : l'émission originale n'est plus captée, l'écran devient blanc ou capte une autre chaîne.

### *Les mutations*

Voyons maintenant comment la transmission par résonance morphique de champs morphiques s'accorde à ce que nous savons des mutations génétiques.

D'innombrables mutations affectent les processus normaux de développement, souvent de manière imperceptible. On a coutume de supposer que les canaux normaux de la morphogenèse sont soumis au contrôle d'innombrables «gènes mineurs» et «gènes modificateurs». Mais dans certaines mutations spectaculaires, des structures entières sont perdues ou remplacées par d'autres. On parle, en l'occurrence, de mutants homéotiques. Chez le pois, par exemple, les feuilles portent normalement des petites folioles à la base et des vrilles au sommet (Fig. 8.1). Une mutation dans un seul gène entraîne le remplacement de toutes les folioles par des vrilles ; une autre, dans un gène différent, produit l'effet opposé : toutes les vrilles sont remplacées par des folioles. Ces mutations génétiques affectent, d'une certaine manière, le réglage des primordia dans la feuille embryonnaire de sorte que tous se développent sous l'influence des champs soit de folioles, soit de vrilles<sup>4</sup>. Une métaphore similaire est déjà implicite dans l'interprétation conventionnelle qui voit dans de tels gènes un «branchement» ou un «débranchement» de canaux de développement complets.



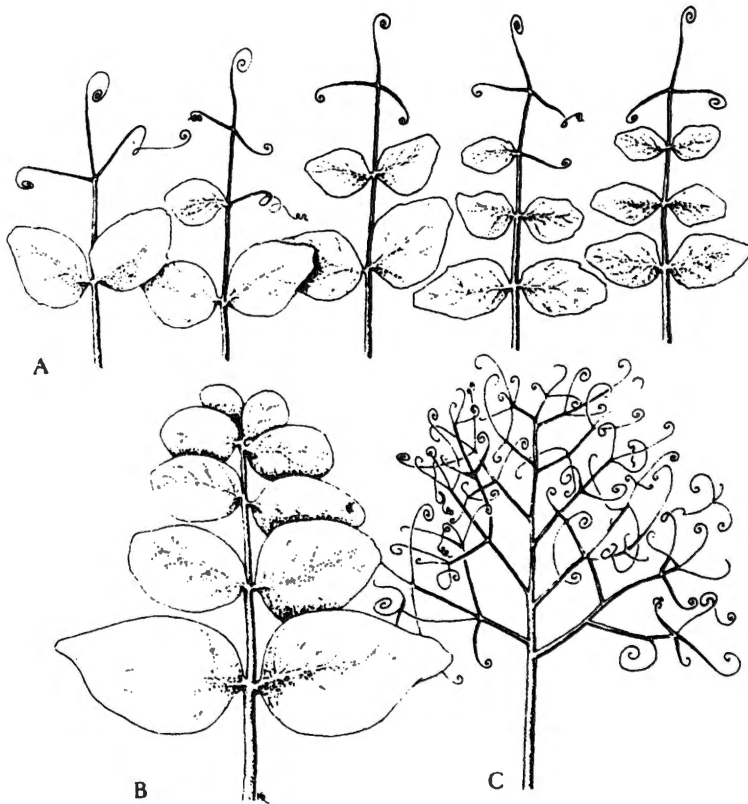


**Figure 8.1** A. Feuilles de pois normales portant des folioles et des vrilles. B. Feuille de pois mutant ne développant que des folioles. C. Feuille de pois mutant ne développant que des vrilles.

On a identifié maintes mutations homéotiques chez la mouche du vinaigre *Drosophila melanogaster*. Ainsi, l'antennopédie transforme-t-elle les antennes en pattes (Fig. 8.2). Une autre mutation produit l'effet opposé : la deuxième paire de pattes est remplacée par des antennes<sup>5</sup>. Chez des mutants bithorax, le troisième segment thoracique, qui porte en temps normal de petits balanciers, est transformé en tout ou en partie et produit

en quelque sorte un second deuxième segment thoracique porteur d'ailes. Les mouches qui en résultent ont quatre ailes au lieu de deux (Fig. 5.6).

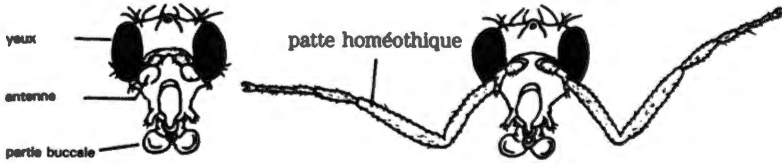


**Figure 8.2** À gauche, tête d'une mouche du vinaigre normale ; à droite, tête d'une mouche mutante chez laquelle les antennes sont transformées en pattes par suite d'une mutation dans le complexe génétique antennenopédie (d'après Alberts *et al.*, 1983).

Il existe plusieurs types de mutations bithoraciques<sup>6</sup>. Celles-ci se produisent dans des gènes voisins d'un même chromosome, et leurs effets ont été étudiés de manière très détaillée<sup>7</sup>. Certains de ces gènes ont récemment été isolés et «clonés» grâce aux techniques de l'engineering génétique ; les séquences de base de leur ADN ont ainsi pu être analysées<sup>8</sup>. Grâce à des techniques sophistiquées impliquant des anticorps marqués par des teintures fluorescentes, les protéines qu'encodent certains de ces gènes ont été localisées dans les embryons précoces ; il est désormais possible de voir quelles protéines sont produites dans quels segments et, par conséquent, de comparer la distribution différente de ces protéines chez des mouches normales et chez des mutants homéotiques<sup>9</sup>. Les produits des gènes homéotiques jouent un rôle majeur évident dans la détermination des canaux de développement que suivront les primordia dans les segments embryonnaires.

Du point de vue de la causalité formative, les protéines encodées par ces gènes affectent le réglage des primordia, les soumettant à l'influence d'un champ plutôt que d'un autre.

Des mutations dans ces gènes altèrent le réglage des primordia, tout comme des «mutations» des composantes du circuit de réglage d'un téléviseur affectent la réception des chaînes. Parfois l'altération n'est pas complète, une structure germinative se trouvera ainsi en équilibre entre les résonances morphiques de deux champs alternatifs. Les mutations homéotiques trahissent souvent une pénétration variable, c'est-à-dire que toutes les mouches ayant des gènes mutants n'adoptent pas une forme mutante; elles ont aussi une expressivité variable, la forme mutante pouvant ne s'exprimer que de manière partielle: ainsi, des mutants antenopédiques ont-ils parfois une antenne normale d'un côté de la tête et une patte de l'autre.

Dans les années 1980, l'enthousiasme était grand quand une famille de gènes appelée les gènes homéotiques a été découverte chez les drosophiles, ou mouches du vinaigre. Ces gènes ont des effets homéotiques sur la structure au sein de laquelle différentes parties du corps se développent. Les mutations dans ces gènes peuvent provoquer le développement de parties du corps supplémentaires et non fonctionnelles<sup>10</sup>. À première vue, ils semblaient apporter la base d'une explication moléculaire de la morphogénèse. On avait désormais les «interrupteurs» principaux. Sur le plan moléculaire, les gènes homéotiques servent de modèles aux protéines qui activent une avalanche d'autres gènes.

Néanmoins, les recherches réalisées sur d'autres espèces ont révélé peu après que ces systèmes de contrôle moléculaire sont très similaires chez des animaux très différents. Les gènes homéotiques sont presque identiques chez les mouches, les reptiles, les souris et les êtres humains. Bien que jouant un rôle dans la détermination du plan d'organisation, ils ne sauraient expliquer à eux seuls la forme des organismes. Puisque les gènes sont tellement similaires chez les mouches du vinaigre et chez nous, ils ne sauraient expliquer les différences entre les mouches et les êtres humains.

Il a été stupéfiant de constater que la diversité des plans d'organisation parmi de nombreux groupes d'animaux ne se reflétait pas au niveau des gènes. Comme l'ont expliqué deux éminents biologistes moléculaires du développement: «Là où nous nous attendons le plus à trouver la variation, on trouve en réalité la conservation, c'est-à-dire une absence de changement<sup>11</sup>.»

L'étude des gènes qui jouent un rôle dans la régulation du développement fait partie d'une discipline en pleine expansion appelée «biologie évolutive du développement» (ou évo-dévo). Là encore, la recherche en biologie moléculaire a montré que la morphogenèse, c'est-à-dire l'apparition de formes spécifiques, continue d'échapper à une explication moléculaire, mais semble dépendre de champs.

Si les mutations homéotiques s'expriment en altérant les schèmes normaux d'activité vibratoire des germes morphogénétiques, d'autres facteurs altérant ces mêmes schèmes pourraient produire des effets similaires. Songeons, une fois de plus, à l'analogie du téléviseur. Le passage d'une chaîne à une autre peut être le produit d'une mutation dans le circuit de réglage, mais peut aussi être une réaction à un stimulus du milieu, notamment une manipulation du bouton de réglage. Les causes de la modification diffèrent, mais pas l'effet.

On sait, depuis des années, que le développement normal des organismes peut être perturbé si on expose les embryons à des substances chimiques toxiques, à des rayons X, à la chaleur et à divers stimuli non spécifiques. Or, nombre d'anomalies résultant de tels traitements s'intègrent dans des catégories définies, identiques à celles d'anomalies dues à des mutations génétiques. Les organismes résultants sont dits «phénocopies<sup>12</sup>». Ainsi, les structures mutantes se manifestent-elles à la suite de perturbations du cours normal du développement. Ces désordres peuvent être dus *soit* à des gènes, *soit* à des influences du milieu; selon l'hypothèse de la causalité formative, ils résultent

de modifications, dans l'embryon, du réglage des structures des germes telles que celles-ci se trouvent associées à d'autres champs morphiques – le champ d'une patte remplace, par exemple, celui d'une antenne.

La différence entre cette hypothèse et l'interprétation génétique conventionnelle devient plus claire si nous considérons la transmission des caractéristiques acquises. Les généticiens orthodoxes nient cette notion avec vigueur, mais selon l'hypothèse de la causalité formative, elle est non seulement possible mais encore probable. Voyons pourquoi et envisageons une manière de soumettre à l'expérience la valeur des approches rivales.

### *La transmission «lamarckienne» des caractéristiques acquises*

Si des végétaux d'une espèce particulière croissent dans des conditions inhabituelles, par exemple en haute altitude, ils se développent, en général, de manière inhabituelle. La forme modifiée qu'ils adoptent est une «caractéristique acquise» produite en réponse au milieu. De même, un nouveau tour appris par des rats est une caractéristique comportementale acquise, et non un instinct inné.

Jusqu'à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle, la croyance en la transmission des caractéristiques acquises était presque universelle<sup>13</sup>. Le zoologiste Lamarck considérait ce fait établi, au même titre que Charles Darwin<sup>14</sup>.

De ce point de vue, Charles Darwin était un lamarckien convaincu. Il pensait que les habitudes acquises individuellement par les animaux pouvaient être transmises génétiquement et jouaient un rôle important dans l'évolution : «Nous ne devons pas douter que dans la nature, de nouvelles races et de nouvelles espèces s'adaptent à des climats très différents, par la variation, et en étant aidés par les habitudes et régulées par la sélection

naturelle<sup>15</sup>.» Darwin a donné de nombreux exemples de l'hérédité des caractères acquis dans son livre *De la variation des animaux et des plantes sous l'action de la domestication*; de plus, il a proposé une théorie pour l'expliquer, baptisée la théorie de la «pangenèse».

La notion de transmission lamarckienne a le grand avantage de donner un sens à maintes adaptations évolutives des organismes. Ainsi, les chameaux développent-ils d'épaisses callosités, notamment aux genoux où leur peau est soumise à l'abrasion lorsqu'ils s'agenouillent. Une telle caractéristique semble acquise, or les chameaux *naissent* avec d'épaisses callosités aux genoux.

D'un point de vue lamarckien, de telles callosités furent acquises par les ancêtres chameaux à force de s'agenouiller; au fil des générations cette caractéristique acquise est devenue de plus en plus héréditaire, on la rencontre même chez les embryons, qui n'ont jamais eu l'occasion de s'agenouiller.

Cette idée est assez claire et parle au «sens commun». Elle fut pourtant rejetée par les néodarwiniens, qui, contrairement à Darwin, refusaient l'éventualité d'une telle transmission. Pour eux, les callosités aux genoux ne sont pas le produit d'habitudes transmises, mais de mutations génétiques fortuites ayant engendré des callosités aux endroits souhaitables. Les gènes mutants «pour» les callosités aux genoux ont été favorisés par sélection naturelle parce qu'il était avantageux pour les chameaux de naître avec des callosités aux endroits où ils les auraient de toute manière acquises.

Nous reviendrons, au chapitre 16, sur l'importance évolutive de la transmission des caractéristiques acquises; considérons maintenant la position des scientifiques orthodoxes et celle suggérée par l'hypothèse de la causalité formative et par la reconnaissance récente de la transmission épigénétique.

La théorie génétique de la transmission est ancrée dans la supposition weismannienne que le plasma germinatif (génotype)

détermine le protoplasme (phénotype), alors que l'inverse n'est pas vrai. Il en résulte que la possibilité d'une transmission lamarckienne de caractéristiques acquises relève de l'impossible.

La remise en question d'un principe théorique aussi fondamental a suscité les controverses les plus véhémentes de l'histoire de la biologie. En Occident, la transmission lamarckienne était traitée comme une hérésie après les années 1920 ; en Union soviétique, la situation a été inverse des années 1930 aux années 1960. Sous la direction de Trofim D. Lyssenko, la transmission des caractéristiques acquises est devenue la doctrine orthodoxe ; les généticiens mendéliens furent persécutés, et parfois éliminés<sup>16</sup>. Cette polarisation politique n'a en aucune façon favorisé l'examen objectif de la situation et l'a même rendue impossible.

Dans une perspective weismanienne, les découvertes de la biologie moléculaire sont autant de raisons théoriques de rejeter la possibilité d'une transmission des caractères acquis. Il est pratiquement impossible de concevoir un mécanisme expliquant qu'un schème de comportement appris, par un rat par exemple, puisse entraîner des modifications spécifiques des gènes au niveau des cellules germinatives, de telle sorte que la progéniture du rat soit « programmée » pour apprendre le même comportement avec plus de facilité.

Quoi qu'il en soit, de nombreux indices suggèrent, en dépit des théories weismaniennes, que des caractéristiques acquises *peuvent* être transmises. Certains résultats expérimentaux sont jugés frauduleux, et peut-être est-ce le cas pour divers travaux de Lyssenko. On relève aussi des traces de fraude dans une célèbre expérience lamarckienne réalisée par Paul Kammerer et largement commentée par Arthur Koestler dans *L'Étreinte du crapaud* (1971). Toutefois, d'innombrables expériences réalisées par des dizaines de biologistes en Occident avant les années 1930<sup>17</sup>, et par maints biologistes soviétiques de la période Lyssenko<sup>18</sup> parlent en faveur de la transmission des caractéristiques acquises. Elles sont

pourtant rejetées ou tout simplement ignorées par les généticiens et les néodarwiniens. Cependant, des expériences plus récentes démontrent que la transmission des caractéristiques acquises est désormais une réalité. Voyons cela de plus près.

### *L'hérédité épigénétique*

Vers le début du millénaire, le tabou qui portait sur l'hérédité des caractéristiques acquises a commencé à perdre de son emprise en même temps qu'on reconnaissait de plus en plus une nouvelle forme d'hérédité appelée «hérédité épigénétique». Le préfixe «épi» signifie «au-dessus». L'hérédité épigénétique ne concerne pas des changements dans les gènes, mais plutôt dans l'expression génique. Les caractéristiques acquises par les parents peuvent effectivement être transmises à leurs progénitures. Par exemple, les puces d'eau, du genre *Daphnia*, développent de grandes épines protectrices quand elles sont soumises à la menace de prédateurs ; leurs progénitures ont également ces épines, même si elles ne sont pas exposées à des prédateurs<sup>19</sup>.

Plusieurs mécanismes moléculaires propres à l'hérédité épigénétique ont été identifiés. Des changements au niveau de la configuration de la chromatine, c'est-à-dire le complexe d'ADN et de protéines qui compose la structure des chromosomes, peuvent être transmis d'une cellule mère à une cellule fille. Certains de ces changements peuvent également être transmis par l'intermédiaire des ovules et du sperme, et donc devenir héréditaires. Une autre forme de changement épigénétique, parfois appelée empreinte génomique, porte sur la méthylation des molécules d'ADN. Il se produit un changement génétique héréditaire au sein de l'ADN, mais les gènes sous-jacents restent identiques.

L'hérédité épigénétique survient également chez les êtres humains. Même les effets des famines et des maladies peuvent se refléter à travers les générations. Le projet épigénome humain



a été lancé en 2003 et contribue à coordonner des recherches dans ce domaine d'étude en plein essor<sup>20</sup>.

La résonance morphique peut également expliquer l'hérédité des caractéristiques acquises. Ses effets peuvent être distingués expérimentalement des autres formes d'hérédité épigénétique, comme nous allons le voir ci-dessous.

### *L'hérédité des caractères acquis chez la mouche du vinaigre*

Dans les années 1950, une série d'expériences fascinantes a été réalisée sur des mouches du vinaigre dans le laboratoire de Waddington à l'université d'Édimbourg. Des mouches en développement ont été soumises à des stimuli anormaux, à la suite de quoi certaines ont connu un développement anormal : c'étaient des phénocopies.

Dans une expérience, de jeunes chrysalides, dans lesquelles des larves se métamorphosaient en mouches, furent soumises pendant quatre heures à une température de 40 °C. Plusieurs mouches naquirent avec des ailes anormales, dépourvues de veines transversales. Dans une autre expérience, des œufs furent exposés à des fumées d'éther pendant vingt-cinq minutes, trois heures environ après la ponte. À l'éclosion, il s'avéra que plusieurs mouches étaient des phénocopies du type bithorax (Fig. 5.6). Les mouches anormales furent sélectionnées pour engendrer la génération suivante, laquelle fut à son tour soumise à des stimuli anormaux, etc. Les générations successives produisirent une proportion de plus en plus élevée de mouches anormales. Après plusieurs générations – à peine huit dans un cas –, on vit apparaître une progéniture manifestant le caractère mutant même en l'absence de stimulus anormal<sup>21</sup>. Des accouplements de mouches dépourvues de veines transversales donnèrent naissance à des lignées produisant régulièrement des

mouches dépourvues de veines transversales même à des températures normales<sup>22</sup>. De même, des mouches de type bithorax appaurent, génération après génération, sans avoir été soumises à l'influence de l'éther.

Waddington nomma ce phénomène assimilation génétique. Il le définit comme «un processus par lequel des caractères, à l'origine "acquis", dans le sens conventionnel du terme, peuvent être convertis en "caractères innés" par un processus de sélection agissant pendant plusieurs générations sur la population concernée<sup>23</sup>». Il expliqua l'«assimilation génétique» en fonction de la sélection de gènes conférant aux mouches la capacité de répondre au stress environnemental, et de produire, en définitive, le même schème de développement anormal, en l'absence dudit stress. Voilà qui semble, de prime abord, fournir une interprétation néodarwinienne à la transmission des caractéristiques acquises. Le concept d'assimilation génétique est aujourd'hui employé, dans la théorie évolutive conventionnelle, pour justifier des exemples, par ailleurs incompréhensibles, de transmission lamarckienne évidente, notamment les callosités sur les genoux des chameaux.

Mais l'assimilation génétique ne dépend pas des seuls gènes. Waddington fonde son explication de l'apparition régulière de mouches anormales dans les lignées «assimilées» en l'absence du stimulus environnemental sur la notion de zones de développement canalisées, ou chréodes (Fig. 8.3). Il attribue à celles-ci une autonomie qui demeure inexpliquée. «Des processus de développement ont une stabilité structurale, en conséquence dès qu'un tel processus adopte une direction définie, il tend à poursuivre dans cette voie indépendamment des modifications du milieu<sup>24</sup>.»

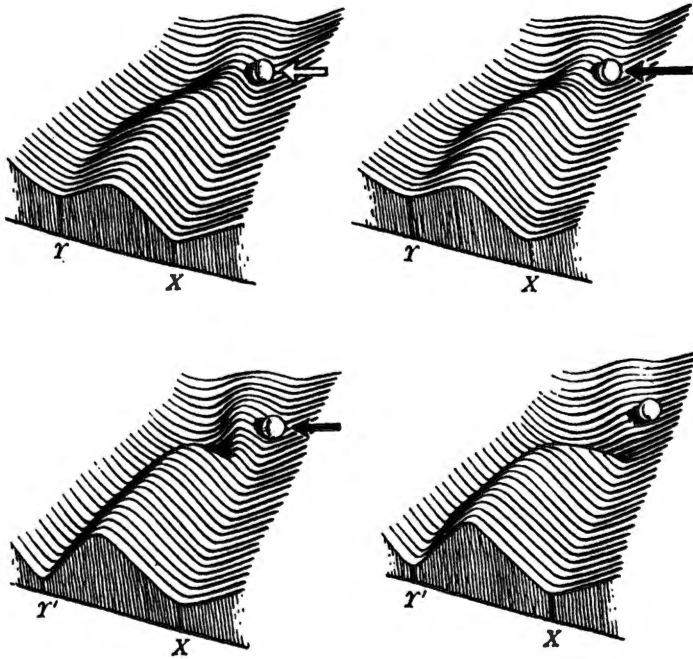


**Figure 8.3** Explication de l'«assimilation génétique» en termes de chrôdes, selon Waddington. Le graphique du coin supérieur gauche représente la lignée originale de la mouche du vinaigre; le développement normal suit la chrôde menant à la forme adulte normale, X. Une modification développementale, Y, par exemple la formation de mouches à quatre ailes, implique de suivre une chrôde différente. Le système en développement peut être contraint, par un stimulus du milieu représenté par la flèche blanche de franchir un seuil ou un col vers la chrôde Y (coin supérieur gauche). Une mutation génétique peut produire un effet similaire, représenté par la flèche noire (coin supérieur droit). Les deux diagrammes inférieurs représentent des modèles alternatifs d'assimilation génétique. Dans celui de gauche, et pour reprendre les termes de Waddington: «Le seuil protégeant le type sauvage est abaissé dans une certaine mesure, mais un gène majeur identifiable aide à pousser les tissus en développement vers le canal Y. À droite, le génotype

dans son ensemble fait disparaître le seuil et il n'y a pas de "gène de branchement" identifiable. Notez que dans les deux diagrammes d'assimilation génétique, il y a eu "branchement" du caractère acquis, c'est-à-dire que la vallée Y a été approfondie et que son point terminal a glissé de Y en Y» (extrait de *The Strategy of Genes*, de C.-H. Waddington. Reproduit avec l'aimable autorisation de George Allen and Unwin, Ltd, 1957).

C'est exactement le genre d'effet que permet d'escompter la résonance morphique. Plus nombreuses seront les mouches anormales apparaissant dans la population et les chréodes anormales stabilisées par résonance morphique, plus grande sera la probabilité d'un développement anormal. Cette interprétation ne nie pas le rôle de la sélection génétique dans les expériences de Waddington, mais suggère qu'une proportion croissante de mouches devrait présenter le trait anormal dans les générations successives même si l'expérimentateur ne sélectionne pas les mouches anormales pour engendrer la génération suivante.

Et c'est ce qu'il advient. Les expériences de Waddington ne prévoyaient pas de lignée de contrôle dans laquelle des mouches *non sélectionnées* étaient autorisées à se reproduire au hasard dans chaque génération. Mae-Wan Ho et ses collègues de l'Open University, en Angleterre, ont répété, dans les années 1980, l'expérience de Waddington, soumettant les œufs des générations successives à l'influence de l'éther. Mais, contrairement à Waddington, ils ont autorisé toutes les mouches à se reproduire au hasard. En réalité, dans leurs expériences, les mouches anormales étaient désavantagées, la sélection naturelle travaillant contre elles. Or la proportion de mouches de type bithorax augmenta progressivement de 2% dans la première génération et jusqu'à 30% dans la dixième<sup>25</sup> (Fig. 8.4). En d'autres termes, dans chaque génération la plupart des mouches parentes étaient normales en apparence, et pourtant de plus en plus de mouches anormales apparaissaient dans les générations suivantes<sup>26</sup>.

Anticipant l'objection selon laquelle une sélection génétique subtile devait favoriser le développement anormal, Ho et ses collègues réalisèrent une expérience parallèle avec une lignée de mouches consanguines. La variabilité génétique était très faible dans cette lignée, laissant donc peu de champ d'action à la sélection. Pourtant, ici aussi, la proportion des mouches de type bithorax augmenta de façon progressive.

Quand des mouches de ces populations retrouvèrent des conditions d'existence normales, c'est-à-dire quand elles ne furent plus soumises à l'influence de l'éther, elles continuèrent à engendrer une proportion considérable de progénitures anormales. Cette proportion diminua cependant de manière progressive au fil des générations (Fig. 8.4).

D'un point de vue conventionnel, l'éther ne devrait pas avoir d'effets spécifiques sur les gènes, et ne devrait certes pas entraîner de mutations spécifiques favorisant l'apparition de mouches à doubles paires d'ailes. D'ailleurs, les résultats obtenus par Ho et ses collègues ne suggèrent pas de telles modifications génétiques. En croisant des mouches de contrôle avec des mouches soumises à l'influence de l'éther, ils ont constaté que la tendance de ces dernières à engendrer une progéniture anormale était transmise par les mères, et non par les pères (Waddington constata un effet maternel similaire dans une de ses expériences<sup>27</sup>). Ils en conclurent que le traitement à l'éther modifiait d'une certaine manière le cytoplasme (les structures cellulaires organisées à l'extérieur du noyau), plutôt que les gènes. Le cytoplasme se transmet par les mères, les gènes par les deux parents. Les modifications du cytoplasme induites par l'éther persistèrent pendant plusieurs générations après la fin du traitement. La théorie génétique conventionnelle n'explique pas une réaction de ce type.

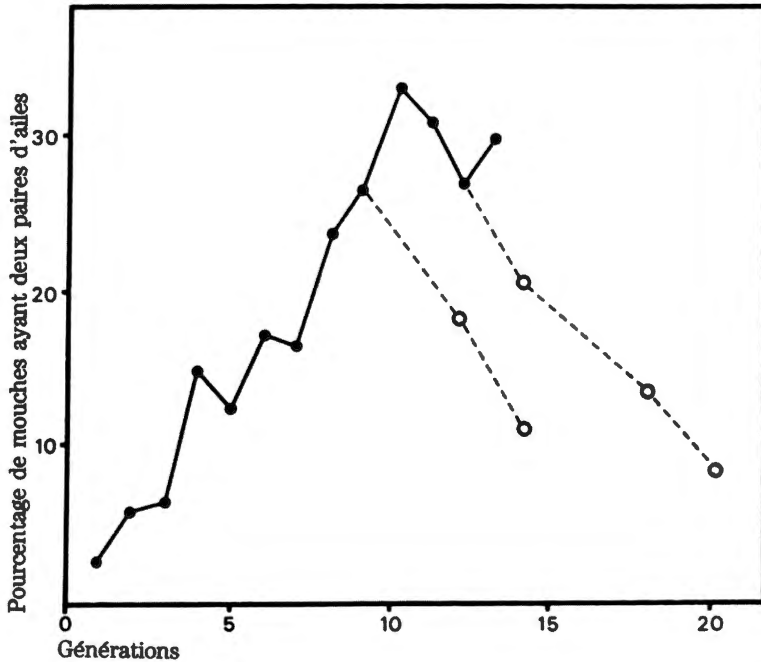


Figure 8.4 Effets de l'exposition à l'éther de générations successives d'œufs de mouches du vinaigre sur le pourcentage de mouches de type bithorax dans la population. Les lignes en pointillé montrent l'évolution après interruption du traitement à l'éther dans une sous-population de mouches ; le pourcentage de mutants déclina au fil des générations (d'après Ho *et al.*, 1983).

Si le traitement à l'éther modifiait, en réalité, le cytoplasme, les mouches en développement seraient accordées de manière spécifique à des mouches antérieures au cytoplasme pareillement modifié et cette spécificité accroîtrait la résonance morphique des prédécesseurs anormaux. L'expérience se poursuivant, il se produirait une influence cumulative du nombre croissant de mouches anormales, rendant plus probable le canal de développement suivant la chréode anormale (Fig. 8.3).

Ni Waddington ni Ho n'ont envisagé l'éventualité de l'hérédité épigénétique à travers la modification de l'ADN, parce que ce phénomène n'avait pas encore été découvert. Mais bien que l'hérédité épigénétique eût pu jouer un rôle dans certaines de leurs expériences, elle aboutit à des prédictions qui diffèrent de la résonance morphique et qui peuvent en être distinguées par l'expérience.

Si la chréode menant à la forme bithorax devient plus probable au fil de l'expérience, des mouches normales de la même lignée, dont les parents n'ont pas été exposés à l'éther, devraient révéler une tendance croissante à produire une progéniture anormale en réponse au traitement à l'éther. Ce résultat ne serait pas attendu sur la base de la transmission épigénétique. Les observations du groupe de Ho vont dans ce sens. Après avoir traité à l'éther pendant six générations les mouches expérimentales, les chercheurs ont étudié l'effet du même traitement sur les mouches de contrôle. Dans la première génération, 10 % de la progéniture était anormale, dans la deuxième, 20 %<sup>28</sup>. Ces chiffres sont à mettre en parallèle avec les 2,5 % et 6 % dans les première et deuxième générations de la lignée expérimentale (Fig. 8.4).

Des expériences ultérieures de ce type devraient permettre de vérifier si des caractéristiques acquises en réponse à un stimulus environnemental ont ou non une tendance accrue à se manifester dans des organismes génétiquement similaires mais dont les parents n'ont pas été exposés à ce stimulus. Ces organismes mutants devraient révéler une tendance accrue à se manifester non seulement dans le même laboratoire mais encore dans tous les laboratoires. Voilà qui constituerait une bonne manière de tester la validité de l'hypothèse de la causalité formative. Les théories orthodoxes seraient incapables d'expliquer que le développement d'organismes anormaux en un lieu entraîne une augmentation de la proportion d'organismes développant la même anomalie en réponse au même stimulus, en tous les lieux.

Pendant des décennies, le débat relatif à la transmission lamarckienne a négligé l'analyse des indices scientifiques proprement dits et s'est concentré sur la question de la possibilité théorique d'un tel mode de transmission. Selon la théorie génétique de l'hérédité, des caractéristiques acquises par des organismes sous l'influence de stimuli environnementaux ou de nouvelles habitudes de comportement ne peuvent modifier les gènes de manière spécifique. Les lamarckiens ont pris le contrepied de cette position, sans parvenir à expliquer comment une telle modification génétique pouvait intervenir. L'hérédité épigénétique à travers la modification de l'ADN ou de la chromatine est désormais un moyen d'expliquer l'hérédité des caractéristiques acquises.

L'hypothèse de la causalité formative fournit une approche nouvelle, qui ne cadre avec aucune de ces visions classiques. Des caractéristiques acquises peuvent être transmises, non par modification des gènes, mais par résonance morphique. Cela signifie que la transmission n'implique aucun transfert de gènes. Ainsi, comme nous venons de le voir, des drosophiles peuvent-elles acquérir, en un lieu précis, une tendance à se développer anormalement après avoir été soumises à de l'éther de drosophiles de la même lignée vivant à plusieurs centaines de kilomètres de là, sans hériter pour autant d'aucun des gènes modifiés de ces dernières, et même en l'absence de tout moyen de communication connu entre les deux lignées.

### *Les champs morphiques dominants et récessifs*

Considérons maintenant les implications de l'hypothèse de la causalité formative sur la compréhension du phénomène de dominance génétique.

La majorité des mutations sont *récessives*. C'est-à-dire que si un organisme mutant est croisé avec un organisme normal,



souvent nommé type sauvage, la progéniture sera normale. Le type normal est *dominant*. Certains membres de la deuxième génération, produite en croisant les hybrides, révèlent le caractère mutant, mais la majorité est toujours normale.

L'étude de ce type de phénomène par Mendel est à l'origine de la génétique. Dans une expérience classique, il a croisé des pois normaux avec une variété produisant des graines ridées. La première génération a produit des graines normales. Dans la deuxième génération, trois quarts environ des graines étaient normales et un quart, ridées. Cette ségrégation, dite mendélienne, s'explique en termes de déterminants mendéliens ou gènes (Fig. 8.5). Les plantes normales ont deux copies du gène «pour» les graines normales. Les plantes anormales ont deux copies d'une forme mutante du gène. Ces formes alternatives du même gène sont des allèles. Chaque parent fournit à sa progéniture une copie de chacun de ses gènes. En conséquence, un pois hybride a un allèle «pour» des graines normales, et un «pour» des graines ridées. Il donnera des graines normales puisque le gène de la graine normale est dominant et le gène de la graine ridée, récessif. Dans la deuxième génération, la combinaison au hasard de gènes d'ovules et de grains de pollen fera qu'en moyenne une plante aura deux allèles de pois rond, une autre, deux allèles de pois ridés, et deux, une copie de chaque allèle. Cette dernière aura des graines rondes, comme les plantes ayant des allèles de pois ronds; ainsi, il y aura environ trois plantes normales pour une ridée.

Il s'agit de génétique élémentaire, et ces notions sont bien connues de quiconque étudie le sujet. Mais la familiarité même de ces concepts masque un problème fondamental. *Pourquoi* les gènes normaux de type sauvage sont-ils presque toujours dominants? Le problème devient évident quand on le considère dans un contexte évolutionniste. De nouveaux traits apparaissent dans des organismes par mutation. Mais la majorité des mutations sont

récessives. Si ces mutants sont favorisés par sélection naturelle, le type mutant devient plus commun et en définitive, prédominant ; le type qui était à l'origine mutant devient normal ou sauvage. Ainsi les gènes autrefois récessifs deviennent-ils dominants. La dominance ne peut donc être une propriété intrinsèque des gènes, puisqu'elle évolue.

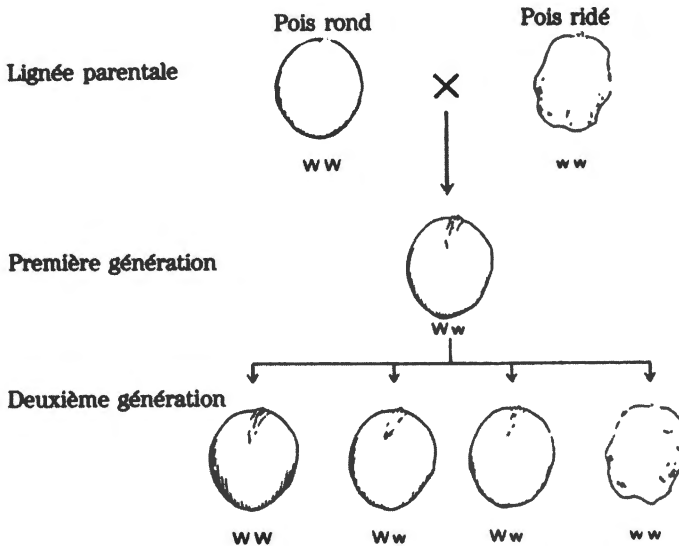


**Figure 8.5** Exemple classique d'hérédité mendélienne chez le pois. Le gène **W** est dominant et produit des graines rondes. Une forme alternative de ce gène, **w**, est récessive et produit des graines ridées en l'absence du gène **W**. Seule une copie du gène est présente dans les ovules et les grains de pollen ; la moitié sera donc porteuse du gène **W** et l'autre moitié du gène **w**, dans les hybrides de première génération, ce qui donnera, en seconde génération, une proportion d'environ un plant **WW** pour deux plants **Ww** et un plant **ww**. **W** étant dominant, il y aura environ trois fois plus de plants ayant des graines rondes que de plants ayant des graines ridées.

On explique, en général, l'évolution de la dominance en termes de sélection naturelle de versions plus dominantes des gènes mutants, ou de sélection d'un grand nombre de gènes mineurs fournissant un «contexte génétique» favorable à la dominance du mutant favorable. Voici un extrait de manuel typique :

Si certaines propriétés phénotypiques sont favorisées, il est clair que le ou les déterminants les conférant seront favorisés eux aussi. En outre, si les éléments en question s'expriment chez tous les individus qui en sont porteurs, ils en tireront un avantage supplémentaire. En d'autres termes, la dominance sera favorisée du point de vue de l'adaptation. Il s'ensuit que certains allèles seront préférés à leurs isoallèles moins dominants, et toutes choses étant égales, que les génotypes facilitant leur expression seront favorisés<sup>29</sup>.

Cette théorie est forcément spéculative, et indémontrable, le «génotype» étant trop complexe pour être analysé génétiquement.

L'hypothèse de la causalité formative suggère une explication alternative de la dominance. Les types plus communs dans le passé – les types normaux, sauvages – stabilisent les champs de type sauvage par résonance morphique. Les organismes mutants, étant en nombre beaucoup plus réduit, sont stabilisés par des champs beaucoup plus faibles. Les gènes et protéines des deux types parentaux sont présents chez les hybrides, lesquels entrent en résonance morphique avec les types normal et mutant. Les champs normaux sont plus puissants en raison du nombre supérieur d'organismes antérieurs ayant contribué à leur élaboration ; ils «balaient» en conséquence les champs mutants. Un schème de développement normal sera beaucoup plus probable : en d'autres termes il sera dominant. Il s'agit d'une dominance de champ et non de gènes.

Si un type mutant est favorisé par sélection naturelle, il devient de plus en plus commun. Par conséquent, de plus en plus

d'organismes contribuent par résonance morphique à stabiliser ce champ, et le schème de développement mutant devient de plus en plus probable. La génétique classique interpréterait cette dominance accrue des champs morphiques mutants comme une dominance accrue des gènes mutants. L'expérience permet d'analyser de telles modifications de dominance résultant de la résonance morphique d'un nombre croissant d'organismes mutants ; plusieurs projets d'expériences sont exposés dans mon livre *Une nouvelle science de la vie*<sup>30</sup>.

Croisons deux espèces, les hybrides entrent en résonance morphique avec les champs des deux. Si celles-ci sont stabilisées par résonance morphique de nombres comparables d'organismes antérieurs, les champs seront de force identique ; ni l'un ni l'autre ne sera dominant et l'hybride qui se développera sera influencé dans une même mesure par les deux. Il est donc permis d'espérer que les hybrides révèlent des traits des deux espèces parentales, qu'ils soient des intermédiaires entre les deux. C'est ce que vérifie en général la pratique : songez, par exemple, aux mules qui sont des hybrides entre des chevaux et des ânes. Il en va de même pour les végétaux.

### *Les champs morphiques du comportement instinctif*

Selon l'hypothèse de la causalité formative, les champs façonnent non seulement la forme des organismes mais encore leur comportement. Des champs comportementaux, tels que les champs morphogénétiques, sont organisés en hiérarchies gigognes. Ils coordonnent les mouvements des animaux essentiellement en imposant des schèmes d'ordre rythmiques aux activités probabilistes du système nerveux<sup>31</sup>. Les champs comportementaux sont de même nature générale que les champs morphogénétiques : ce sont des champs morphiques stabilisés par résonance morphique<sup>32</sup>.

Chez tous les animaux, certains schèmes d'activité motrice sont innés notamment la manière de se gratter des mammifères et des oiseaux (Fig. 8.6). Les animaux héritent leurs instincts de leurs ancêtres, ainsi, de jeunes araignées sont-elles, à peine écloses, capables de tisser des toiles caractéristiques de leur espèce; elles les tissent, même élevées en isolation complète, sans contact avec d'autres araignées ou toiles. Même lorsque des animaux *apprennent* de nouveaux schèmes d'activité, ceux-ci s'inscrivent dans un cadre de potentialités innées, et il est impossible d'établir une séparation nette entre les instincts et le comportement appris dépendant de capacités innées. Ainsi, un bébé humain n'a pas une aptitude particulière à parler une langue spécifique; il doit en apprendre une. Mais la *capacité* d'apprendre une langue est innée, et propre à notre espèce.

L'étude du comportement instinctif par des spécialistes de l'éthologie a conduit à trois conclusions majeures. Premièrement, les instincts sont organisés selon une hiérarchie de systèmes superposés les uns aux autres. Chaque niveau est essentiellement activé par un système de niveau supérieur. Deuxièmement, le comportement se manifestant sous l'influence des instincts majeurs consiste souvent en des chaînes de schèmes de comportement plus ou moins stéréotypés, dits schèmes d'action fixes. Troisièmement, chaque schème de comportement doit être activé par un stimulus spécifique. Celui-ci peut être inhérent à l'organisme, ou émaner de l'environnement, auquel cas on parle de stimulus signe. L'exemple classique est celui des rouges-gorges européens. Durant la saison des amours, les mâles défendent leur territoire et menacent les autres mâles trop entreprenants. Le schème d'action fixe du comportement agressif est essentiellement libéré par un stimulus signe: la poitrine rouge – comme le démontrent des expériences simples. Des mâles attaquent de vulgaires leurres à poitrine rouge, voire un amas de plumes rouges, mais ont une réaction moins vive à l'encontre de leurres plus précis mais dépourvus de plumes rouges<sup>33</sup> (Fig. 8.7).

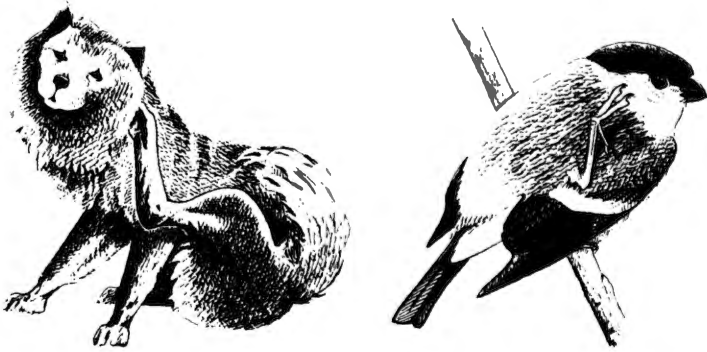


**Figure 8.6** Chien et bouvreuil se grattant. L'habitude innée de se gratter avec un membre postérieur croisé au-dessus d'un antérieur est commune à la plupart des reptiles, animaux et mammifères (d'après Lorenz, «The Evolution of Behavior», *Scientific American*, déc. 1958).

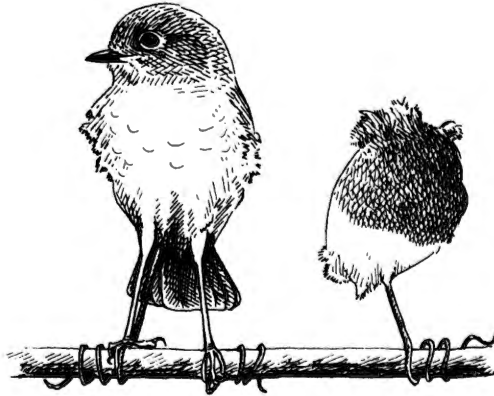


**Figure 8.7** Deux leurres exposés à des rouges-gorges européens durant la saison des amours. Les oiseaux attaquent plus souvent le tas de plumes rouges, à droite, que le rouge-gorge empaillé à poitrine d'un brun terne, à gauche. Cette expérience fait apparaître que le comportement agressif est essentiellement libéré par le stimulus signe: la poitrine rouge (d'après Tinbergen, *The Study of Instinct*, Oxford University Press, 1951).

Ces traits de comportement inné cadrent bien avec une interprétation en termes de champs morphiques organisés de manière hiérarchique. Les schèmes d'action fixe peuvent être perçus comme des chréodes; des stimuli signes, tels que les plumes rouges, jouent le rôle de germes morphogénétiques. Comment? En déclenchant, *via* les sens, des schèmes d'activité rythmiques caractéristiques dans le système nerveux, lesquels entrent en résonance morphique avec les champs comportementaux particuliers – dans le cas de rouges-gorges mâles répondant au stimulus signe «plumes rouges», il s'agit des champs du comportement agressif.

Les chréodes comportementales canalisent le comportement vers des points terminaux particuliers et ont, comme les chréodes morphogénétiques, une aptitude inhérente à ajuster ou réguler le processus de manière telle que le point terminal soit atteint en dépit de fluctuations ou de désordres. Les éthologistes ont observé que de nombreux schèmes d'action fixes révèlent une composante «fixe» et une composante «d'orientation» relativement flexible. Ainsi, une oie cendrée ramènera-t-elle un œuf glissé hors du nid en plaçant son bec devant l'œuf et en le faisant rouler vers le nid (Fig. 8.8). Tandis qu'elle pousse l'œuf, ses mouvements de nutation sont compensés par des mouvements latéraux appropriés du bec<sup>34</sup>. Ces mouvements compensatoires se produisent de manière souple, en réponse aux mouvements de l'œuf, dans le cadre du schème de roulement fixe; ils cessent si l'œuf est retiré, mais une fois amorcé, le mouvement du bec vers la poitrine se poursuit jusqu'à être complété.

Les similitudes entre chréodes comportementales et morphogénétiques, avec leurs capacités régulatrices inhérentes, sont très clairement illustrées par des schèmes de comportement impliquant la construction de structures, telles que des nids. Ainsi, la guêpe de boue femelle de l'espèce australienne *Paralastor* construit-elle et approvisionne-t-elle des nids souterrains d'une manière très élaborée. Elle creuse, pour commencer, un trou étroit

de sept à huit centimètres de longueur et d'un demi-centimètre environ de largeur, dans une berge de sol dur et sablonneux. Puis, elle recouvre les parois de boue, fabriquée par la guêpe elle-même à l'aide de terre trouvée à proximité du nid; elle libère de l'eau de son jabot sur la terre, qu'elle roule ensuite en boule à l'aide de ses mandibules et qu'elle utilise pour recouvrir les parois. Quand le mur est complètement tapissé, la guêpe construit une cheminée large et complexe au-dessus de l'entrée, à l'aide d'une série de boulettes de boue (Fig. 8.9A). Cette cheminée semble avoir pour fonction d'exclure toute guêpe parasite, qui sera incapable de prendre appui sur la paroi interne lisse de la cheminée; l'intruse tombera en essayant d'entrer.



Figure 8.8 Exemple classique de schème d'action fixe: une oie cendrée roulant un œuf vers son nid. L'animal fait invariablement rouler l'œuf en bougeant son bec de la manière décrite, plutôt qu'en utilisant ses pattes ou ses ailes, ou même son bec d'une autre manière (d'après N. Tinbergen N., *L'Étude de l'instinct*, Payot, 1953).

Lorsque la cheminée est achevée, la guêpe pond un œuf à l'extrémité du nid, et l'approvisionne en chenilles, qu'elle scelle dans des cellules d'environ un centimètre et demi de longueur. La dernière cellule, la plus proche de l'entrée, est souvent vide, sans doute pour protéger le nid contre des intrus. Le nid est ensuite scellé à l'aide d'un bouchon de boue; puis, la guêpe détruit la cheminée construite avec tant de soin, n'en laissant subsister que quelques fragments épars sur le sol.



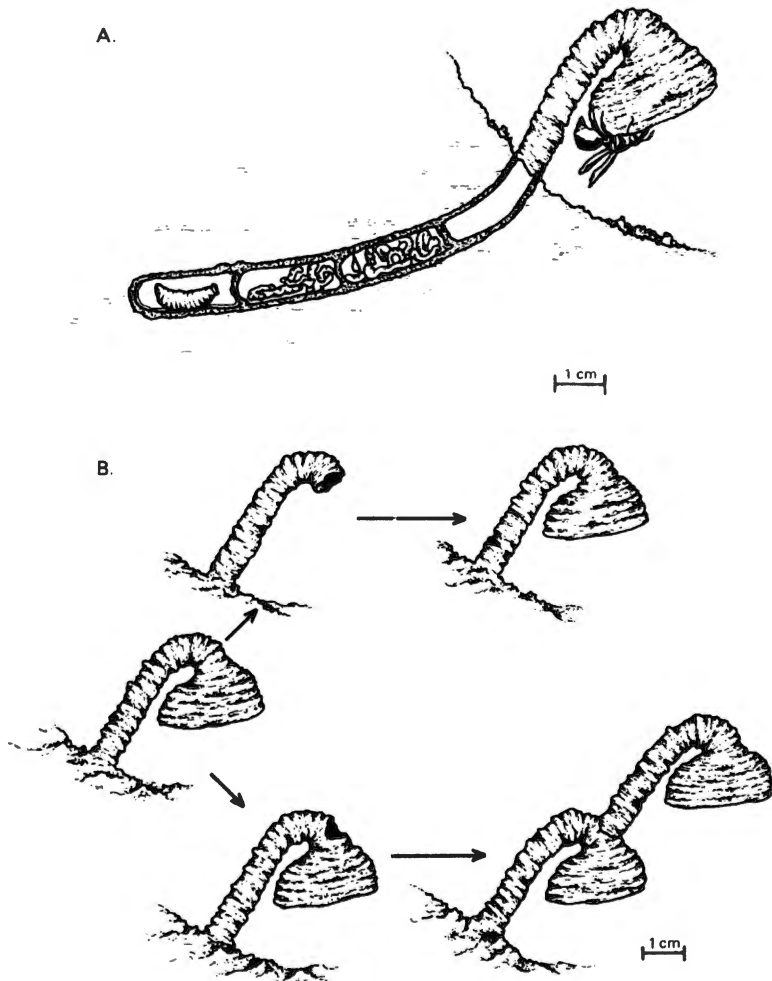


Figure 8.9 A. Nid garni d'aliments, de la guêpe *Paralastor*.  
 B. Réparation de la cheminée par des guêpes *Paralastor*. Au-dessus, construction d'une nouvelle cheminée après déplacement de l'ancienne par l'expérimentateur. Au-dessous, la nouvelle cheminée construite par la guêpe pour combler un trou pratiqué dans la partie supérieure d'une cheminée normale  
 (d'après S. A. Barnett, *Modern Ethology*, Oxford University Press, 1981).

Nous sommes ici en présence d'un schème d'action fixe régi par des chréodes comportementales. Le point terminal de chacune sert de stimulus signe ou de structure germinative à la suivante. Comme dans le cas de la morphogenèse, il est possible d'atteindre les mêmes points terminaux en empruntant des routes différentes si le canal d'activité normal est perturbé: les équivalents comportementaux de la régulation et de la régénération interviennent sous l'influence des champs comportementaux.

La manière dont réagissent les guêpes à la détérioration d'une cheminée en construction illustre bien ces principes généraux. Tout d'abord, dans des expériences réalisées sur le terrain, des cheminées presque achevées étaient détruites tandis que les guêpes récoltaient de la boue. En dépit de l'ampleur des dégâts, les guêpes rendirent aux cheminées leur forme originale; les cheminées furent régénérées. Si on les endommageait à nouveau, les guêpes les rebâtissaient encore. Ce processus fut répété à sept reprises avec une guêpe particulière, qui rebâtit sept fois sa cheminée sans jamais trahir la moindre perte de vigueur<sup>35</sup>.

Ensuite, l'expérimentateur vola des cheminées presque achevées et les transplanta sur des nids où la construction de la cheminée venait à peine de commencer. Quand les guêpes revinrent avec leurs boulettes de boue et trouvèrent les cheminées instantanées, elles les examinèrent brièvement tant à l'intérieur qu'à l'extérieur puis entreprirent d'en terminer la construction, comme si ces cheminées leur avaient appartenu.

Puis, l'expérimentateur amassa du sable autour de la base de cheminées en cours de construction. Celles-ci mesurent environ deux centimètres et demi de hauteur. Si une cheminée presque achevée était enfouie de manière à ne plus dépasser du sol que de trois à quatre millimètres, la guêpe poursuivait sa construction jusqu'à ce qu'elle s'élève à nouveau à deux centimètres et demi au-dessus du sol.

Enfin, plusieurs trous furent pratiqués dans les cheminées à différents stades de la construction. Si ces dommages intervenaient à un stade précoce, ou s'ils affectaient la partie en cloche de la cheminée, ils étaient décelés aussitôt, et réparés sans tarder jusqu'à ce que la cheminée ait retrouvé sa forme antérieure.

Le comportement le plus intéressant fut observé en réponse à un type de dommage improbable dans des conditions naturelles : un trou circulaire fut pratiqué dans le cou de la cheminée après achèvement de la partie en forme de cloche. Dès leur retour, les guêpes remarquèrent ces trous et les examinèrent soigneusement, extérieur et intérieur, mais furent incapables de les réparer de l'intérieur, les parois trop lisses les privant de points d'appui. Après un certain temps, elles s'employèrent à combler le trou de l'extérieur. C'est exactement le type d'activité qu'on observe quand elles commencent à construire une cheminée au-dessus de l'entrée du nid. Les trous pratiqués dans le cou de la cheminée eurent donc un effet de stimulus signe pour l'ensemble du processus de construction de la cheminée, et une nouvelle cheminée complète fut reconstruite (Fig. 8.9B).

Ainsi les champs comportementaux ont-ils, comme les champs morphogénétiques, une finalité inhérente, et permettent-ils aux animaux d'atteindre leurs objectifs en dépit de désordres inattendus tout comme les embryons en développement pratiquent la régulation après des lésions et produisent des organismes normaux, et tout comme des végétaux et des animaux régénèrent des structures perdues.

Considérons maintenant la manière dont se transmettent les champs comportementaux.

### *L'héritage des champs comportementaux*

Le comportement héréditaire, comme la forme héréditaire, est influencé par les gènes, mais n'est ni «génétique» ni

«génétiquement programmé». Dans le cadre de l'hypothèse de la causalité formative, ses schèmes caractéristiques sont organisés par des champs morphiques, hérités par résonance morphique de membres antérieurs de la même espèce.

Chacun de ces champs comportementaux organise un schème particulier de comportement. Les schèmes d'action fixe décrits par les éthologistes, notamment le comportement agressif des rouges-gorges et les activités de construction des guêpes *Paralastor*, sont organisés par de tels champs morphiques.

Des mutations de nombreux gènes différents peuvent influencer l'expression du comportement organisé par ces champs, mais les effets des gènes sur le comportement sont parfois très indirects. D'aucunes produisent des organes sensoriels, des systèmes nerveux ou des musculatures anormaux, lesquels peuvent, bien entendu, influencer sur le comportement de l'animal. D'autres mutations affectent le comportement en agissant sur la vigueur des animaux<sup>36</sup>. Mais de telles mutations ne déterminent pas en soi les schèmes de comportement ; elles modifient simplement la manière dont ceux-ci peuvent s'exprimer.

Des études de la transmission de schèmes d'action fixe ont démontré que d'innombrables mutations génétiques sont susceptibles d'affecter la performance de ces schèmes de diverses manières mineures, mais tout schème comportemental donné «apparaît toujours sous une forme nettement reconnaissable, pour autant qu'il apparaisse<sup>37</sup>». Reprenons l'analogie du téléviseur, ces organismes mutants sont semblables à des téléviseurs contenant des composants «mutants». Ceux-ci risquent d'engendrer toutes sortes de distorsions du son, de l'image ou des couleurs. Cependant, malgré ces perturbations, le programme reçu par le téléviseur demeure reconnaissable. Le téléviseur reste branché sur la même chaîne.

Outre ces mutations affectant l'expression d'un champ comportemental donné, nous pourrions escompter trouver d'autres types de mutations, analogues aux mutations homéotiques de la forme,

dans lesquels des schèmes d'action fixe disparaissent complètement ou sont remplacés par d'autres. Ces mutations affectent alors le *réglage* du téléviseur de manière telle qu'il ne reçoit plus la chaîne sur laquelle il est branché, ou qu'il en capte une autre. De semblables mutations existent bel et bien. Elles affectent l'apparition ou la non-apparition de schèmes d'action fixe entiers, tout comme les mutations homoétiques affectent des structures organiques entières.

Un des rares exemples étudiés de manière détaillée concerne le comportement de nettoyage du nid par des abeilles américaines après une épidémie de loque<sup>38</sup>, qui décime les larves dans les rayons. Dans une lignée, nommée Brown, les ouvrières ouvrent les cellules contenant des larves mortes et sortent les cadavres du rayon. Dans une autre lignée, van Scoy, elles ne se soucient pas des larves mortes. Cette négligence favorise la propagation de l'infection. Des colonies de la lignée Brown sont, du fait de leur comportement hygiénique, plus résistantes à cette maladie que les colonies van Scoy.

Des croisements entre reines d'une lignée et faux-bourçons de l'autre donnent naissance à des reines hybrides engendrant des colonies hybrides, lesquelles n'héritent pas du comportement hygiénique, celui-ci est donc récessif. Une analyse génétique plus poussée a révélé que deux gènes récessifs sont impliqués dans le comportement hygiénique : un «pour» l'ouverture des cellules, et un «pour» l'enlèvement des cadavres<sup>39</sup>. Du point de vue de la causalité formative, ces schèmes d'action fixe ne sont pas encodés dans les gènes ; ceux-ci affectent, en revanche, le réglage du système nerveux des abeilles – en conséquence, les champs morphiques de ces schèmes de comportement entreront ou non en jeu. Il n'y a pas de gènes «pour» ces schèmes de comportement, mais des champs morphiques.

Quand on croise deux espèces, le comportement instinctif des hybrides révèle souvent des éléments propres aux deux types parentaux. Les schèmes de comportement parentaux sont parfois

conflictuels, comme dans le cas de croisements entre deux espèces d'inséparables. Les oiseaux d'une espèce font leur nid à l'aide de lambeaux de feuilles qu'ils arrachent et rapportent au nid dans leur bec. Ceux de l'autre espèce rapportent les lambeaux de feuilles serrées entre leurs plumes. Des hybrides se comportent de manière confuse. Ils s'efforcent de fourrer les lambeaux de feuilles entre leurs plumes, mais sont si maladroits qu'ils les laissent tomber. Ils apprennent en définitive que la seule manière de les transporter consiste, pour eux, à les porter dans leur bec, mais même alors il leur arrive de tenter de les fourrer sous leurs plumes<sup>40</sup>.

Dans bien des cas, le schème de comportement hybride est un intermédiaire entre les schèmes parentaux. C'est surtout évident dans les cris et les chants, qui ont l'avantage de pouvoir être enregistrés et illustrés sous forme de diagrammes. Ainsi, des gibbons femelles produisent-ils, le matin, des sons impressionnants en présence de leurs partenaires – les grands cris. Ceux-ci varient selon les espèces. Dans les jungles du centre de la Thaïlande, deux espèces vivent dans la même région et il arrive que des membres de l'une s'accouplent avec des membres de l'autre. Les femelles des deux espèces produisent des grands cris de durée (de 14 à 21 secondes) et de tonalité similaires. Mais une espèce produit en moyenne huit notes par cris, l'autre soixante-treize. Des hybrides produisent des cris d'un type intermédiaire tant dans la jungle que dans les zoos<sup>41</sup> (Fig. 8.10).

La théorie conventionnelle et l'hypothèse de la causalité formative interprètent les faits relatifs à la transmission de comportement de manières fort différentes ; ces faits ne permettent pas, cependant, de choisir entre les deux interprétations. Or, les deux hypothèses produisent des prédictions différentes lorsque les animaux acquièrent des schèmes de comportement nouveaux. La théorie conventionnelle pose que des aptitudes acquises sont sans effet sur la progéniture. En revanche, la résonance morphique

devrait faciliter l'apprentissage des nouveaux schèmes de comportement chez les autres membres de la lignée, même en des régions éloignées. Ces prédictions sont vérifiables de manière empirique, et certaines expériences sont discutées à la fin du chapitre suivant.

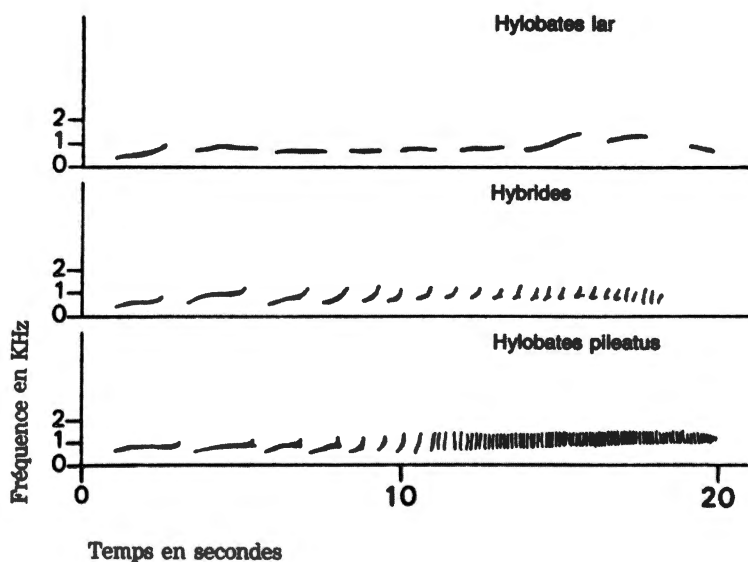


Figure 8.10 Spectrogrammes sonores de grands cris de gibbons des jungles de Thaïlande. Les cris des hybrides sont intermédiaires entre ceux des espèces parentales (d'après Brockelman et Schilling, 1984, copyright Macmillan Magazines Ltd).

## Études sur les vrais jumeaux

L'importance relative de l'inné et de l'acquis, autrement dit de l'hérédité et de l'environnement, est une question non seulement scientifique, mais également politique. Et même, la politique éclipse la science dans ce domaine depuis le milieu du XIX<sup>e</sup> siècle. Par exemple, en Angleterre, le philosophe libéral John Stuart Mill

(1806-1873) prêchait un évangile fait de progrès social et arguait que les réformes politiques et économiques pouvaient transformer la nature humaine en modifiant l'environnement, idées qui ont eu une forte influence sur les mouvements politiques progressistes tels que le socialisme et le communisme.

À l'inverse, Francis Galton, le cousin de Charles Darwin, faisait valoir avec force la prédominance de l'hérédité. Dans son livre *Hereditary Genius* (1869), il avance que l'hégémonie des familles britanniques les plus distinguées dépendait davantage de l'inné que de l'acquis et en tire une conclusion controversée :

Les facultés naturelles de l'homme sont le produit de l'hérédité et sont soumises exactement aux mêmes limitations que la forme et les caractéristiques physiques de tout le monde organique. Par conséquent, puisqu'il est aisé, nonobstant ces limitations, d'obtenir par une sélection minutieuse une race définitive de chiens ou de chevaux doués de facultés particulières à la course ou dans tout autre domaine, il serait tout à fait réalisable de produire une race d'hommes de grand talent en procédant à des mariages judicieux sur plusieurs générations consécutives.

Galton avait également conscience que la question de l'inné et de l'acquis pouvait être étudiée grâce aux vrais jumeaux. Selon lui, ces derniers avaient une constitution héréditaire similaire, tandis que les faux jumeaux n'étaient pas plus similaires que des frères et sœurs ordinaires. Galton a trouvé des similitudes remarquables entre les vrais jumeaux sur un large éventail de caractéristiques, parmi lesquelles l'apparition des maladies et même l'heure de la mort<sup>42</sup> ; son étude sur les jumeaux demeure un classique dans le domaine de la génétique comportementale.

Les idées de Galton au sujet de l'hérédité ont été reprises par des philosophes politiques tels que Herbert Spencer pour justifier le système de classe britannique. Galton proposait que l'État



régle la fertilité de la population de sorte à favoriser l'amélioration de la nature humaine grâce à la reproduction sélective. C'est lui qui a inventé le mot «eugénisme» pour désigner cette pratique. Le mouvement eugénique a eu une grande influence, il s'est étendu aux États-Unis et il a atteint son apogée sous l'Allemagne nazie. C'est sans surprise que les scientifiques nazis se sont beaucoup intéressés aux jumeaux. Le projet de prédilection du notoire Josef Mengele dans le camp de la mort d'Auschwitz a été une étude portant sur les vrais jumeaux, qui étaient enfermés dans des bâtiments à part et mieux traités que les autres prisonniers. Mengele a déclaré à l'un de ses collègues : «Ce serait un péché, un crime de ne pas utiliser le potentiel de recherche sur les jumeaux enfermés à Auschwitz. Nous n'aurons jamais une seconde chance<sup>43</sup>.»

L'une des conséquences du nazisme a été que l'eugénisme en général et les études sur les jumeaux en particulier ont été discrédités pendant une génération. Cela a laissé le champ libre aux théories environnementales des comportementalistes, qui croyaient ardemment aux possibilités d'ingénierie sociale grâce au conditionnement des enfants. Le fondateur du comportementalisme, John B. Watson, a déclaré : «Supposons que nous emmenions séparément des jumeaux dans un laboratoire pour commencer à les conditionner rigidement depuis la naissance jusqu'à leur vingtième anniversaire en leur inculquant des principes totalement différents. On pourrait même conditionner l'un de ces enfants afin qu'ils grandissent sans savoir parler. Ceux d'entre nous ayant passé des années à conditionner des enfants et des animaux ne peuvent que constater qu'au bout du compte, les deux produits finis sont aussi différents que le jour et la nuit<sup>44</sup>.»

Après la Seconde Guerre mondiale, la personnalité de premier plan dans le domaine de la recherche sur les vrais jumeaux a été un psychopédagogue britannique, Sir Cyril Burt, qui a affirmé avoir étudié cinquante-trois paires de jumeaux élevés séparément.

Burt s'est concentré sur l'hérédité de l'intelligence, qu'il mesurait grâce à des tests de QI ; de plus, selon lui, la génétique avait une influence bien plus forte que l'environnement. Malheureusement pour les déterministes génétiques, il a plus tard été démontré que Burt avait falsifié bon nombre de ses données<sup>45</sup>. Mais grâce au déchiffrement du code génétique et à l'essor de la biologie moléculaire dans les années 1960, la génétique moléculaire a énormément gagné en prestige et en influence. Grâce à la montée de la sociobiologie dans les années 1970 et la popularisation des idées néodarwiniennes par Richard Dawkins dans son livre *Le Gène égoïste* (1976), le déterminisme génétique a obtenu une influence culturelle prédominante et a été renforcé grâce à de nouvelles études sur les jumeaux.

La plus connue est la Minnesota Twin Family Study, réalisée en 1989. L'équipe du Minnesota a trouvé des corrélations importantes entre des vrais jumeaux séparés à la naissance concernant un ensemble de caractéristiques portant sur la personnalité, par exemple le sentiment de bien-être, la domination sociale, le sentiment d'aliénation, l'agressivité et la réussite. Ces scientifiques ont également trouvé une corrélation importante au niveau du QI, presque identique aux chiffres que Cyril Burt a été accusé d'avoir fabriqués<sup>46</sup>. Les études du Minnesota ont également révélé des similitudes anecdotiques d'une nature exceptionnellement frappante. Par exemple, les «jumeaux Jim» (qui avaient tous deux reçu le prénom James de leurs familles adoptives), qui ont été séparés peu après la naissance, ont présenté des similitudes extraordinaires dans leur vie. Tous deux vivaient dans la seule maison de leurs quartiers, avec un banc blanc situé près d'un arbre dans le jardin à l'arrière de la maison ; tous deux s'intéressaient aux courses de stock-car et avaient des ateliers complexes dans lesquels ils fabriquaient des tables de pique-nique miniatures ou des chaises à bascule elles aussi miniatures<sup>47</sup>. De plus, ils avaient des antécédents très similaires en matière de santé :

entre autres, tous deux avaient un œil paresseux du même côté, avaient vécu ce qu'ils considéraient comme des crises cardiaques, sans qu'aucune maladie soit diagnostiquée et avaient subi une vasectomie<sup>48</sup>.

Certaines paires de jumeaux avaient également des peurs et phobies similaires. Les chercheurs du Minnesota ont conclu : «Les divers acteurs culturels de notre société, en particulier la plupart des parents, sont moins efficaces pour marquer de leur empreinte distinctive les enfants qui grandissent dans leur sphère d'influence, ou alors ils sont moins enclins à le faire, qu'on le supposait<sup>49</sup>.»

On dénombre aussi beaucoup d'études portant sur des paires de jumeaux n'ayant pas été séparées à la naissance et comparant les jumeaux monozygotes aux dizygotes. Par exemple, au cours d'une étude en Virginie portant sur mille jumelles, un large éventail de comportements tels que le tabagisme, les choix de carrière ou de passe-temps et les symptômes menstruels ont été beaucoup plus similaires chez les vraies jumelles que chez les fausses, ce qui suggère encore une forte influence de l'hérédité<sup>50</sup>.

La génétique comportementale clame haut et fort que notre identité est en grande partie génétiquement déterminée. La grande confiance que l'on accordait à la capacité de prédiction des gènes et le prestige important de la biologie moléculaire ont contribué au lancement du projet génome humain et de la bulle biotechnologique qui l'a accompagné.

La notion de résonance morphique apporte un nouvel éclairage aux études sur les vrais jumeaux, et donc sur le débat entre l'inné et l'acquis. Dans la mesure où ils sont génétiquement identiques et qu'ils ont partagé le même utérus tout au long de leur développement embryonnaire, les jumeaux monozygotes sont beaucoup plus similaires que toute autre paire d'êtres humains. Par conséquent, la résonance morphique entre eux sera exceptionnellement spécifique et beaucoup plus forte que dans tout autre cas. De

par cette résonance, il est probable que les schémas d'activité, de croyance, d'habitude ou de santé chez l'un influenceront l'autre, influence qui se fera dans les deux sens. Ainsi, de nombreuses similitudes remarquables entre les vrais jumeaux dépendent de la résonance morphique plutôt que des gènes. La résonance morphique entre les vrais jumeaux pourrait ainsi avoir abouti à une surestimation importante du rôle de l'hérédité génétique.

La résonance morphique propose un nouveau regard sur les données en provenance des études sur les vrais jumeaux et pourrait contribuer à libérer cette thématique des controverses politiques qui pèsent sur elle depuis si longtemps.

### *«L'héritabilité manquante» et le projet génome humain*

L'un des espoirs du projet génome humain a été que les différences génétiques individuelles puissent permettre de prédire les prédispositions de chacun à la maladie, et donc jouer un rôle majeur dans l'individualisation de la médecine. On sait depuis longtemps que certaines maladies héréditaires dépendent de différences génétiques simples. Par exemple, on sait que la mucoviscidose résulte de mutations génétiques et que cette maladie affecte presque toutes les personnes qui ont les gènes concernés. Mais la plupart des maladies courantes sont très différentes. Peu après le début du millénaire, des études à grande échelle, connues sous le nom d'études d'association pangénomique, se sont intéressées aux gènes associés à un ensemble de caractéristiques, en particulier la prédisposition aux maladies. Les résultats ont été apparemment paradoxaux.

Prenons par exemple la taille. Des études remontant au début du <sup>xx</sup>e siècle ont montré que la taille des parents est étroitement liée à celle de leurs enfants. En s'appuyant sur une comparaison des parents et des enfants, on a pu déterminer que la taille est

héréditaire à 80-90%, ce qui revient à dire que 80 ou 90% des variations au sein de la population peuvent être attribuées à l'hérédité. Lorsque trois groupes de chercheurs indépendants se sont penchés sur les génomes de dizaines de milliers de personnes pour trouver des différences génétiques associées à des écarts au niveau de la taille, plus de quarante variations génétiques ont été révélées. Mais il s'est avéré que ces gènes avaient des effets mineurs. Au total, ils représentaient seulement 5% de l'héritabilité de la taille. C'est l'un des nombreux exemples d'«héritabilité manquante»<sup>51</sup>.

Une autre étude à grande échelle a identifié dix-huit gènes associés au diabète de type 2. Mais au total, ils expliquent moins de 5% de la prédisposition héréditaire au diabète. Encore une fois, l'héritabilité est en grande partie manquante<sup>52</sup>.

Comment expliquer cette «héritabilité manquante»? Certains chercheurs suggèrent qu'un très grand nombre de gènes pourraient jouer un rôle, chacun ayant des effets minimes; si tel est le cas, la valeur prédictive du génome sera toujours très faible. D'autres pensent que l'hérédité épigénétique pourrait expliquer certaines différences, mais même si tel est le cas, il subsistera une inquiétude sérieuse à l'idée que quelque chose se soit mal passé. Leonid Kruglyac, biologiste évolutionniste, a fait en 2008 le commentaire suivant: «On a un phénomène clair et tangible: les enfants ressemblent à leurs parents. Mais malgré ce qu'on explique aux élèves en cours de science à l'école primaire, on ne sait toujours pas comment ça marche»<sup>53</sup>. Et en 2009, un généticien, Steve Jones, a fait une observation: «Il y a deux ans encore, on était très optimiste et on pensait qu'une nouvelle ère de compréhension s'ouvrait à nous. Mais cela n'a pas duré, car l'orgueil a été remplacé par la préoccupation [...]. On dispose de preuves claires concernant l'hérédité génétique, mais d'absolument rien au sujet des gènes.»

Une fois encore, la résonance morphique peut permettre de mieux comprendre ces faits en apparence déroutants. Si l'hérédité

dépend en grande partie de la résonance morphique, et non des gènes, l'héritabilité manquante est facile à comprendre. Et même, la part d'héritabilité manquante donne une mesure approximative de la contribution de la résonance morphique.

Néanmoins, certains biologistes, tels que Lewis Wolpert, restent convaincus que les gènes peuvent presque tout expliquer. Il a parié qu'«à partir du génome de l'ovule fécondé d'un animal ou d'une plante, nous serons capables de prédire au moins une fois tous les détails concernant l'organisme qui va se développer à partir de cet ovule, y compris toute anomalie<sup>54</sup>». Personnellement, je parie que cela n'arrivera pas, pour toutes les raisons que nous avons évoquées dans ce chapitre.

### *La résonance morphique et l'hérédité*

Nous avons vu, dans ce chapitre, comment la notion de résonance morphique éclaire d'un jour nouveau le phénomène de l'hérédité, qui apparaît dépendant à la fois des gènes et des champs morphiques hérités par résonance morphique. La forme et le comportement des organismes ne sont pas plus encodés ou programmés dans les gènes que les programmes télé, dans les transistors d'un téléviseur.

La théorie génétique orthodoxe de l'hérédité implique, du point de vue de l'hypothèse de la causalité formative, une projection des propriétés des champs morphiques sur les gènes, une tentative pour les intégrer aux molécules d'ADN. Elle en arrive donc à supposer qu'il existe des gènes plutôt que des champs morphiques «pour» des structures particulières – notamment les pattes des mouches du vinaigre – et «pour» des schèmes de comportement – notamment les activités de construction des guêpes *Paralastor* (Fig. 8.9). Ce sont les gènes, et non les champs morphiques, qui seraient dominants ou récessifs ; l'évolution de la dominance est ainsi censée dépendre de mutations génétiques

## L'HÉRITAGE BIOLOGIQUE

mal définies, et non de la formation cumulative d'habitudes par résonance morphique d'innombrables organismes similaires antérieurs.

Autrefois, l'éventualité de l'hérédité des caractéristiques acquises a été réfutée pour des raisons théoriques, car on ne saurait l'expliquer du point de vue des gènes. Mais aujourd'hui, les scientifiques prennent au sérieux les éléments dont ils disposent, et le patrimoine génétique tout comme la résonance morphique pourraient contribuer à expliquer cette forme d'hérédité.

Les études portant sur les jumeaux ont donné des estimations exagérées en matière d'hérédité, car bon nombre des similitudes observées entre les vrais jumeaux pourrait dépendre de la résonance morphique. Et les grands espoirs que la génomique personnelle puisse avoir une grande valeur prédictive ont été anéantis par la découverte de l'héritabilité manquante, conformément à l'hypothèse de la résonance morphique.

Dans cette perspective, en l'absence de concept de champs et de résonance morphiques, le rôle des gènes est inévitablement surestimé – on leur attribue des propriétés qui vont bien au-delà de leurs rôles chimiques connus. Cette remarque vaut aussi pour les notions d'apprentissage et de mémoire, que nous allons envisager maintenant. Le cerveau, comme les gènes, a été systématiquement surestimé. Leur activité n'est en grande partie pas seulement déterminée par leurs propriétés physiques et chimiques, mais par la résonance morphique qui agit en eux et à travers eux.





## Chapitre 9

# Mémoire animale

### *La résonance morphique et la mémoire*

L'hypothèse de la causalité formative propose une toute nouvelle interprétation de la nature de la mémoire : la mémoire est inhérente à tous les organismes sur deux plans. Tout d'abord, tous héritent de la mémoire collective de leur espèce par résonance morphique des organismes antérieurs de même lignée. Ensuite, les organismes individuels sont soumis à la résonance morphique de leur propre passé ; cette autorésonance fournit le fondement de leurs souvenirs et de leurs habitudes individuels.

Comme nous venons de le voir, cette hypothèse pose que des schèmes de comportement sont organisés par des hiérarchies gigognes de champs morphogénétiques. Ces champs comportementaux organisent les activités du système nerveux en imposant des schèmes spatio-temporels à son fonctionnement intrinsèquement indéterminé ou probabiliste. Le comportement n'est pas déterminé uniquement par le «branchement» du système nerveux et par les processus physico-chimiques actifs en lui, il dépend aussi de l'activité organisatrice de ces champs.

Un comportement normal dépend d'un système nerveux adéquat, tout comme une morphogenèse normale dépend de gènes adéquats. Des perturbations chimiques ou physiques des nerfs peuvent affecter le comportement, tout comme des perturbations des gènes et des protéines peuvent affecter la morphogenèse. Il n'en demeure pas moins que le comportement n'est pas plus programmé dans le système nerveux que la morphogenèse dans les gènes.

Selon l'hypothèse de la causalité formative, la différence entre un comportement inné et un comportement acquis est une question de degré, et non de type. Tous deux dépendent de champs morphiques stabilisés par résonance morphique. Un comportement instinctif, tel que la nidification des guêpes *Paralastor* (Fig. 8.9), est largement influencé par d'innombrables insectes similaires; alors qu'un comportement appris, tel que l'apprentissage par un rat de la façon de sortir d'un labyrinthe, est surtout soumis à la résonance du propre passé de l'animal. En général, ces deux facteurs sont impliqués: le comportement instinctif implique un élément d'adaptation aux circonstances particulières de l'animal, et le comportement appris s'inscrit dans le cadre des potentialités fournies par les champs morphiques de l'espèce.

L'apprentissage implique inévitablement la mémoire; en effet, l'expérience passée n'aurait aucune influence sur le comportement présent, si elle n'était pas, en quelque sorte, retenue. Bien entendu, la mémoire n'implique pas nécessairement la conscience; nous-mêmes sommes influencés par d'innombrables souvenirs inconscients, se manifestant dans nos habitudes. Nous mémorisons la manière de nager, d'écrire ou de rouler à bicyclette, pourtant ces souvenirs habituels ne sont pas conscients. Pourquoi ceux que nous observons chez les animaux le seraient-ils plus que les nôtres?

On a coutume de croire que la mémoire s'explique en termes de modifications physico-chimiques du système nerveux, les «traces» d'expérience passée. Les tentatives visant à les localiser dans le cerveau et à les analyser ont toujours échoué; or, pour les mécanistes, la mémoire *doit* dépendre de traces matérielles. Il s'agit d'un présupposé:

Les souvenirs sont, d'une certaine manière «dans» l'esprit, et donc, pour un biologiste, «dans» le cerveau. Mais comment? Le terme mémoire doit englober au moins deux processus

distincts. Premièrement, *apprendre* quelque chose de nouveau au sujet du monde qui nous entoure; deuxièmement, se le *rappeler*, se le remémorer, à une date ultérieure. Nous en concluons que ce qui se trouve entre l'apprentissage et la restitution doit être une sorte d'enregistrement permanent, une *trace mémorielle*, dans le cerveau (Steven Rose<sup>1</sup>).

Pour la causalité formative, la mémoire dépend de la résonance morphique de schèmes d'activité actuels à l'intérieur du système nerveux, avec des schèmes d'activité similaires antérieurs. Elle ne dépend pas d'altérations physico-chimiques des nerfs. Dès l'instant où il y a résonance morphique, les traces mémorielles perdent leur raison d'être; le passé peut exercer une influence directe sur le présent.

Dans ce chapitre, nous examinerons pour commencer les indices en faveur de la notion de stockage d'information dans le cerveau; nous envisagerons ensuite différents types d'apprentissage, et comparerons les interprétations mécanistes orthodoxes et celles de la résonance morphique. Enfin, nous nous interrogerons sur les expériences qui nous permettront de déterminer laquelle de ces deux approches s'accorde le mieux au fonctionnement réel de la mémoire.

### *Les souvenirs sont-ils stockés dans le cerveau ?*

La notion traditionnelle de stockage d'information dans le cerveau remonte à l'époque classique. Des stimuli agissant contre les organes des sens produisent des perturbations dans le cerveau, lesquelles engendrent la perception des stimuli. Les perturbations laissent derrière elles des traces, modifications infimes de la structure du cerveau. Ces modifications rendent l'activité cérébrale plus susceptible de suivre à nouveau les mêmes voies en réponse à des stimuli semblables ou dont les traces se mêlent à celles du premier stimulus.

Au XVII<sup>e</sup> siècle, Descartes a proposé une version hydraulique de cette théorie, basée sur l'hypothèse que les nerfs sont creux et véhiculent un flux d'«esprits animaux»: des nerfs sensitifs contiennent des petits filets reliés à des concavités dans le cerveau, l'ouverture de celles-ci libère des esprits animaux, qui traversent les nerfs jusqu'aux muscles appropriés. Descartes a, en réalité, inventé le concept de réflexe: des esprits animaux sont «reflétés» dans le cerveau et repassent dans les muscles<sup>2</sup> (Fig. 9.1).



**Figure 9.1** Homme à genoux à côté d'un feu. Descartes a utilisé ce dessin pour illustrer sa conception de l'action réflexe (tel que reproduit par Boakes, 1984).

Les célèbres recherches de Pavlov sur les réflexes conditionnés semblent donner raison aux partisans des traces mémorielles. Pavlov lui-même hésitait à affirmer que les arcs réflexes dépendaient de traces spécifiquement localisées dans le cortex cérébral, pour s'être aperçu que le conditionnement survivait parfois à une lésion cérébrale considérable<sup>3</sup>. Certains de ses disciples se montrèrent moins prudents. Dans les premières décennies

du <sup>xx</sup><sup>e</sup> siècle, de nombreux biologistes considéraient que toute l'activité psychologique, y compris les phénomènes de l'esprit humain, pouvait en définitive être réduite à de simples associations et chaînes de réflexes. Les circuits réflexes étaient censés aller des organes sensoriels aux régions sensorielles du cerveau, puis *via* des régions associatives au cortex moteur, et enfin aux cellules motrices, véhiculant les impulsions aux muscles<sup>4</sup>. Ces canaux de connexion étaient souvent comparés à un réseau téléphonique – les fibres nerveuses étant rapprochées des fils, et le cerveau, de la centrale où s'effectuent les connexions appropriées.

Les théories modernes comparent mémoire et ordinateur. Le modèle central comprend les phases d'encodage, de stockage et de récupération. On entend souvent dire que des pulsions nerveuses provenant des organes sensoriels «encodent» le stimulus externe, modifiant les propriétés d'autres cellules nerveuses dans le cerveau de sorte que ces modifications encodent ou «représentent» le stimulus, mais de manière différente. Ces changements constituent le processus de stockage de la mémoire. La récupération est le processus par lequel le schème stocké est restitué en cas de besoin.

La complexité des ordinateurs permet d'élaborer un modèle plus sophistiqué que le téléphone, mais dépendant toujours de traces mémorielles définies, même s'il prévoit des systèmes de stockage de sauvegarde. Dans les ordinateurs, les «traces» sont conservées sur disque dur, sur disquette ou encore sur bande. Si le stock d'information est détruit, la mémoire est perdue.

Les chercheurs ont multiplié les efforts pour localiser les traces mémorielles dans le cerveau, et ont sacrifié, pour ce faire, d'innombrables animaux. Les études classiques de la question ont été réalisées par Karl Lashley sur des rats, des singes et des chimpanzés. Pendant plus de trente ans, il a essayé de remonter les canaux de réflexe conditionné dans le cerveau et de localiser les traces mémorielles spécifiques, ou «engrammes». Pour ce faire,

il a appris aux animaux une série de tâches – de simples réflexes conditionnés à la résolution de problèmes difficiles. Il procédait à l'ablation chirurgicale de circuits nerveux ou de parties de cerveau avant ou après l'apprentissage, et évaluait les effets de l'intervention sur l'apprentissage initial ou la rétention postopératoire.

Il a commencé à exprimer son scepticisme à l'égard du pseudo-canal d'arcs de réflexes conditionnés à travers le cortex moteur quand il a constaté que des rats ayant appris à réagir de manière précise à la lumière réagissaient de manière aussi précise après ablation de presque tout le cortex moteur. De même, après ablation de la majeure partie du cortex moteur de singes ayant appris à ouvrir diverses boîtes, il enregistra une paralysie temporaire, mais après une convalescence de huit à douze semaines, les animaux furent à nouveau capables d'accomplir les mouvements nécessaires à l'ouverture des boîtes. On les leur présenta donc et ils les ouvrirent sans hésitation aucune.

Lashley a ensuite démontré que des habitudes apprises étaient préservées même après destruction des régions associatives du cerveau. Les habitudes survivaient aussi à une série d'incisions profondes dans le cortex cérébral destinées à détruire certaines de ses connexions croisées. En outre, dans le cas où le cortex cérébral était intact, l'ablation de structures subcorticales, telles que le cervelet, n'affectait pas non plus la mémoire.

Les résultats de ses travaux ont contraint Lashley à renoncer à la théorie réflexe de l'apprentissage :

Le programme de recherche original consistait à suivre les arcs de réflexes conditionnés à travers le cortex, les voies spinales de réflexes simples paraissant avoir été retracées jusqu'à la moelle épinière. Les découvertes empiriques n'ont jamais cadré avec ce schème. En revanche, elles ont fait apparaître le caractère unitaire de chaque habitude, l'impossibilité d'assimiler l'apprentissage à des concaténations de réflexes, ainsi que la participation de grandes masses de tissus nerveux

au fonctionnement plus qu'au développement de voies de conduction restreinte<sup>5</sup>.

Passant en revue les types de perte de mémoire – chez l'homme – consécutives à des lésions cérébrales, il en arriva à une conclusion similaire :

Les faits démontrent, me semble-t-il, que l'amnésie provoquée par une lésion cérébrale est rarement, voire jamais, due à la destruction de traces mémorielles spécifiques. Les amnésies représentent plutôt un abaissement du seuil de vigilance, une difficulté plus grande à activer le schème organisé de traces, ou une perturbation de quelque système plus large de fonctionnement organisé<sup>6</sup>.

Lashley ne songea pas que les souvenirs n'étaient peut-être pas stockés dans le cerveau. S'il renonça aux traces localisées, il suggéra que de *multiples* traces mémorielles devaient être réparties à travers toute une région fonctionnelle du cerveau. L'évocation impliquait alors «une sorte de résonance parmi un grand nombre de neurones<sup>7</sup>». Ces idées furent poussées plus avant par son étudiant Karl Pribram, pour qui les souvenirs étaient emmagasinés d'une manière dispersée, évoquant les schèmes d'interférence d'un hologramme<sup>8</sup>.

Des expériences analogues ont révélé que, même chez les invertébrés tels que la pieuvre, il était impossible de localiser des traces mémorielles spécifiques. Des observations de la survie d'habitudes apprises après destruction de diverses parties du cerveau ont mené à la conclusion apparemment paradoxale que «la mémoire est à la fois partout et nulle part en particulier<sup>9</sup>».

La réflexion que suscitent, en général, de telles découvertes est qu'il doit exister des systèmes de stockage d'information multiples ou redondants à travers diverses régions du cerveau : si certains se perdent, des systèmes de sauvegarde prennent la relève. Cette hypothèse, inventée pour justifier l'échec des tentatives

visant à localiser les traces mémorielles, découle naturellement de la conviction que les souvenirs *doivent* être stockés dans le cerveau. Cette conviction, que n'a jamais confirmé l'expérience, relève plus d'un acte de foi.

Plusieurs indices suggèrent toutefois que les conditions de vie de jeunes animaux peuvent entraîner des *modifications* cérébrales. Une expérience porta ainsi sur deux groupes de jeunes rats. Le premier fut élevé en isolement, dans des cages impersonnelles, le second, en communauté, dans de grandes cages équipées de jeux divers, régulièrement renouvelés. Les rats des deux groupes furent mis à mort après des périodes variables, et leurs cerveaux, autopsiés. Les rats du second groupe avaient de plus grands cerveaux que ceux ayant vécu en isolement, et leurs cellules nerveuses et synapses individuelles étaient plus grandes<sup>10</sup>. Ces résultats montrent que le développement du système nerveux est influencé par son activité.

Des chercheurs réalisèrent des expériences plus raffinées. Ils étudièrent en détail la manière de réagir de jeunes singes, privés de l'usage d'un œil (les paupières ayant été cousues). Chez des adultes normaux, les zones visuelles droite et gauche du cortex cérébral reçoivent des influx nerveux des deux yeux. Ainsi trouve-t-on dans la zone gauche deux cartes ordonnées de la moitié droite du champ visuel, une perçue par l'œil droit, l'autre par le gauche; de même, dans la zone droite trouve-t-on deux cartes de la moitié gauche du champ visuel. L'influx des deux yeux est divisé en un réseau de rubans corticaux alternatifs d'environ 0,4 millimètre de largeur. Les jeunes singes aux paupières cousues perdirent, après quelques semaines, l'usage de l'œil clos et les rubans liés à celui-ci se firent plus étroits tandis que ceux liés à l'œil voyant se développaient jusqu'à occuper presque tout l'espace. Des résultats semblables furent enregistrés dans des expériences avec des chatons. L'évolution semblait due à une compétition entre les nerfs des deux yeux: les nerfs inactifs de



l'œil clos entretenaient moins de connexions avec les cellules corticales que les nerfs électriquement actifs de l'autre<sup>11</sup>. Ces résultats démontrent, comme dans le cas des rats élevés dans un environnement enrichi, que la manière dont se développe le système nerveux dépend de l'activité des nerfs qu'il renferme.

Il n'est pas surprenant que des modifications du fonctionnement du système nerveux soient associées à des modifications des cellules nerveuses elles-mêmes ; nous savons que les transformations des autres tissus, les muscles notamment, dépendent de l'usage et du non-usage. Les adeptes du body-building nous montrent dans quelle mesure. Le fait que des cerveaux en développement soient sensibles à de tels changements confirme la structure dynamique du système nerveux.

Les tentatives les plus prudentes et les plus minutieuses pour démontrer l'existence de modifications cérébrales susceptibles d'être liées à la formation de traces mémorielles ont été réalisées sur de jeunes poulets par Steven Rose et ses collègues. Le lendemain de l'éclosion, ceux-ci furent soumis à un apprentissage simple, dont les effets furent évalués par injection de substances radioactives. Les poulets qui apprenaient à répondre au stimulus en reçurent de plus grandes quantités, dans les cellules nerveuses d'une région précise du prosencéphale – en particulier de l'hémisphère gauche – que les poulets de contrôle, non soumis à l'apprentissage<sup>12</sup>. Les expériences ont démontré que ces cellules connaissaient une croissance et un développement plus actifs lorsqu'il y avait apprentissage<sup>13</sup>. Nous avons déjà vu que les cellules nerveuses actives se développaient plus que les inactives dans les cerveaux en développement de jeunes rats, de chatons et de singes. Cette différence ne prouve pas pour autant que les cellules actives contiennent des traces mémorielles spécifiques. En effet, les chercheurs procédèrent à l'ablation de la région du prosencéphale gauche associée au processus d'apprentissage, un jour après ce dernier, et constatèrent que les poulets étaient

toujours capables de se remémorer ce qu'ils avaient appris. En conséquence, les cellules impliquées, en quelque sorte, dans le processus d'apprentissage *n'étaient pas* nécessaires à la rétention de la mémoire. Les hypothétiques traces mémorielles ont, une fois encore, échappé aux chercheurs, qui ont dû, une fois encore, postuler l'existence de nouveaux «systèmes de stockage» non identifiés «quelque part» dans le cerveau<sup>14</sup>.

Dans les études portant sur les souris et d'autres mammifères, la formation de souvenirs lorsqu'ils apprennent à se diriger dans un labyrinthe se traduit par une activité dans le lobe temporal médian du cerveau, en particulier dans une aire cérébrale connue sous le nom d'hippocampe. L'aptitude à former des souvenirs à long terme dépend d'un processus appelé potentialisation à long terme, lui-même dépendant de la synthèse protéique au sein des neurones de l'hippocampe. Ce processus a été décrit de manière extrêmement détaillée. Pourtant, là encore, les souvenirs s'avèrent insaisissables. En effet, si la destruction de l'hippocampe des deux côtés du cerveau empêche la formation de nouveaux souvenirs à long terme, les souvenirs plus anciens demeurent. Il faut donc supposer que les hypothétiques traces mémorielles, d'une manière ou d'une autre, se déplacent d'une partie du cerveau à une autre.

Eric Kandel, qui a reçu un prix Nobel en l'an 2000 pour ses travaux sur le stockage de la mémoire, a résumé le problème de la manière suivante lors du discours qu'il a fait à l'occasion de la remise de son prix :

«Comment interagissent différentes régions de l'hippocampe et le lobe temporal médian en vue du stockage de la mémoire explicite? Comment l'information dans ces zones est-elle transférée en vue de sa consolidation ultime dans le néocortex? Nous ne comprenons pas, par exemple, pourquoi le stockage initial de la mémoire nécessite l'intervention de l'hippocampe, alors que cette aire cérébrale n'est

pas nécessaire une fois qu'un souvenir a été stocké pendant des semaines ou des mois. Quelles informations cruciales l'hippocampe véhicule-t-il jusqu'au néocortex? Par ailleurs, nous savons aussi très peu de choses sur la remontée de la mémoire explicite (déclarative). [...] Ces propriétés systémiques du cerveau nécessiteront autre chose que la simple approche ascendante de la biologie moléculaire<sup>15</sup>.»

Non seulement les hypothétiques traces mémorielles se sont révélées insaisissables sur un plan spatial, mais encore leur nature physique est demeurée obscure. L'idée de «molécules mémorielles» d'ARN spécifiques paraissait séduisante dans les années 1960, mais elle a été plus ou moins abandonnée. La théorie des circuits réverbérateurs d'activité électrique, produisant une sorte d'écho, peut aider à comprendre la mémoire à court terme sur des périodes de quelques secondes voire de quelques minutes, mais ne permet pas d'expliquer de façon plausible la mémoire à long terme. L'hypothèse la plus populaire demeure celle associant la mémoire à des modifications des connexions synaptiques entre les cellules nerveuses se produisant d'une manière encore inconnue.

Si les souvenirs sont, d'une manière ou d'une autre, stockés dans des synapses, celles-ci doivent demeurer stables pendant de longues périodes: en réalité, le système nerveux dans son ensemble doit être stable pour pouvoir remplir le rôle de stock mémoriel. On supposait, récemment encore, que c'était le cas, même si on sait depuis longtemps que les cellules du cerveau se renouvellent régulièrement. Des indices récents suggèrent que le système nerveux d'animaux adultes pourrait être plus dynamique qu'on ne l'imaginait par le passé.

Des études du cerveau de canaris, en particulier des régions impliquées dans l'apprentissage du chant, ont révélé que maintes connexions nouvelles continuent à se développer entre les cellules nerveuses, et que de nombreuses cellules nerveuses nouvelles

apparaissent. Chez les mâles, le nombre de neurones augmente à la période des amours, au printemps, mais diminue d'environ 40 % à l'automne. Des modifications similaires ont été observées dans d'autres régions du cerveau des canaris, et divers indices suggèrent qu'il se produit, chez les adultes d'autres espèces, un renouvellement des neurones du prosencéphale, siège du comportement complexe et de l'apprentissage – de nouvelles cellules se forment tandis que d'autres meurent<sup>16</sup>.

Le cerveau révèle, en outre, une dynamique fonctionnelle plus grande qu'il n'y paraissait. Des études récentes, portant sur des singes, ont montré que des aires sensorielles du cerveau «reproduisant» différentes parties du corps ne sont pas «hard wired» ou anatomiquement circonscrites, mais possèdent une fluidité inattendue. Une série d'expériences a permis de localiser les aires sensorielles du cortex liées aux sensations du toucher dans les mains du singe. On s'est ainsi aperçu que la «carte» dans le cerveau était subdivisée en aires correspondant à chacun des cinq doigts et à d'autres surfaces de la main. Il est apparu, après amputation d'un ou de plusieurs doigts, que le stimulus sensoriel des doigts voisins récupérait progressivement, en l'espace de quelques semaines, la région du cerveau auparavant occupée par le doigt manquant (Fig. 9.2). L'accroissement des aires cérébrales des doigts adjacents s'accompagnait d'un développement de la sensibilité de ces doigts<sup>17</sup>.

Des lésions cérébrales mettent aussi en évidence le dynamisme du système nerveux. Ainsi, en cas de dommage du cortex sensoriel, la «carte» appropriée, qui occupait la région endommagée, peut-elle se déplacer vers une région voisine, avec toutefois une perte d'acuité. Ce déplacement de la «carte» ne dépend probablement pas d'un développement ou d'un mouvement des cellules nerveuses, mais plutôt d'un déplacement spatial de l'activité de la cellule nerveuse<sup>18</sup>.

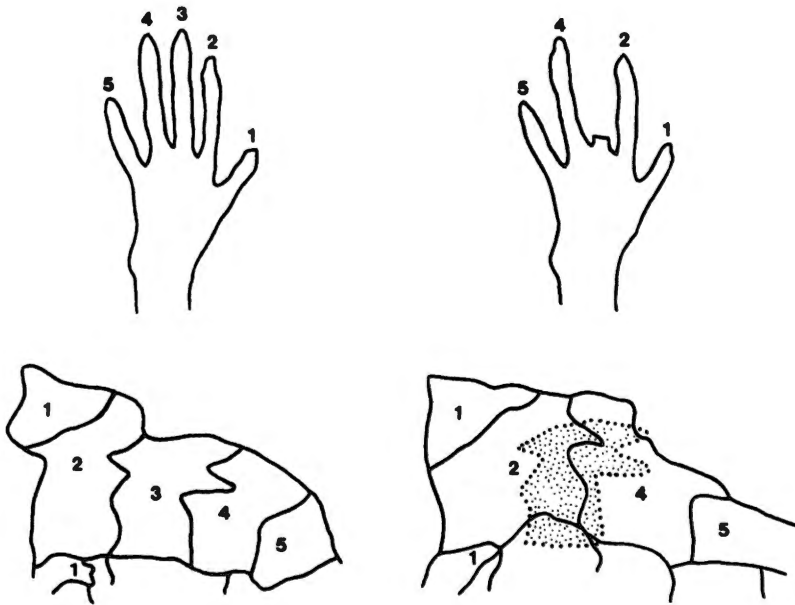


Figure 9.2 Cartes cérébrales de l'aire corticale d'un nyctipithèque adulte correspondant aux impulsions tactiles de la main.

Quelques semaines après amputation du troisième doigt, l'aire correspondante est récupérée par les régions des doigts adjacents, lesquelles élargissent ainsi leur champ d'action. Ces cartes cérébrales furent réalisées par analyse par micro-électrodes (d'après Fox, «The Brain's Dynamic Way of Keeping in Touch», *Science* 225: 820-821, 24 août 1984; copyright 1984, AAAS).

Ce dynamisme de la structure et du fonctionnement du système nerveux compromet la notion de traces mémorielles. Francis Crick a démontré qu'il existait également au niveau moléculaire un dynamisme rendant problématique le stockage à long terme de traces mémorielles. La durée de vie d'un souvenir humain est souvent de plusieurs années, voire de plusieurs dizaines d'années. «Or presque toutes les molécules de notre corps, à l'exception de l'ADN, sont remplacées en l'espace de

quelques jours, de quelques semaines, voire de quelques mois. Comment concevoir que la mémoire soit stockée dans le cerveau de manière telle que sa trace soit relativement immunisée contre le renouvellement moléculaire?» Crick a suggéré un mécanisme par lequel «des molécules dans la synapse entretiennent des interactions telles que du matériel nouveau peut les remplacer, une à une, sans altérer l'état global de la structure». Son schème hypothétique ingénieux implique des molécules protéiques dotées de propriétés inhabituelles. À ce stade, rien ne vient confirmer l'existence de telles molécules<sup>19</sup>.

Reprenons, pour résumer, un extrait du manuel, *Molecular Biology of the Cell*:

Malgré quelques indices physiologiques et biochimiques, une masse importante de données psychologiques, et quelques principes généraux, nous ne comprenons toujours pas, ou si peu, la base cellulaire de la mémoire chez les vertébrés, l'anatomie détaillée des circuits neuraux responsables, la biologie moléculaire des modifications que l'expérience produit en eux.

Interpréter la mémoire en termes de résonance morphique permet une approche nouvelle de ces problèmes. Si les souvenirs dépendent de champs morphiques, ils ne doivent pas être stockés dans le cerveau, mais peuvent être liés à la résonance morphique du propre passé de l'organisme. Après des lésions de diverses parties du cerveau, ces champs sont peut-être capables d'organiser les cellules nerveuses d'autres régions pour qu'elles remplissent les mêmes fonctions que précédemment. L'aptitude des habitudes apprises à survivre à des lésions substantielles du cerveau est peut-être due aux propriétés auto-organisatrices des champs – propriétés s'exprimant dans le cadre de la morphogénèse par la régénération et la régulation ontogénique.

Il est possible de distinguer par expérience cette alternative de l'interprétation conventionnelle. Si l'hypothèse de la causalité

formative est correcte, les souvenirs habituels d'un organisme devraient pouvoir influencer un autre organisme par résonance morphique, facilitant l'acquisition des mêmes habitudes. Un tel effet ne serait pas concevable pour les théories mécanistes du stockage mémoriel.

Voyons comment l'interprétation de la mémoire en termes de résonance morphique du passé d'un animal s'applique à la notion d'apprentissage. Commençons par le type d'apprentissage le plus simple et le plus fondamental : l'habituation.

### *L'habituation*

La répétition d'un stimulus inoffensif que ne suit rien d'intéressant suscitera de moins en moins de réponse. Ce phénomène est connu sous le nom d'habituation. Nous-mêmes l'éprouvons de maintes façons différentes : nous ne remarquons plus le contact de nos vêtements sur notre peau ; nous devenons insensibles aux bruits de fond, aux odeurs familières, aux objets courants ; nous nous adaptons à des situations et à des environnements nouveaux.

Les animaux s'habituent aussi à leur environnement. Ils réagissent – souvent par l'inquiétude ou la fuite – à un stimulus nouveau, précisément parce qu'ils n'y sont pas habitués. Mais si celui-ci s'avère inoffensif, ils cessent bientôt d'y répondre. Chacun a eu l'occasion d'observer ce genre d'habituation chez des animaux domestiques, aussi bien que chez des mammifères et des oiseaux sauvages.

L'habituation concerne aussi les animaux inférieurs notamment les escargots, et même les organismes unicellulaires. Le stentor, par exemple, protozoaire des eaux douces, est une cellule ciliée en forme de cornet. L'activité ciliaire produit, autour de la cellule, des courants qui poussent des particules en suspension vers la bouche, située au bas d'un minuscule tourbillon (Fig. 9.3). Herbert S. Jennings a étudié, il y a plus de quatre-vingts ans,

la réponse de ces créatures à divers stimuli – il a décrit les résultats de ses observations dans un ouvrage classique, *The Behaviour of the Lower Organisms* (1906). Quand on bouscule l'objet auquel la cellule est attachée, «elle se contracte instantanément dans son tube. Elle se retend après une trentaine de secondes, et les cils reprennent leur activité». Si le même stimulus se répète, elle ne se contractera plus mais poursuivra ses activités normales. Cette absence de réaction n'est pas due à la fatigue, puisque l'animal répondra à un nouveau stimulus si on le touche par exemple. Et si celui-ci se répète, la cellule restera à nouveau sans réaction.

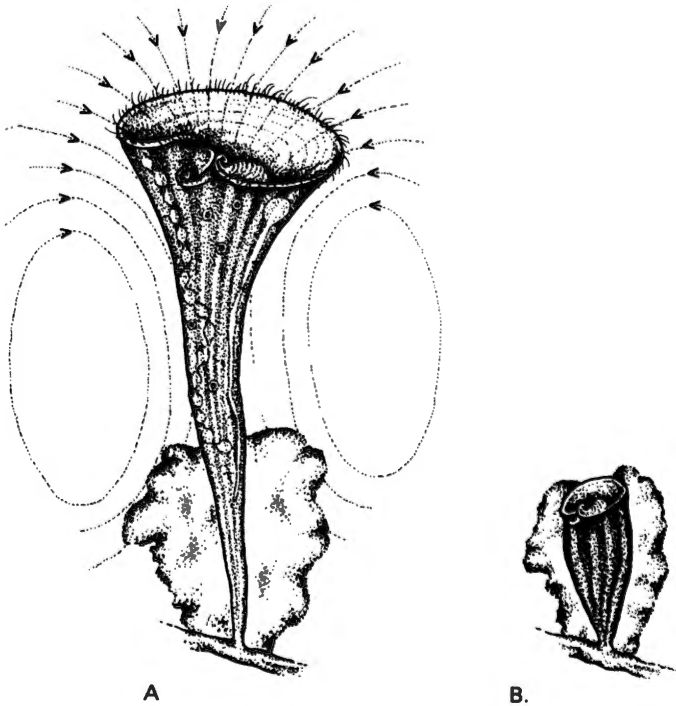


**Figure 9.3** L'organisme unicellulaire *Stentor raesilii*; on voit les courants produits dans l'eau par le battement de ses cils. En réponse à un stimulus inconnu, il se contracte rapidement dans son tube (B) (d'après Jennings, 1906).



L'habituation implique une sorte de mémoire permettant d'identifier des stimuli inoffensifs. Un organisme unicellulaire comme *Stentor* ne comprend aucun nerf et son apprentissage ne dépend donc pas d'un système nerveux. Il pourrait dépendre de la résonance de l'organisme avec ses schèmes d'activité antérieurs, en particulier les plus proches. Ceux-ci incluraient le retour à la normale après le stimulus inoffensif. La répétition de stimuli insignifiants est intégrée à la résonance de fond de l'organisme; elle en devient, en quelque sorte, partie intégrante, à l'inverse de tout nouveau type de stimulus du fait même qu'il est nouveau et non familier.

Dans les organismes plus complexes, l'habituation fait intervenir le système nerveux. Ce phénomène a été étudié de façon détaillée chez l'aplysie, mollusque marin limaciforme, atteignant jusqu'à trente centimètres de longueur. La branchie, normalement étendue, se rétracte lorsque l'aplysie entre en contact avec un corps étranger (Fig. 9.4). Ce réflexe disparaît en cas de répétition de stimuli inoffensifs et faibles (en présence de stimuli plus marqués, l'aplysie, comme la pieuvre, émet un liquide violet la dissimulant dans un nuage opaque).

Le système nerveux ne varie guère d'une limace à l'autre; on retrouve des cellules identifiables en des endroits prévisibles. On a ainsi localisé les cellules sensorielles et motrices impliquées dans le réflexe branchial, et constaté que celui-ci dépendait de seulement quatre cellules motrices<sup>20</sup> (chez les organismes supérieurs les «schémas de branchement» sont beaucoup plus complexes que chez les limaces, et beaucoup plus variables d'un individu à l'autre). Des mesures électriques de cellules nerveuses ont révélé qu'au fil de l'habituation, les cellules sensorielles cessaient d'exciter les cellules motrices, parce que celles-ci libèrent de moins en moins de paquets ou «quanta» de transmetteur chimique aux jonctions ou synapses entre cellules motrices<sup>21</sup>. Cette modification du fonctionnement des cellules sensorielles persiste pendant plusieurs minutes

ou plusieurs heures, selon le nombre de répétitions du stimulus. Quatre séances de formation de dix stimuli chacune suffisent à produire une habitude profonde, de plusieurs semaines. Il s'ensuit qu'un certain type de mémoire du stimulus peut affecter les cellules sensorielles pendant de longues périodes.

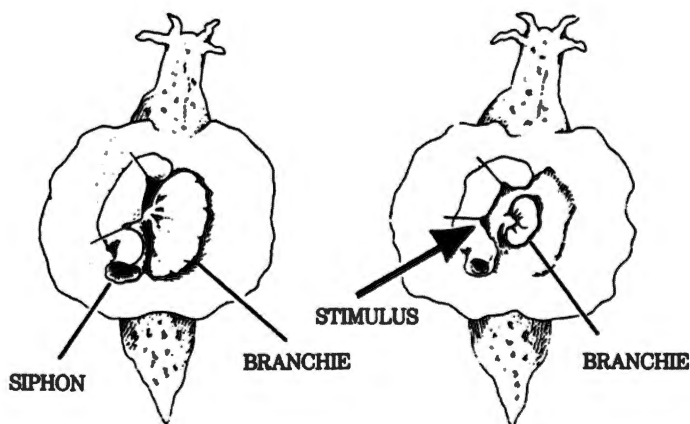


**Figure 9.4** Aplysie, mollusque limaciforme. À gauche, ses branchies et son siphon sont étendus. Quand quelque chose heurte le siphon, ce dernier et la branchie se contractent en un réflexe de défense (à droite)  
(d'après Kandel, «Nerve Cells and Behavior»,  
*Scientific American*, juillet 1970).

L'habitude se produisant chez un organisme unicellulaire tel que le stentor, il n'est pas surprenant que les cellules du système nerveux de l'aplysie y soient également sensibles. Il est toutefois inutile de faire dépendre ce phénomène de l'existence de traces mémorielles physiques ou chimiques dans ces cellules. Il peut être dû aux champs morphiques préservés par résonance avec le passé de l'organisme. Ces champs, modifiés par résonance morphique de l'activité antérieure du système nerveux en réponse aux stimuli inoffensifs, organisent les activités physiques et chimiques des

cellules, y compris la libération de transmetteurs chimiques aux synapses. Leur activité peut fort bien entraîner des modifications dans les cellules, ce qui ne signifie pas que la mémoire s'y trouve stockée sous forme de trace mémorielle.

Chez les animaux supérieurs, les champs comportementaux englobent plusieurs millions de cellules nerveuses. Il n'est pas pour autant nécessaire de lier l'habituation à l'existence de traces mémorielles; elle peut dépendre, comme chez le stentor et l'aplysie, de la résonance morphique avec les schèmes d'activité antérieurs de l'organisme.

### *L'apprentissage*

Selon l'hypothèse de la causalité formative, les unités comportementales innées ou les schèmes d'action fixe sont associés à des champs morphiques particuliers – notamment les champs du comportement agressif du rouge-gorge ou du comportement de tissage des araignées. La résonance morphique d'innombrables membres passés de l'espèce confère à ces champs leurs structures de probabilité, qui organisent l'expression générale de schèmes de comportement instinctifs. Cependant, l'expérience véritable dans le cadre d'un champ comportemental influence la manière dont les actions sont pratiquées dans des circonstances similaires ultérieures, du fait de l'autorésonance. Ainsi, un animal acquiert-il sa propre façon de réagir instinctivement.

Nous trouvons maints exemples d'un tel apprentissage dans le cadre de l'instinct. La plupart des jeunes animaux se meuvent de façon maladroite à la naissance, mais acquièrent une meilleure coordination avec le temps. Cette évolution est due en partie à la maturation du système nerveux et de l'organisme en général, et en partie à la pratique<sup>22</sup>. Un animal apprend à accomplir un schème d'action inné d'une manière appropriée à son organisme et à son environnement particuliers.

De nombreuses abeilles et guêpes partent d'instinct en expédition d'approvisionnement ou de chasse, et parviennent pourtant à mémoriser le terrain environnant leur nid et à le retrouver grâce à divers points de repère<sup>23</sup>. Un apprentissage spatial de ce genre est courant dans le règne animal, et permet une adaptation du comportement instinctif aux circonstances.

Le type d'apprentissage instinctif le plus spectaculaire est peut-être l'empreinte. De jeunes oiseaux – poulets, oisons, canardeaux, etc. – ont un schème de comportement inné, les poussant à suivre leur mère. Konrad Lorenz amena ainsi des couvées d'oisons à l'identifier à la figure de la mère et à le suivre, lui. En réalité, l'oison prendra pour modèle d'empreinte presque tout ce qui bouge – notamment des ballons<sup>24</sup>. Après une période d'empreinte d'à peine quinze à trente minutes, les oisillons reconnaissent et approchent l'objet mouvant, même s'ils ne sont remis en sa présence que soixante-dix heures plus tard. On a coutume d'attribuer cette aptitude à reconnaître l'objet mouvant aux traces mémorielles, mais la résonance morphique fournit un lien direct. L'objet est reconnu car il établit, *via* les sens, des schèmes d'activité spécifiques dans le système nerveux, lesquels entrent en résonance morphique avec ceux établis auparavant par le même sujet.

Les psychologues expérimentaux se sont concentrés sur l'apprentissage par association. Dans le conditionnement pavlovien, une réponse automatique ou inconditionnée – la salivation d'un chien affamé en présence de viande – peut, par association répétée avec un autre stimulus – une sonnerie – être liée à ce dernier : un réflexe conditionné est établi, le chien salivera dès que la cloche sonnera même en l'absence de viande.

L'autre type majeur d'apprentissage associatif est lié aux activités de l'animal. B. F. Skinner et l'école de psychologie béhavioriste ont parlé, en l'occurrence, de conditionnement opérant ou instrumental. Ainsi, si un chat trouve, par essai et

erreur, qu'en ouvrant une porte il accède à de la nourriture, il associera bientôt ouverture de porte et obtention de nourriture; une réponse conditionnée est établie.

L'apprentissage associatif dépend, dans l'esprit mécaniste, de la formation de nouveaux schèmes de connexion nerveuse dans le cerveau. En revanche, dans l'esprit de la causalité formative, il résulte de l'établissement de champs morphiques de niveau supérieur embrassant des schèmes d'activité préalablement séparés dans le système nerveux. De tels champs de niveaux supérieurs voient subitement le jour: ils unissent des parties auparavant disjointes et forment des tous. En réalité, l'apprentissage associatif semble souvent impliquer des discontinuités définies; il se produit par phases ou étapes. Dans l'apprentissage par essai et erreur, par exemple, les animaux semblent soudain saisir une connexion, et nous-mêmes sommes familiers de ces sauts dans l'apprentissage: de nouveaux schèmes de connexion nous «tombent dessus» ou nous «viennent en un éclair» (l'origine des champs nouveaux sera discutée au chapitre 18).

Ceux-ci se produisent parfois en l'absence d'apprentissage par essai et erreur – par insight. Les éthologistes emploient couramment ce terme pour désigner le comportement d'animaux supérieurs résolvant des problèmes plus que ne le permet une démarche par essai et erreur. L'exemple classique est celui des études de chimpanzés par Wolfgang Köhler, il y a plus de soixante ans. Köhler plaça des bananes en un endroit trop élevé pour que les singes puissent y accéder; après un certain temps, ceux-ci empilèrent des boîtes sur lesquelles ils grimpèrent pour attraper les fruits, d'autres agencèrent deux morceaux de bois et fabriquèrent une sorte de gaule avec laquelle ils firent tomber les bananes. La solution intervint souvent de manière soudaine, alors que les singes avaient déjà eu l'occasion de manipuler boîtes et bâtons et avaient éprouvé de grandes difficultés à empiler les boîtes<sup>25</sup>.

De tels exemples suggèrent l'existence de processus que nous ne pouvons que qualifier de mentaux<sup>26</sup>. Au moment de l'insight, un schème potentiel de comportement organisé voit le jour. Il peut être considéré comme un nouveau champ morphique. Si le schème de comportement est répété, le champ sera de plus en plus stabilisé par résonance morphique. Ce comportement deviendra de plus en plus probable, de plus en plus habituel, et – nous avons eu l'occasion de le vérifier – de plus en plus inconscient.

### *La transmission de l'apprentissage par résonance morphique*

La littérature du XIX<sup>e</sup> siècle, et du début du XX<sup>e</sup>, abonde en anecdotes de transmission apparemment héréditaire de comportement acquis, en particulier chez les chiens. Ainsi, un propriétaire de doberman à pedigree, désireux de tester les réactions de son animal non dressé, demanda à un ami de s'avancer vers lui dans la rue et de faire mine de l'agresser. Dès que le chien perçut le geste agressif, il aboya furieusement et sauta sur le malheureux. En soi, cet incident ne prouve rien, sinon que le chien avait une tendance instinctive à défendre son maître. Mais ce qu'il advint paraît plus remarquable :

Pour moi qui ai dressé des chiens à l'attaque, le plus intéressant fut la *manière* dont se comporta l'animal. Il réagit très précisément comme les chiens policiers attaquant des criminels – un comportement spécifique bien connu de quiconque connaît les chiens policiers<sup>27</sup>.

Bien sûr, il serait permis de balayer cette observation en faisant remarquer que les policiers utilisent les dobermans en raison même d'une tendance instinctive, qui n'est qu'intensifiée par le dressage. Mais un tel argument paraît moins convaincant quand on l'applique à la réaction de chiens en présence de coups de feu ;

les chiens ne pouvant avoir eu une réaction instinctive au bruit des armes à feu avant l'invention de la poudre.

Le très prudent physiologiste S. Exner rapporte de quelle manière un jeune chien de chasse se mit à chercher une perdrix au premier coup de feu – l'animal n'avait jamais participé à une chasse auparavant, et la perdrix n'avait pas été touchée, de sorte qu'il n'avait pu la voir tomber au sol<sup>28</sup>.

Charles Darwin lui-même nourrit un vif intérêt pour ces récits et publia, dans *Nature*, un article sur la violente antipathie d'un mastiff envers les bouchers et les boucheries – comportement qu'il attribua à un mauvais traitement infligé par un boucher et dont il prétendit qu'il se transmet pendant, au moins, deux générations<sup>29</sup>.

Il fallut attendre les années 1920 pour que des chercheurs étudient de manière expérimentale la transmission héréditaire d'habitudes acquises. Les expériences confirmèrent la réalité d'une telle transmission<sup>30</sup>. Pavlov, par exemple, dressa des souris blanches à courir vers un point d'alimentation chaque fois que se déclenchait une sonnerie électrique. La première génération apprit le comportement après trois cents essais, la deuxième après cent, la troisième après trente et la quatrième après dix<sup>31</sup>. Il déclara plus tard que des tentatives étaient en cours pour renouveler ces expériences, mais qu'elles s'avéraient «très compliquées, incertaines, et difficiles à contrôler<sup>32</sup>». Il ne publia plus aucun résultat ultérieur (selon l'hypothèse qui nous occupe, les expériences ne seraient pas répétables, les souris des générations ultérieures étant influencées par la résonance morphique de celles de la première expérience). Sa dernière déclaration sur le sujet fut : «La question de la transmission héréditaire des réflexes conditionnés et celle de la facilitation héréditaire de leur acquisition doit demeurer ouverte<sup>33</sup>.»

La plus poussée des investigations relatives à la transmission héréditaire de l'apprentissage a débuté à Harvard en 1920 ;

elle est l'œuvre de William McDougall. Ses propres expériences, et celles qui en découlèrent en Écosse et en Australie, ont duré plus de trente années et constituent l'une des plus longues séries d'expériences de l'histoire de la psychologie expérimentale. McDougall a utilisé des rats blancs de laboratoire et les a dressés dans un labyrinthe aquatique. Il les a placés dans un réservoir d'eau comportant deux sorties semblables – une de chaque côté du réservoir. La première était éclairée, et ceux qui l'empruntaient recevaient une décharge électrique. L'autre était inoffensive. Lors de la seconde expérience la situation fut inversée, la sortie auparavant plongée dans l'ombre fut éclairée et en l'empruntant l'animal recevait une décharge électrique. Les rats devaient apprendre qu'il était douloureux de quitter le réservoir en empruntant la sortie éclairée, et sans danger d'utiliser l'autre.

La première génération de rats commit en moyenne cent soixante-cinq erreurs avant d'apprendre à suivre la voie sombre. Les générations ultérieures apprirent le comportement de plus en plus rapidement – à la trentième génération les rats ne commettaient plus que vingt erreurs. McDougall prouva que cette amélioration remarquable n'était pas due à la sélection génétique de rats plus intelligents – même s'il choisissait les plus stupides de chaque génération comme géniteurs de la suivante, le taux d'apprentissage continuait à s'améliorer<sup>34</sup>. Il interpréta ces résultats en termes d'héritage lamarckien, autrement dit, de modification des gènes des rats.

Cette conclusion était inacceptable pour maints biologistes. Il ne restait qu'à répéter les expériences de McDougall. C'est ce que fit Francis A. E. Crew à Édimbourg; la première génération de ses rats apprit le comportement très rapidement ne commettant en moyenne que vingt-cinq erreurs, certains rats n'en commettant aucune<sup>35</sup>. Ces animaux paraissaient en être au stade où se trouvaient les rats de McDougall lorsque celui-ci



avait interrompu ses expériences. Ni lui ni Crew ne réussirent à expliquer cet effet.

À Melbourne, Wilfred E. Agar et ses collègues constatèrent eux aussi que la première génération de rats testés apprenait le comportement beaucoup plus rapidement que les rats originaux de McDougall. Ils observèrent cinquante générations successives sur une période de vingt ans, et, comme McDougall, découvrirent un accroissement progressif du rythme d'apprentissage dans les générations suivantes. Contrairement à McDougall, ils testèrent également des rats de contrôle ne descendant pas de parents dressés et observèrent chez ceux-ci une évolution similaire<sup>36</sup>. Ils en conclurent raisonnablement que l'augmentation progressive n'était pas due à un héritage lamarckien, car si tel avait été le cas, l'effet n'aurait dû apparaître que chez la progéniture des rats dressés. Mais alors comment expliquer cette évolution ? On n'y parvint jamais de manière totalement satisfaisante. Or, tout cela est logique si on prend en compte la résonance morphique.

D'autres psychologues expérimentaux ont, à leur grande surprise, enregistré des résultats similaires. Ceux-ci apparurent de manière fortuite, dans des expériences fort différentes. Ainsi, à l'université de Californie, R. C. Tryon a-t-il élevé des rats dans l'intention d'établir des lignées « brillantes » et « stupides ». Il a employé, pour ce faire, un type particulier de labyrinthe dans lequel les rats étaient lâchés automatiquement, ce qui réduisait dans une mesure considérable l'influence de la manipulation par l'expérimentateur<sup>37</sup>. Comme attendu, il constata que la progéniture de parents « brillants » était plus souvent « brillante » que « stupide », et *vice versa*. Mais il enregistra aussi un effet inattendu : les deux lignées apprenaient de plus en plus rapidement à sortir du labyrinthe<sup>38</sup>.

Selon l'hypothèse qui nous occupe, il devrait y avoir accélération de l'apprentissage chaque fois que des animaux sont dressés pour réaliser de nouveaux tours ou pour s'ajuster à de nouvelles

conditions: un accroissement du taux moyen d'apprentissage ou d'ajustement devrait se produire au fil du dressage, toutes autres choses demeurant égales. Cependant, les autres choses sont rarement, voire jamais, égales – notamment parce que les chercheurs tendent à raffiner leurs expériences. Quoi qu'il en soit, d'innombrables indices semblent confirmer la réalité de telles modifications. J'ai reçu, ces dernières années, des comptes rendus fascinants de propriétaires de chiens, d'entraîneurs de chevaux, de fauconniers, d'éleveurs de bétail, et de fermiers me racontant combien les nouvelles générations d'animaux se dressaient avec plus de facilité ou s'adaptaient mieux aux nouvelles méthodes. Tous avaient le sentiment qu'une partie seulement de cette amélioration était due à leur propre savoir-faire; les animaux changeaient eux aussi.

J'ignore dans quelle mesure ces observations sont généralisées. Il serait intéressant de procéder à une enquête systématique chez les dresseurs et les fermiers ayant adopté de nouvelles méthodes de travail pour voir si tous confirment la tendance.

Des changements comparables se produisent peut-être en permanence dans les laboratoires de psychologie, mais sont rarement recensés de manière systématique. J'ai envisagé cette éventualité avec deux psychologues expérimentaux parmi les plus ingénieux d'Angleterre. Tous deux ont observé que, lorsqu'ils proposaient de nouveaux tours à leurs rats, l'apprentissage était plus lent durant les premières générations que durant les suivantes. Ils attribuaient, cependant, cette évolution à une amélioration de leur savoir-faire<sup>39</sup>.

Certes, les chercheurs peuvent influencer les performances de leurs cobayes, la question a d'ailleurs fait l'objet de recherches bien documentées<sup>40</sup>. Ils tendent aussi à raffiner les conditions expérimentales. Mais il est également probable que les animaux eux-mêmes s'améliorent par résonance morphique de leurs prédécesseurs. Ces influences sont complémentaires.

Il importe de différencier ces deux types d'influence dans des expériences destinées à tester la validité de l'hypothèse de la causalité formative. On concevra ainsi plusieurs tours nouveaux pour des rats, et on construira en double exemplaire le matériel expérimental. Le double sera adressé à un deuxième laboratoire, où les chercheurs seront priés de proposer aux rats les tours imaginés et d'enregistrer leur rythme d'apprentissage. Ils seront invités à faire de même six mois plus tard, avec de nouvelles lignées de rats. Entre-temps, le premier laboratoire sélectionnera au hasard *un* des tours et dressera plusieurs milliers de rats à l'accomplir.

Les chercheurs du second laboratoire ignorent donc quel tour a été sélectionné. S'ils enregistrent une accélération marquante de l'apprentissage de ce tour mais pas des autres, ce résultat ne pourra, de toute évidence, être attribué à leur savoir-faire; les résultats tendront plutôt à conforter l'influence de la résonance morphique des rats dressés dans l'autre laboratoire.

De telles expériences ne seraient pas exactement répétables du fait même de leur nature – du fait de la résonance morphique des expériences précédentes – mais elles pourraient être répétées à l'infini avec de nouvelles espèces d'animaux de laboratoire ou avec de nouvelles séries de tours.

En 1990, une expérience destinée à étudier la résonance morphique chez les poussins âgés d'un jour a été réalisée dans le laboratoire de Steven Rose à l'Open University en Angleterre. Cette expérience se fondait sur l'aversion conditionnée, une forme d'apprentissage rapide et durable, qui consiste à faire en sorte que les animaux évitent de manger quelque chose qui les a rendus malades. Instinctivement, les poussins picorent les petits objets brillants dans leur environnement. À la fin des années 1980 et au début des années 1990, Rose étudiait dans le cerveau de poussins âgés d'un jour les changements faisant suite à une aversion conditionnée. Sa procédure standard consistait à exposer les poussins à un stimulus test, par exemple une petite diode émettant une

lumière verte (LED). Peu après que les poussins la picoraient, on les faisait tomber légèrement malades en leur injectant du chlorure de lithium. C'est ainsi qu'ils développaient un dégoût qui les empêchait de picorer à nouveau le même genre de LED. Des poussins de contrôle étaient quant à eux exposés à un stimulus de contrôle, à savoir une perle plaquée chrome. Après qu'ils avaient la perle chromée, on injectait aux poussins de contrôle une solution saline inoffensive. Ils ne développaient donc aucune aversion. Cette forme d'apprentissage est différente de l'aversion gustative conditionnée, dans le sens où il y avait ici un stimulus visuel, mais elle rejoint l'aversion gustative dans le sens où elle permettait une forme d'apprentissage rapide ne nécessitant qu'un seul essai.

Rose et moi-même avons mis au point une expérience avec un nouveau stimulus, une LED jaune, qui n'avait jamais été utilisée dans les expériences de ce genre, afin d'éviter toute transmission par résonance morphique liée à de précédentes expériences d'aversion provoquée par des LED vertes. Nous avons constaté que les poussins picoraient une LED jaune beaucoup plus volontiers qu'une LED verte : il fallait attendre en moyenne 4,1 secondes avant qu'ils picorent la LED jaune, contre 19,0 secondes pour la LED verte<sup>41</sup>. En guise de stimulus de contrôle, nous avons utilisé une perle chromée.

Chaque jour, pendant trente-sept jours, les mêmes tests ont été réalisés sur de nouveaux groupes de poussins âgés d'un jour. La moitié du groupe, sélectionnée aléatoirement, était exposée à la LED jaune, tandis que l'autre moitié était exposée à la perle chromée. Puis les poussins exposés à la LED jaune étaient rendus légèrement malades. Trois heures plus tard, on les testait à nouveau. La plupart évitaient de picorer la LED jaune, mais n'avaient pas de dégoût pour la perle chromée. On injectait aux poussins de contrôle qui avaient picoré la perle chromée une solution saline, et eux aussi étaient testés trois heures plus tard avec la perle chromée et la LED jaune.

J'ai prédit que s'il y avait résonance morphique, les groupes successifs de poussins âgés d'un jour présenteraient une aversion de plus en plus forte à la LED jaune quand ils y seraient la première fois exposés. Et qu'il ne fallait s'attendre à aucune aversion de ce genre avec les poussins de contrôle. Rose était très sceptique au sujet de la résonance morphique et a prédit que l'aversion n'augmenterait ni chez le groupe de contrôle – ni chez les poussins testés.

Au départ, il y a eu un effet qu'aucun de nous deux n'avait prévu, bien qu'avec le recul, nous aurions dû en être capables. L'étudiante qui effectuait les tests n'avait auparavant jamais travaillé avec des poussins et il lui a fallu environ une semaine avant de savoir manipuler les poussins et réaliser correctement les tests. Les données issues des premiers jours ont montré un effet d'apprentissage important, non pas sur les poussins, mais sur l'étudiante. Par la suite, après qu'elle a acquis les techniques, il y a eu un schéma régulier. En comparaison au groupe de contrôle, les poussins testés qui étaient exposés pour la première fois à la LED jaune développaient progressivement un dégoût qui les empêchait de la picorer (Fig. 9.5). Cet effet était statistiquement significatif. Selon moi, les données étaient cohérentes avec l'action de la résonance morphique. III Mais Rose n'était pas d'accord, et il a tenté de les expliquer par divers artefacts<sup>42</sup>. D'après moi, les arguments de Rose étaient biaisés et de plus, son argumentaire reposait sur un ensemble de données erronées<sup>43</sup>.

Dans l'optique de réaliser de nouvelles recherches sur la transmission de l'aversion, l'idéal serait peut-être d'étudier des rats. L'aversion conditionnée est un problème pratique majeur auquel est confrontée l'industrie de dératisation. Si l'on donne à manger à des rats un appât mélangé à une toxine à action rapide, le poison tue quelques rats au départ, mais rapidement, les autres rats l'évitent. Ils ne s'approchent plus de l'appât. C'est pourquoi les poisons antirats les plus efficaces agissent lentement,

par exemple la warfarine, qui ne provoque pas de maladie peu après l'ingestion. La warfarine, qui a d'abord été autorisée à l'emploi en tant que raticide en 1952, est un anticoagulant et agit lentement, dans la mesure où elle tue les rats en provoquant des saignements internes. Certains meurent en se vidant de leur sang après avoir été mordus par d'autres rats<sup>44</sup>.

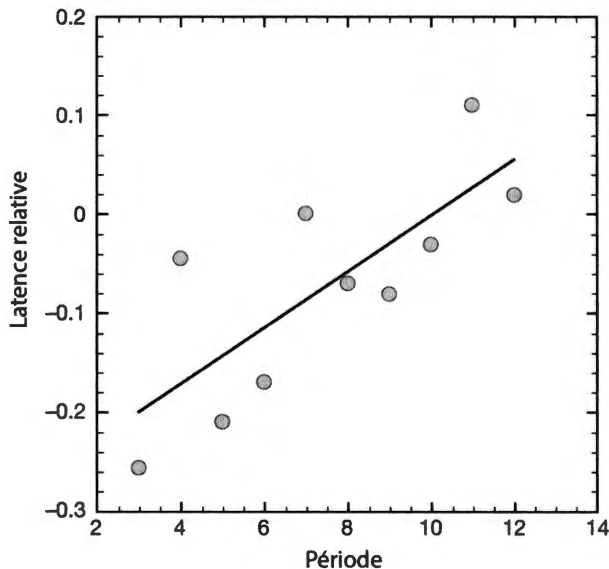


**Figure 9.5** Données provenant d'une expérience au sujet de l'aversion conditionnée sur des poussins âgés d'un jour. Les poussins étudiés ont été exposés à une diode électroluminescente (LED) jaune et les poussins du groupe de contrôle à une perle chromée. On a constaté que les poussins étudiés picoraient de plus en plus tardivement la LED en comparaison au stimulus du groupe de contrôle sur des périodes successives de trois jours. La mesure de ce retard, ou «latence», correspondait à la proportion de poussins qui ne picoraient pas le stimulus dans les dix secondes (données provenant de Sheldrake, «An Experiment Test of the Hypothesis of Formative Causation», 1992).

Voici un dispositif expérimental simple. On donne à deux aliments A et B des goûts inhabituels que les rats ont peu de chance d'avoir rencontrés auparavant. On sélectionne pour cette expérience six colonies qui sont séparées les unes des autres de plusieurs kilomètres. Trois d'entre elles sont sélectionnées aléatoirement et on les expose aux aliments A et B. Puis on enregistre la vitesse à laquelle les rats les ingèrent. Ensuite, l'un des aliments est sélectionné aléatoirement, par exemple B et on l'empoisonne en y mettant de faibles doses de phosphore de zinc. Les rats se mettent à éviter l'appât B.

Puis on donne à manger aux rats des trois autres colonies les aliments A et B, sans poison. Si la résonance morphique est à l'œuvre, les rats devraient présenter une tendance à éviter B, mais pas A.

Les expériences similaires pourraient être réalisées dans des conditions plus contrôlées avec des colonies captives de rats ou de souris, mais pour éviter des souffrances inutiles, l'idéal serait de procéder à ces expériences dans des situations où les rongeurs seraient nécessairement empoisonnés.

### *L'évolution de nouveaux schémas comportementaux*

L'exemple le plus documenté de diffusion spontanée d'une nouvelle habitude concerne l'ouverture de bouteilles de lait par des oiseaux. En Grande-Bretagne, des bouteilles de lait frais étaient (et sont toujours) livrées sur les pas-de-porte tous les matins, sauf le dimanche. Dans les années 1920, des mésanges bleues (*Parus caeruleus*) et plusieurs espèces d'oiseaux similaires ont commencé à chiper de la crème en retirant les couvercles et en buvant à la bouteille (Fig. 9.6). Il arrivait que l'on retrouve des oiseaux noyés la tête la première dans les bouteilles. Les bouteilles étaient généralement attaquées dans les minutes qui suivaient la livraison et il y a même eu des personnes ayant

témoigné avoir vu des volées de mésanges suivre le laitier dans la rue et boire aux bouteilles dans sa charrette pendant qu'il était occupé à livrer le lait. Dans les années 1980, beaucoup de gens sont passés au lait demi-écrémé et cette habitude a par la suite disparu, parce qu'il y avait très peu de crème à chiper.



**Figure 9.6** Mésange ouvrant une bouteille de lait en perçant la capsule (d'après Hinde, 1982).

La première trace écrite de ce comportement date de 1921, à Southampton, et sa propagation a été enregistrée à intervalles réguliers entre 1930 et 1947 (Fig. 9.7). Cette attitude a été observée chez onze espèces, mais le plus fréquemment chez les mésanges charbonnières, noir et bleu. Une fois qu'on découvrait ce comportement à un endroit, l'habitude se répandait localement, vraisemblablement par imitation et par d'autres formes de transmission culturelle, par exemple lorsque des mésanges se nourrissaient dans des bouteilles déjà ouvertes par d'autres oiseaux et découvraient ainsi cette nouvelle ressource alimentaire<sup>45</sup>.



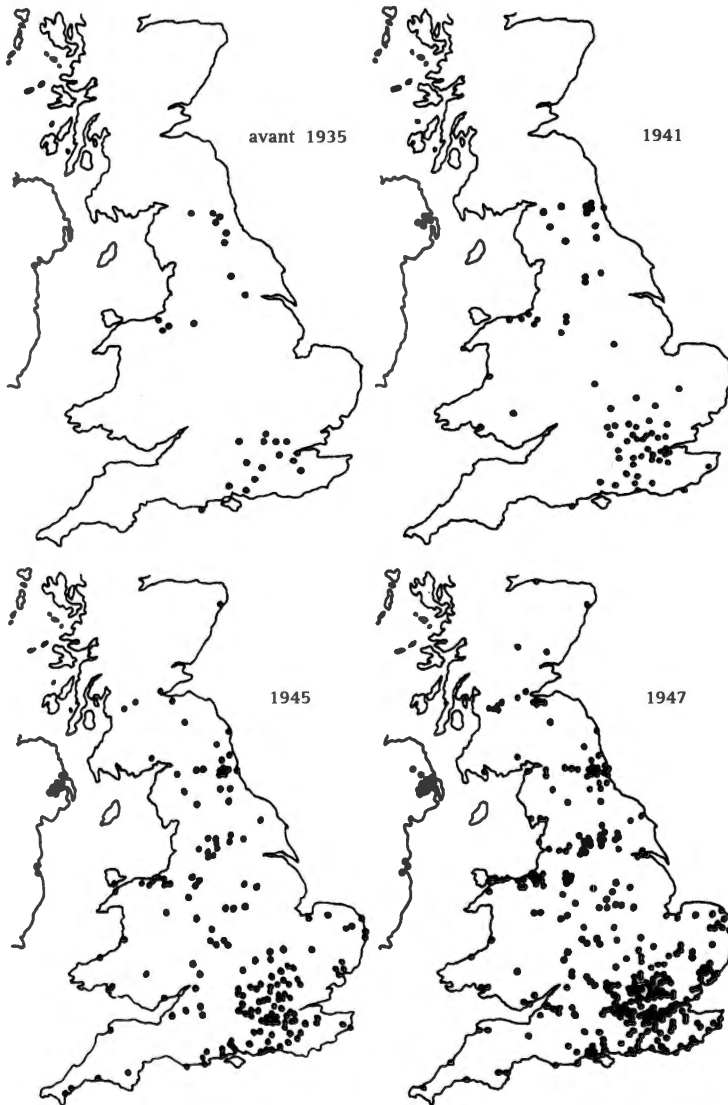


Figure 9.7 Distribution des cas d'ouverture de bouteilles de lait par des mésanges, jusques et y compris les années indiquées (d'après Fisher et Hinde, 1949. Reproduit avec l'aimable autorisation du magazine *British Birds*).

Les mésanges britanniques ne s'aventurent généralement pas à plus de quelques kilomètres de leur lieu de reproduction et il est exceptionnel qu'elles parcourent vingt kilomètres. C'est pourquoi la découverte de ce comportement à plus de vingt kilomètres du premier endroit représentait probablement l'émergence d'un comportement distinct. Une fois qu'on la découvrait, l'habitude se diffusait localement à la suite d'un apprentissage par observation. Une analyse détaillée des archives réalisée par des chercheurs de l'université de Cambridge, R. Hinde et J. Fisher, a montré que la propagation de cette habitude s'est accélérée au fil du temps et qu'on l'a découverte indépendamment chez une nouvelle mésange au moins quatre-vingt-neuf fois dans les îles Britannique<sup>46</sup>. Une analyse mathématique plus sophistiquée des données a confirmé la probabilité de multiples innovations indépendantes<sup>47</sup>.

Cette habitude est également apparue en Suède, au Danemark et en Hollande. Les archives néerlandaises sont particulièrement intéressantes. Les bouteilles de lait ont pratiquement disparu durant la Seconde Guerre mondiale et ne sont redevenues raisonnablement courantes qu'en 1947 ou 1948. Peu de mésanges, voire aucune, parmi celles qui avaient appris cette habitude avant la guerre ne pouvaient avoir survécu à cette date, mais malgré tout, les bouteilles ont rapidement recommencé à être attaquées et «il semblerait que cette habitude a été lancée dans de nombreux endroits par de nombreux individus<sup>48</sup>».

Hinde et Fisher ont souligné que l'ouverture de bouteilles était associée au comportement instinctif des mésanges : «À l'origine, le fait que les mésanges aient découvert que ces bouteilles pouvaient être une ressource alimentaire peut être une conséquence logique de leurs habitudes alimentaires. Il semble en effet qu'elles aient une tendance innée à inspecter un grand nombre d'objets visibles qui contrastent avec leur environnement, ainsi qu'à tester leur goût.» En ce qui concerne l'ouverture

des bouteilles, «le martèlement destiné à percer les couvercles en aluminium est très similaire à un rythme moteur utilisé pour ouvrir des fruits à coque, tandis que le déchirement souvent utilisé pour les couvercles en carton est similaire à un mouvement fait pour arracher l'écorce d'une brindille<sup>49</sup>».

Une explication reprenant la notion de causalité formative complète cette suggestion. Ces rythmes moteurs instinctifs, eux-mêmes organisés par les champs morphiques, ne donnaient pas automatiquement naissance à l'habitude qui consiste à ouvrir les bouteilles; ce n'était le cas que quand ils étaient adoptés dans le cadre d'un champ comportemental supérieur, en l'occurrence le champ de l'ouverture de bouteilles. Le champ était progressivement renforcé par les effets cumulatifs de la résonance morphique liée aux précédentes mésanges qui avaient bu du lait et favorisait par conséquent à la fois la découverte et la transmission de l'habitude par transmission culturelle. La résonance morphique contribuerait donc à expliquer la diffusion de cette habitude consistant à ouvrir des bouteilles, ainsi que sa réapparition rapide en Hollande après la guerre.

En Amérique du Nord, on trouve de proches parents des espèces de mésanges européennes. Dans les années 1980, des chercheurs canadiens ont étudié le comportement de mésanges à tête noire captives (*Parus atricapillus*) qu'on a exposées à des pots de crème fermés en laboratoire pour analyser de quelle manière ce comportement se répandait d'oiseau en oiseau. Ils ont constaté que les oiseaux apprenaient à ouvrir les pots soit en observant d'autres oiseaux faire, soit en trouvant des pots déjà ouverts. Mais leur découverte la plus surprenante a été qu'un quart des oiseaux qu'ils ont étudiés ouvraient les pots spontanément la première fois qu'ils y étaient exposés<sup>50</sup>. Malheureusement, nul ne sait s'ils auraient fait cela avant que les mésanges britanniques aient appris à chiper de la crème ou s'il pourrait s'agir d'un exemple de résonance morphique interespèces.

Le cas des mésanges n'est qu'un exemple de modification évolutionniste rapide du comportement en réaction à une activité humaine. Beaucoup d'autres ont été observés, mais aucun n'a été systématiquement documenté.

D'après un éminent naturaliste texan, Roy Bedichek, la première fois qu'on a introduit le fil de fer barbelé à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle, les sceptiques ont prédit qu'il ne conviendrait jamais aux prés des chevaux. Les équidés se précipitaient dessus et «se coupaient la gorge, s'arrachaient de grands morceaux de chair sur le poitrail, tandis que des blessures qui n'étaient pas mortelles ou de simples égratignures étaient infestées de lucilies bouchères [un parasite]». En 1947, Bedichek a écrit : «Je me souviens de l'époque où il était rare dans les fermes ou les ranchs du Texas de trouver un cheval qui n'avait pas de cicatrice liée aux fils de fer barbelés<sup>51</sup>.» Et pourtant, au milieu du XX<sup>e</sup> siècle, ce n'était plus un problème grave : «En un demi-siècle, les chevaux ont appris à éviter les barbelés. Les poulains se précipitent rarement dessus. Toute l'espèce a appris une nouvelle peur.»

Bedichek a également fait un commentaire au sujet du changement de réaction des chevaux quand sont apparues les voitures :

À l'apparition des voitures, la circulation des charrettes était désorganisée. Les automobilistes, qui étaient plus prévenants, se mettaient de côté et coupaient le moteur dès qu'un attelage était en vue. Qui plus est, l'automobiliste sortait de sa voiture et aidait le cocher à manœuvrer les chevaux qui se cabraient et s'ébrouaient en passant près du véhicule. Il y a eu beaucoup de véhicules accidentés et beaucoup de conducteurs ont été blessés la première fois qu'ils ont montré une voiture à des chevaux pour jauger leur degré de tolérance. On a exigé des lois pour forcer les automobiles à rester à leur place. Aujourd'hui, c'en est fini des comportements dangereux chaque fois qu'un attelage rencontre une automobile<sup>52</sup>.

Un autre exemple d'évolution comportementale chez les animaux de la ferme concerne les passages canadiens, qui sont des fossés surplombés d'une série de barres parallèles en acier. Ils ont été inventés aux États-Unis au XIX<sup>e</sup> siècle pour empêcher les animaux de s'aventurer sur les voies ferrées. On a commencé à les utiliser sur les routes américaines aux alentours de 1905<sup>53</sup> et ils sont aujourd'hui largement utilisés dans beaucoup d'autres pays. Ils empêchent physiquement le bétail de les traverser et servent à la fois d'accès et de barrière. En effet, ils empêchent le bétail de passer, tout en laissant les véhicules et les personnes les franchir librement.

Quand les passages canadiens ont été créés, les animaux ont certainement dû apprendre à leurs dépens qu'ils ne pouvaient plus passer. Mais ce n'est plus le cas. Les animaux de ferme semblent éviter instinctivement ces systèmes et n'essaient même plus de les franchir.

Dans les années 1950, des éleveurs de l'Ouest américain se sont aperçus qu'ils pouvaient économiser de l'argent sur les passages canadiens en fabriquant des imitations constituées de bandes peintes sur la route. Ce système était efficace, parce que les animaux n'essayaient même pas de le franchir. Il existe aujourd'hui des centaines de milliers de faux passages canadiens dans les ranchs et sur la voie publique dans des États comme le Texas, le Nevada et la Californie. Ces imitations sont limitées aux zones sèches; en effet, dans les régions où le climat est plus humide, comme en Angleterre, elles seraient rapidement couvertes de boue et ne fonctionneraient plus.

En réponse à mes questions, plusieurs éleveurs dans l'ouest des États-Unis m'ont expliqué qu'il n'est même pas nécessaire que les troupeaux soient au départ exposés à de vrais passages canadiens. Les animaux qui n'en ont jamais vu évitent quand même les imitations. Quand de jeunes bovins s'approchent d'un passage peint, ils «freinent des quatre fers», comme l'a exprimé

un éleveur. J'ai correspondu avec des chercheurs du département de zootechnie à l'université d'État du Colorado et à l'université d'agriculture et de mécanique du Texas, et ils ont confirmé cette observation<sup>54</sup>.

Peut-être les imitations de passage canadien fonctionnent-elles simplement parce qu'elles créent une impression de chute. Si tel est le cas, elles auraient toutefois dû fonctionner depuis le départ et les éleveurs n'auraient pas eu besoin d'en utiliser de vrais à l'origine. Il serait intéressant de voir si les espèces sauvages n'ayant jamais été exposées à des passages canadiens ont une aversion comparable qui les empêche de les franchir. Il serait également intéressant de voir si le bétail réagit aussi bien à de multiples schémas de bandes, ou simplement à des bandes qui ressemblent à des passages canadiens.

Phénomène intéressant, une nouvelle réaction au passage canadien est en train d'apparaître. En 1985, près de Blaenau Ffestiniog, au pays de Galles, des moutons ont commencé à s'échapper de leurs prés en tournant le dos aux simulacres de passages. En Suède, près de Malmöhus, d'autres moutons ont eu un comportement similaire. Voici un éditorial du *Guardian* en 1985 :

D'après ce que nous savons, il reste aux moutons des vallées du Yorkshire, qui appartiennent essentiellement aux races swaledale et dalesbred, à maîtriser la technique nécessaire pour franchir les passages canadiens en se recroquevillant et en roulant par-dessus. Cependant, les moutons de Blaenau Ffestiniog, qui sont d'une autre race, ont appris à correctement mettre en œuvre cette technique (au grand dam des villageois, qui vont devoir poser une vraie clôture), tout comme les moutons des plaines du sud de la Suède. Plusieurs questions se posent dans l'immédiat, notamment : combien de temps faudra-t-il aux swaledales pour apprendre et le cas échéant, apporteront-ils la preuve de la validité de la théorie de la causalité formative<sup>55</sup> ?

Douze ans plus tard, des moutons ont commencé à franchir les passages canadiens dans le comté de Hampshire, dans le sud de l'Angleterre. Au départ, ils ont utilisé une technique «commando» : l'un d'entre eux s'allongeait sur le passage canadien, tandis que les autres lui passaient par-dessus. Mais ensuite, ils ont commencé à franchir les passages en roulant par-dessus les barres, comme les moutons gallois<sup>56</sup>. Des comportements similaires ont été observés en Suisse, dans le canton du Valais<sup>57</sup>.

En 2004, soit dix-neuf ans après que le *Guardian* a anticipé cette éventualité, des moutons des landes du Yorkshire ont commencé à s'échapper en roulant par-dessus les passages canadiens. On les a retrouvés en train de paître non loin de là, dans les jardins des villageois<sup>58</sup>. Ce comportement va-t-il encore se répandre, notamment en Amérique du Nord, en Australie, en Nouvelle-Zélande et dans d'autres régions du monde où on ne l'a pas encore observé ?

Il se produit actuellement une évolution comportementale à grande échelle dans des endroits du monde où des villes n'ont été créées que récemment. En Papouasie-Nouvelle-Guinée, par exemple, la première ville a été fondée dans les années 1870. Un certain nombre d'espèces locales d'oiseaux se sont déjà adaptées à la vie urbaine, comme l'a observé Jared Diamond :

Ce genre de modification comportementale ne se produit pas instantanément et il faut du temps pour que les attitudes nouvellement acquises se propagent. Dans plusieurs cas, on connaît les dates. Il a fallu attendre entre 1971 et 1974 pour qu'une volée de milans noirs s'installe dans la ville de Lae et se nourrisse des cadavres d'animaux écrasés, alors que la ville a été fondée dans les années 1930. En parallèle, ce n'est que depuis 1983 que le milan sacré a appris à se nourrir de crapauds écrasés à Port Moresby. Quant au loriquet de Goldie, qui était auparavant une espèce rare vivant dans les forêts primaires, il est arrivé dans les années 1970 dans les villes de

montagne et a commencé à se nourrir de graines de casuarina. Il y est aujourd'hui l'espèce d'oiseau la plus nombreuse. Quant au moucherolle à ventre jaune, qui habitait dans la savane, il s'est répandu dans la ville de Wau entre 1976 et 1978, soit cinquante ans après la fondation de la ville<sup>59</sup>.

Ce genre de situation est l'occasion d'étudier la propagation de nouvelles habitudes comportementales et d'étudier le rôle possible de la résonance morphique.

Comme nous l'avons vu dans ce chapitre, l'hypothèse de la causalité formative et la théorie mécaniste proposent des approches radicalement différentes de la mémoire et de l'apprentissage chez les animaux. Du point de vue mécaniste, la mémoire dépend des traces mémorielles, qui ne sont toujours pas identifiées, et qui fonctionnent de manière obscure. Et l'hérédité des schémas comportementaux instinctifs est à distinguer par nature de l'aptitude d'un animal à acquérir de nouvelles habitudes comportementales : un comportement héréditaire est programmé dans les gènes, tandis que des schémas comportementaux acquis ne peuvent être transmis génétiquement, parce qu'on ignore comment ils pourraient modifier le programme génétique.

À l'inverse, d'après l'hypothèse de la causalité formative, le comportement est organisé en fonction des champs morphiques associés aux activités du système nerveux. L'hérédité de l'instinct et l'acquisition des habitudes propres à un animal dépendent toutes deux de la résonance morphique, et il n'existe pas de différence radicale de nature entre elles. C'est pourquoi les habitudes acquises par certains animaux peuvent faciliter l'acquisition des mêmes habitudes par des animaux similaires se trouvant ailleurs, même en l'absence de moyens de communication connus. Ces effets peuvent jouer un rôle important dans l'évolution de nouveaux schémas comportementaux.

Considérons maintenant le rôle éventuel de la résonance morphique dans l'apprentissage humain.



## Chapitre 10

# La résonance morphique dans l'apprentissage humain

Les humains, comme les autres animaux, apprennent généralement ce que les autres membres de leur espèce ont appris avant eux. Beaucoup de comportements humains sont des habitudes. Du fait de la résonance morphique, l'apprentissage de l'acquis des autres devrait être plus aisé que la nouveauté. Plus le nombre de ceux qui ont appris est grand, plus l'apprentissage devrait être facile.

### *L'acquisition de compétences physiques*

En général, nous acquérons notre savoir de personnes qui savent déjà. Dans le cas de compétences physiques – nager, jouer du piano, monter à bicyclette, etc. –, la transmission s'effectue par imitation. Les mots jouent, en l'occurrence, un rôle secondaire: nul n'ignore la difficulté d'apprendre de telles activités par les livres. Dès l'instant où nous commençons à les pratiquer, nous nous branchons sur leurs champs morphiques, et notre apprentissage se trouve facilité par la résonance morphique de nos professeurs, et d'innombrables inconnus ayant exercé ces activités avant nous.

Dans les sociétés traditionnelles, de nombreux métiers et activités n'ont, pour ainsi dire, pas évolué depuis maintes générations – songeons à la chasse, à l'alimentation, à l'agriculture, au tissage et à la poterie. Il en va de même de métiers traditionnels tels que forgeron, orfèvre, charpentier. Même dans nos sociétés modernes, la plupart des professions s'inscrivent dans

le cadre d'un système d'apprentissage. Toutes ces compétences impliquent, selon l'hypothèse qui nous occupe, des hiérarchies gigognes de champs morphiques fortement stabilisés par résonance morphique d'innombrables individus passés.

De telles aptitudes établies de longue date ne permettent guère d'étudier le rôle de la résonance morphique dans la facilitation de l'apprentissage. La difficulté se pose aussi pour des aptitudes plus récentes, notamment faire du vélo. Aucune donnée objective ne nous permet de comparer le rythme d'apprentissage de nos enfants à celui d'enfants du début du siècle. Selon l'hypothèse de la causalité formative, toutes choses étant égales, le rythme d'apprentissage devrait être plus rapide de nos jours que par le passé – plusieurs millions d'individus ayant appris à rouler à bicyclette depuis l'invention de ce mode de transport. Certes, divers indices anecdotiques donnent à penser qu'il en va bien ainsi. Mais il est vrai que toutes choses ne sont pas restées égales ; la conception des bicyclettes s'est modifiée, on fabrique désormais des roulettes spéciales pour enfants, la motivation et les occasions de pratiquer ce sport ont évolué, etc.

Il existe, pour certains cas précis, des données détaillées relatives à des performances physiques à diverses époques – surtout sous forme de relations d'événements athlétiques. Celles-ci démontrent, en général, un niveau de performance croissant. L'exemple le plus célèbre est celui du quinze cents mètres. Depuis que Roger Bannister est descendu sous la « barrière » des quatre minutes en 1954, de nombreux sportifs ont reproduit son exploit et les records n'ont cessé de tomber : ainsi, en 1967, Jim Ryun descendait-il à 3 minutes 51,1 secondes, en 1985 Steve Cram, à 3 minutes 46,3 secondes, et en 1999 Hicham El Guerrouj effectuait la course en 3 minutes 43,1 secondes. On observe une progression similaire dans pratiquement toutes les disciplines sportives. Non seulement les records tombent régulièrement, mais encore les niveaux de

performance *moyens* enregistrés dans les compétitions internationales s'améliorent.

Cette évolution peut être imputable à divers facteurs : meilleure alimentation, meilleures méthodes d'entraînement, facteurs psychologiques, plus grande motivation, sélection des athlètes dans une plus grande population de sportifs potentiels, etc. Il est donc impossible de distinguer parmi ces éléments le rôle éventuel de la résonance morphique.

Il faudrait concevoir des tests préservant la constance des facteurs extérieurs. Nous envisagerons à la fin de ce chapitre plusieurs projets d'expérience et les résultats de celles réalisées à ce jour.

### *L'apprentissage des langues*

Les bébés humains ont une disposition innée à apprendre à parler ; les jeunes d'autres espèces de mammifères n'ont pas cette aptitude, que les théories classiques attribuent à une sorte de programmation dans l'ADN. Du point de vue de l'hypothèse qui nous occupe, ce phénomène est dû à la résonance morphique d'innombrables individus passés. Cette résonance souligne la tendance générale à apprendre à parler, et facilite l'acquisition de langues particulières, telles que le suédois ou le swahili, par résonance de tous les individus ayant jamais parlé cette langue.

Les langues possèdent des structures ordonnées selon une hiérarchie – René Thom parle de hiérarchie de chréodes, ou « zones de changement canalisé » (Fig. 6.2). Les chréodes phrases organisent les propositions ; les chréodes propositions, les noms, verbes, adverbes, conjonctions, etc. ; les chréodes mots, les syllabes, et les chréodes syllabes organisent, à leur tour, les chréodes du niveau le plus bas, les phonèmes<sup>1</sup>.

On trouve de tels schèmes d'organisation hiérarchiques dans toutes les langues ; les façons grammaticales d'arranger et de relier les mots constituent la syntaxe d'un langage. Celle-ci

ne suffit pas, cependant, à conférer un sens aux mots. Il est possible de construire des phrases correctes sur le plan grammatical et néanmoins dépourvues de sens, tout comme il est possible de construire des phrases ayant un sens mais une syntaxe erronée. Sous les structures grammaticales des phrases, que Noam Chomsky nomme «structures de surface», de nouveaux niveaux d'organisation donnent à une phrase sa «structure profonde»; celle-ci est reliée à d'autres niveaux d'organisation et d'interconnexions constituant le fondement de la signification.

Il existe diverses théories relatives à la structure du langage; l'étude des schèmes d'organisation engendrant la signification mène inévitablement au-delà du domaine de la linguistique, dans ceux de la psychologie et de la philosophie. Il est très difficile de caractériser ces structures invisibles et inaudibles, qui se situent au-dessous ou au-delà de la structure de surface du langage. Après tout, que peuvent-elles être? Des schèmes d'organisation, certes, mais de quelle nature? La théorie mécaniste les suppose reliés, d'une manière ou d'une autre, aux schèmes d'organisation de l'activité nerveuse du cerveau. L'hypothèse de la causalité formative ne s'oppose pas à cette supposition, elle la complète en permettant d'appréhender ces structures en termes de hiérarchies gigognes de champs morphiques agissant sur et à travers les schèmes d'activité électriques du système nerveux.

Tenter de comprendre ces structures n'est pas une simple démarche académique ou philosophique, cela revêt une grande importance pratique, notamment dans l'élaboration de programmes de traduction pour ordinateurs et dans le développement de l'«intelligence artificielle». Ces tentatives n'ont guère rencontré de succès à ce jour, en dépit d'investissements considérables, tant financiers qu'intellectuels. Mais peut-être ces tentatives se fondent-elles sur des présupposés erronés. Elles partent du principe que la théorie mécaniste de l'organisation du langage et de l'intelligence est un fait établi, or celle-ci ne

reflète peut-être pas la réalité. L'organisation du langage et de l'apprentissage pourrait dépendre de champs morphiques, que ces modèles informatiques ne prennent pas en compte.

Chomsky a déclaré que la vitesse à laquelle les enfants apprennent des langues, et assimilent des règles grammaticales, ne peut s'expliquer de manière béhavioriste en termes de stimuli et de réflexes conditionnés. Un des traits les plus frappants de l'emploi des langues est sa «créativité»; les enfants sont, dès l'âge de 5 ou 6 ans, capables de produire et de comprendre une infinité de sons qu'ils n'ont jamais entendus auparavant<sup>2</sup>. Chomsky croit qu'il s'agit là d'un processus plus organique que mécanique: «J'ai le sentiment que le langage se développe dans l'esprit, un peu à la manière dont se développent les systèmes physiques de notre organisme<sup>3</sup>.»

Il a suggéré, pour expliquer cette aptitude remarquable des enfants, que les structures organisatrices fondamentales des langues sont innées: les enfants les héritent<sup>4</sup>. Les bébés de toutes les races paraissant capables d'apprendre n'importe quelle langue; il a ajouté que ces structures innées seraient communes à toutes les langues: elles représentent ce qu'il nomme une grammaire universelle, et il considère qu'une des tâches de la linguistique consiste à définir les propriétés universelles et essentielles de toutes les langues, lesquelles lui paraissent «génétiquement programmées».

Cette notion de grammaire universelle est l'aspect le plus controversé du système de Chomsky. Il n'est pas évident que toutes les langues aient en commun des principes organisateurs génératifs ni des structures profondes correspondant aux types généraux proposés par Chomsky sur des bases théoriques d'autant que nombre de ceux-ci n'ont jamais été précisés.

Certes, une résonance morphique de l'ensemble de l'humanité passée renforcerait les champs et chréodes organisateurs communs, en réalité, à la plupart des langues, voire à toutes

– ce qui est en accord avec la proposition de Chomsky. Il n'est toutefois pas nécessaire, pour l'hypothèse qui nous occupe, que la structure grammaticale de toutes les langues dépende d'une grammaire universelle unique. La résonance morphique globale confère aux jeunes enfants une tendance générale à apprendre à parler, mais dès l'instant où ils adoptent une langue particulière, disons le suédois, ils entrent en résonance morphique avec les individus qu'ils entendent parler cette langue; leur apprentissage de cette grammaire et de ce vocabulaire spécifiques est facilité par résonance. Le fait de parler suédois les branche, sur base de la similitude, sur quiconque parle ou a parlé suédois, y compris les innombrables millions d'individus passés.

Chomsky a fait observer que sa théorie implique une prédiction vérifiable en principe, sinon en pratique. «Il ne serait pas possible d'apprendre, dans des conditions normales d'accès et d'exposition aux données» un langage artificiel qui violerait la grammaire universelle<sup>5</sup>. L'hypothèse de la causalité formative prévoirait un résultat semblable (pour autant que le principe d'une grammaire universelle corresponde à une réalité). Cependant, sa prédiction différerait de celle de Chomsky: un langage artificiel *respectant* la grammaire universelle, mais différant sur des points importants de toutes les langues naturelles, passées et présentes, serait beaucoup plus difficile à apprendre que n'importe quel langage naturel, du fait que les chréodes ne sont pas stabilisées par résonance morphique d'individus passés (cette langue étant créée de toutes pièces).

En outre, selon l'hypothèse de la causalité formative, il devrait être plus facile d'apprendre des langues anciennes et largement répandues que d'autres parlées par un nombre relativement restreint d'individus – toutes autres choses étant égales. Or, n'est-il pas vrai qu'il est assez facile d'apprendre le mandarin et l'espagnol, qui sont des langues anciennes et largement répandues? La situation se complique quelque peu pour les adultes;

en effet, des habitudes profondément ancrées, associées à leur langue maternelle, interfèrent dans une large mesure avec l'acquisition de langues nouvelles. Plus ces habitudes façonnent notre parler, notre «écoute» et notre compréhension, plus il nous est difficile d'acquérir les schèmes d'un nouveau langage. Cela explique peut-être que des personnes dotées d'une «bonne oreille» et d'une aptitude inhabituelle à imiter le parler d'autrui ont souvent le don des langues. Une imitation habile leur permet de se brancher plus efficacement que la plupart d'entre nous sur les représentants passés des langues apprises, leur étude est alors facilitée dans une plus large mesure par la résonance morphique.

Les bébés, qui n'ont pas encore d'habitudes établies interférant avec l'acquisition d'une langue, devraient néanmoins apprendre plus facilement des langues courantes que d'autres plus rares. Le français, par exemple, devrait être d'un apprentissage plus simple qu'un langage tribal de l'Amazonie, simplement parce que plus de gens l'ont parlé. Vérifier une telle hypothèse ne devrait pas être impossible même si cela pose, en pratique, de sérieuses difficultés car il est improbable que le reste du contexte soit le même; comment distinguer un effet dû à la résonance morphique de différences de constitution génétique, d'environnement culturel, de méthodes éducatives...?

Dans son ouvrage *L'Instinct du langage*, Steven Pinker donne plusieurs exemples de l'évolution rapide de nouvelles langues. Quand les locuteurs de différentes langues ont besoin de communiquer, mais n'apprennent pas l'autre langue, comme quand des colons ou des marchands entrent en contact avec des étrangers, ils développent un langage simplifié appelé pidgin, qui consiste en une suite de mots variables, sans s'embarrasser de formes grammaticales. Mais dans de nombreux cas, des pidgins ont été transformés d'un coup en une véritable langue complexe, un créole. Il suffit pour cela qu'un groupe de jeunes enfants en âge d'apprendre leur langue maternelle soit exposé à ce pidgin.

Historiquement, cela s'est probablement produit au sein de groupes d'enfants d'esclaves dont s'occupait collectivement une ouvrière qui leur parlait en pidgin. «Non contents de reproduire des suites de mots fragmentaires, les enfants ajoutaient une complexité grammaticale là où il n'y en avait aucune, ce qui résultait en une langue totalement nouvelle et très expressive<sup>6</sup>.»

Plus remarquable encore est l'évolution de nouvelles langues des signes. Par exemple, au Nicaragua, des sourds ont été isolés les uns des autres et il n'existait aucune langue des signes avant que les sandinistes arrivent au pouvoir en 1979, époque à laquelle les premières écoles pour les sourds ont été créées.

Ces écoles apprenaient aux enfants à lire sur les lèvres et à parler, mais comme chaque fois que l'on a tenté d'y parvenir, les résultats ont été médiocres. Mais qu'à cela ne tienne ! Dans les cours de récréation et dans les bus scolaires, les enfants inventaient leur propre système de signes, en s'appuyant sur les gestes improvisés qu'ils utilisaient chez eux, en famille. Il n'a pas fallu longtemps pour que ce système se fige et devienne ce que l'on appelle aujourd'hui la langue des signes nicaraguayenne<sup>7</sup>.

Cette langue des signes pidgin est aujourd'hui utilisée par de jeunes adultes sourds, qui ont été scolarisés à partir de l'âge de 10 ans. Mais les jeunes qui ont été scolarisés environ à 4 ans, alors que la langue des signes nicaraguayenne existait déjà, procèdent très différemment. Ils parlent une langue beaucoup plus complexe et expressive, qui porte un nom différent, l'idiome des signes nicaraguayen. Ce langage créole pourvu d'une grammaire cohérente a été créé d'un seul coup. Comme le remarque Pinker : «Une langue est née sous nos yeux<sup>8</sup>.»

Les programmes transmis qui facilitent l'apprentissage de langues existantes et l'évolution de nouvelles langues ne sont pas simplement des principes généraux qui, pour des raisons logiques, doivent être présents dans toutes les langues. Il s'agit plutôt de conventions arbitraires qui auraient pu être différentes.



Comme l'a écrit Pinker : «C'est comme si des inventeurs isolés avaient miraculeusement trouvé des critères identiques pour les claviers de machines à écrire, le code Morse ou les feux de signalisation<sup>9</sup>.»

Chomsky et Pinker supposaient tous les deux que la capacité à apprendre les langues devait dépendre d'un codage dans l'ADN portant sur des structures universelles communes à toutes les langues. Pour eux, il allait de soi que toutes les informations héréditaires étaient inscrites dans les gènes et ils ont été forcés d'émettre l'hypothèse de l'existence d'une grammaire universelle, parce que les jeunes enfants de n'importe quel groupe ethnique semblent capables d'apprendre n'importe quelle langue ; par exemple, un bébé vietnamien adopté par une famille finlandaise apprendra facilement le finlandais.

La résonance morphique fournit une explication plus simple. Le jeune enfant entre en résonance avec les locuteurs autour de lui et avec des millions de locuteurs antérieurs de la langue. La résonance morphique facilite son apprentissage de la langue, de même qu'elle facilite d'autres formes d'apprentissage. Ainsi, la résonance morphique facilite l'acquisition d'un langage des signes par les sourds, qui entrent en résonance avec les usagers antérieurs de ces langages. Il n'est donc pas nécessaire de supposer l'existence de gènes associés aux langues ordinaires ou aux langages des signes, et qui seraient latents dans l'ADN de tout un chacun.

Cette interprétation de l'acquisition du langage en matière de causalité formative est spéculative. Mais elle l'est tout autant que la théorie des gènes en lien avec une hypothétique grammaire universelle. Comme l'a lui-même remarqué Pinker, «nul n'a encore localisé de gène de la grammaire<sup>10</sup>».

### *Quelques tests empiriques sur l'apprentissage des langues*

Deux types de tests empiriques devraient permettre d'évaluer les effets de la résonance morphique sur l'apprentissage humain. Le premier type porte sur des aptitudes anciennes. Il vise à déceler l'influence de la résonance morphique des innombrables individus les ayant déjà maîtrisées. Plusieurs expériences de ce type ont déjà été réalisées. Le second type implique l'acquisition d'une aptitude nouvelle durant l'expérience – résolution d'énigmes nouvelles, confrontation, par exemple, à de nouveaux types de jeux vidéo. On évaluera, à intervalles réguliers, le rythme moyen auquel des groupes de sujets inexpérimentés les apprennent dans un pays donné. Entre-temps, dans un autre pays, plusieurs milliers d'individus apprendront à maîtriser ces aptitudes nouvelles. Le rythme d'apprentissage moyen de sujets inexpérimentés du premier pays devrait augmenter proportionnellement au nombre d'individus les apprenant ailleurs. Parlons d'abord des champs de résonance anciens.

### *Tests avec des comptines enfantines*

En octobre 1982, au moment où le Tarrytown Group de New York annonçait l'octroi d'un prix de 10 000 \$ au meilleur test de l'hypothèse de la causalité formative, le magazine britannique *New Scientist* lançait une compétition primant des projets d'expériences susceptibles d'évaluer la validité de l'hypothèse<sup>11</sup>. Les résultats de cette compétition furent annoncés en mars 1983. Le gagnant, Richard Gentle, avait suggéré un test ingénieux basé sur une comptine turque<sup>12</sup>. On inviterait des anglophones à mémoriser deux comptines turques dans des conditions spécifiques – l'une serait une comptine traditionnelle, séculaire, connue de millions de Turcs, l'autre une comptine improvisée en redisant les mots de l'originale. Les sujets, non informés de la subtilité,

disposeraient de temps égaux pour apprendre les deux comptines. On évaluerait, ensuite, le taux de mémorisation de chacune. Si l'hypothèse de la causalité formative est exacte, l'apprentissage de la comptine traditionnelle devrait être facilité par la résonance morphique de millions de Turcs.

Je retins la suggestion de Gentle, mais utilisai une comptine japonaise. Un éminent poète japonais, Shuntaro Tanikawa, me fournit trois comptines : la première connue de plusieurs générations de petits Japonais, les deux autres composées pour la circonstance en respectant la structure de l'originale – l'une ayant un sens en japonais, l'autre pas.

Des groupes d'Anglais et d'Américains furent invités à mémoriser les comptines en chantant chacune d'elles un certain nombre de fois (sans être informés des subtilités de l'expérience). Soixante-deux pour cent des sujets estimèrent, au bout d'une demi-heure, que la comptine traditionnelle était la plus simple – à difficulté égale, le hasard tolérerait un résultat maximum de 33%. Dans une autre expérience, les sujets durent mémoriser les comptines sous une forme écrite. Pour 52%, la comptine traditionnelle était toujours la plus facile – autre résultat significatif. Ce mode d'apprentissage n'était pas aussi efficace que le chant, plus proche de la manière de faire des petits Japonais. On ne releva aucune différence significative dans l'apprentissage des deux nouvelles comptines.

Ces résultats, quoiqu'encourageants, ne furent pas concluants. Les nouvelles comptines étaient peut-être plus difficiles à mémoriser que la comptine traditionnelle, malgré les efforts du poète pour les rendre de difficulté comparable. Cet argument acquiert une force supplémentaire à la lumière de l'histoire des comptines enfantines : celles-ci sont probablement soumises à une sorte de sélection naturelle – les plus faciles sont plus aptes à survivre. Par ailleurs, si une des nouvelles comptines avait été mieux mémorisée que la comptine traditionnelle, ce résultat pourrait être attribué à sa plus grande facilité intrinsèque. Toutes les expériences de ce genre posent la même difficulté d'interprétation.

Lors d'une deuxième compétition organisée par le Tarrytown Group de New York, trois prix étaient décernés pour désigner les meilleurs tests de l'hypothèse de la causalité formative, le premier prix étant de 10 000 \$<sup>13</sup>. Les lauréats ont été sélectionnés par un panel international de juges (les professeurs David Bohm, de l'université de Londres, David Deamer, de l'université de Californie à Davis, Marco de Vries, de l'université Erasmus à Rotterdam et Michael Ovenden, de l'université de la Colombie-Britannique). Les prix ont été remis à New York en juin 1986. Deux concurrents sont arrivés *ex aequo* à la première place. Tous deux ont indépendamment mené des expériences similaires portant sur des mots écrits avec des lettres étrangères, l'hébreu dans un cas et le perse dans l'autre.

Pour surmonter ce problème, il conviendrait d'élaborer un schème expérimental différent. Celui-ci pourrait faire appel à plusieurs comptines nouvelles, en japonais par exemple, de mètre, de structure sonore, et de difficulté comparables. 1. On calculerait le taux de mémorisation de chacune, disons aux États-Unis. 2. Une de ces comptines, choisie au hasard, serait enseignée à un nombre important de Japonais. 3. Aux États-Unis, on réévaluerait le taux de mémorisation de chacune avec de nouveaux groupes de sujets. La mémorisation de celle apprise par un nombre important de Japonais devrait être plus aisée qu'auparavant, contrairement à celle des autres. On pourrait réaliser une telle expérience en intégrant une des comptines à une chanson populaire au Japon ou même à un jingle publicitaire.

Ces tests reposaient sur l'idée que des mots qui ont été lus par des millions d'individus peuvent être associés à des champs morphiques facilitant la perception de leur schéma. Par conséquent, des personnes ignorantes de la langue choisie et de son écriture devraient reconnaître ou apprendre plus facilement des mots *réels* de cette langue, que des mots factices formés de lettres disposées en séquences dépourvues de sens. La perception du

schéma de ces non-mots ne sera pas stabilisée par résonance morphique, puisqu'ils sont d'invention récente. Notez que de tels tests dépendent entièrement de schémas visuels : ils n'impliquent pas d'entendre les mots ni de les prononcer ; les sujets ignorent la valeur phonétique des lettres.

Gary Schwartz, professeur de psychologie à l'université Yale, choisit quarante-huit mots de trois lettres dans la version hébraïque de l'Ancien Testament – vingt-quatre mots courants et vingt-quatre rares. Il mélangea ensuite chaque mot de manière à produire une anagramme dépourvue de sens mais renfermant les trois mêmes lettres. Il obtint ainsi quatre-vingt-seize mots, pour moitié réels, pour moitié factices.

Ces quatre-vingt-seize mots furent projetés, un à un, selon une séquence au hasard, sur un écran, en présence de plus de quatre-vingt-dix étudiants ignorant l'hébreu. Ceux-ci furent invités à deviner le *sens* de chaque mot et à écrire le premier mot anglais qui leur venait à l'esprit. On leur demanda ensuite d'estimer sur une échelle de 0 à 4 la *confiance* qu'ils plaçaient en leur réponse. Les sujets ignoraient la raison de cette expérience, et le fait que certains mots étaient dépourvus de sens.

Schwartz exclut de son analyse les sujets ayant deviné correctement le sens de plusieurs mots hébreux, considérant qu'ils possédaient peut-être une certaine connaissance de la langue, en dépit de leurs déclarations. Il examina ensuite les réponses des sujets s'étant trompés systématiquement et observa un fait remarquable : dans l'ensemble, ils étaient plus confiants dans leurs réponses dans le cas de mots réels que dans le cas de mots fictifs. Leur confiance était environ deux fois plus grande en présence de mots courants que de mots rares. Ces résultats ont une signification statistique réelle.

Ayant testé ses sujets dans les conditions décrites, Schwartz leur précisa que la moitié des mots avait un sens, les autres étant des compositions factices. Il les leur repassa alors, un à

un, leur demandant de deviner lesquels étaient réels, lesquels factices. Les résultats ne furent pas significatifs sur le plan statistique : les sujets s'avérèrent incapables de réaliser consciemment ce qu'ils avaient réussi inconsciemment. Schwartz interpréta la plus grande confiance des sujets en l'exactitude de leurs réponses relatives au sens des mots réels en termes d'«effet inconscient de reconnaissance».

Alan Pickering, psychologue à Hatfield Polytechnic, en Angleterre, utilisa deux paires de mots perses réels et factices, écrits en perse (une écriture proche de l'arabe). Il testa quatre-vingts étudiants, chacun ne voyant qu'un des mots. Il leur demanda de le regarder pendant dix secondes, puis de le dessiner de mémoire. Les reproductions furent ensuite comparées par plusieurs juges indépendants, selon diverses méthodes. Les juges, qui ne furent pas informés de la raison de l'expérience, ignoraient (de même que Pickering) quels étaient les mots réels.

Il s'avéra que ceux-ci furent reproduits avec une plus grande précision que les mots factices. Un mode d'évaluation consistait à comparer les paires de réponses (présentées au hasard) aux modèles réels et factices. Dans 75 % des cas, les reproductions de paires de mots réels furent jugées plus fidèles que celles de mots factices. Ce résultat était statistiquement des plus significatifs – les chances pour que les résultats ne soient pas le produit du hasard étant de 10 000 contre 1. Pickering conclut, comme Schwartz, que ses résultats confirmaient la notion de résonance morphique.

Il existe une explication alternative : les mots réels possèdent certaines qualités, esthétiques et autres, dont sont dépourvus les mots factices, pour des raisons tout à fait indépendantes de la résonance morphique. Cet argument est cependant vague, ce qui devient évident dès que nous tentons de l'appliquer de manière détaillée. Schwartz découvrit un «effet inconscient de reconnaissance» plus grand pour des mots hébreux courants que pour des mots hébreux rares. Si cet effet n'est pas dû à la résonance

morphique, mais aux qualités esthétiques et autres des mots réels, pourquoi les mots *courants* seraient-ils plus esthétiques que les mots *rares*? L'emploi de certains mots devient-il plus fréquent *parce que* leur forme écrite est plus plaisante à l'œil? Ou les mots courants deviennent-ils plus reconnaissables par résonance morphique, *parce qu'*ils sont employés plus souvent? Ou encore, les mots courants deviennent-ils plus reconnaissables *à la fois* par résonance morphique *et* pour des raisons esthétiques sans rapport avec la résonance morphique?

Suitbert Ertel, professeur de psychologie à l'université de Göttingen en Allemagne, a étudié les effets possibles de la résonance morphique sur la reconnaissance des *hiragana*, des caractères japonais qui représentent une composante phonétique du système d'écriture japonais. On a montré aux sujets neuf hiragana dans un ordre aléatoire, projetés sur un écran pendant huit secondes. Puis on leur a donné une feuille de réponse contenant vingt hiragana parmi lesquels les neuf caractères qu'ils venaient de voir étaient aléatoirement mélangés. On leur a demandé de retrouver les caractères qu'ils pensaient avoir vus. Le même test a été reproduit en plaçant les caractères dans différents ordres aléatoires. Chaque sujet a fait six tentatives et la reconnaissance des hiragana s'améliorait généralement d'essai en essai<sup>14</sup>.

Ertel a prédit que si la résonance morphique jouait un rôle, les hiragana devraient être mieux reconnus quand ils étaient dans le bon sens que quand ils étaient dans le mauvais sens, parce que des millions de Japonais étaient habitués à reconnaître ces caractères dans leur position normale. Bien sûr, c'est ce qu'il a trouvé.

Dans une nouvelle expérience, il s'est servi d'hiragana artificiels inventés par un graphiste. Avant de procéder aux tests d'apprentissage, Ertel et ses étudiants ont montré aux sujets des hiragana authentiques et des hiragana factices, en leur demandant

de choisir les authentiques. Ils n'arrivaient pas à faire la différence. L'équipe de Göttingen a ensuite réalisé ses tests classiques de mémoire et a constaté que les vrais caractères étaient mieux mémorisés que les faux, ce qui était cohérent avec les prédictions de l'hypothèse de la résonance morphique.

Ertel et son équipe ont ensuite mené une étude supplémentaire, qu'ils considéraient comme cruciale. Ils ont comparé l'effet qu'aurait le fait de mettre à l'envers les vrais et les faux caractères. Selon Ertel, pour les faux hiragana, la rotation ne devait avoir aucun effet, car la résonance morphique ne joue aucun rôle dans la reconnaissance de ces caractères dans un sens ou dans l'autre.

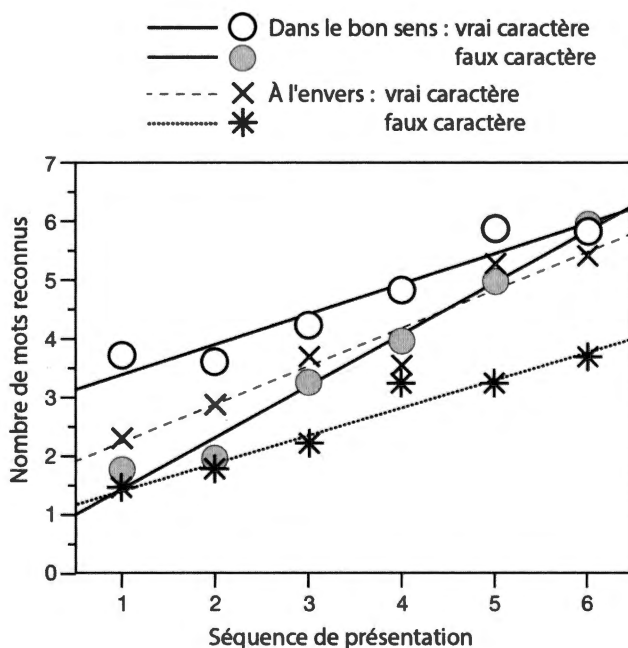


**Figure 10.1** Résultats de l'expérience de Suitbert Ertel au sujet de la reconnaissance des *hiragana*. L'axe vertical montre le nombre de mots reconnus, tandis que l'axe horizontal indique les six essais successifs (reproduit avec l'aimable autorisation de Suitbert Ertel).



Les résultats ont été perturbants et l'interprétation d'Ertel difficile à suivre. Dans les deux premières études, il n'y avait effectivement presque aucune différence dans la reconnaissance des hiragana dans le bon et dans le mauvais sens (Fig. 10.1). Mais dans les deux études ultérieures, les faux hiragana étaient mieux mémorisés dans le bon sens. D'après Ertel, la vitesse plus rapide d'apprentissage dans les études ultérieures portant sur les faux hiragana dans le bon sens était liée à des «facteurs intrinsèques» n'ayant rien à voir avec la résonance morphique. Étonnamment, il n'a fourni aucune analyse statistique pour montrer si cet effet était significatif ou non.

Cependant, les faux hiragana d'Ertel étaient *faits* pour ressembler à de vrais hiragana quand ils étaient dans le bon sens. Dans la mesure où ils ressemblaient à de vrais hiragana, il est possible que cela se soit passé précisément parce qu'ils étaient associés à une impression d'être «dans le bon sens», en raison de leur ressemblance générique avec les vrais caractères. Ce «facteur intrinsèque» n'est peut-être pas une alternative à la résonance morphique, mais il dépend de la ressemblance générique des faux hiragana avec les vrais dans le bon sens, élément qui était dès le départ intrinsèque. Mais la complexité des interprétations d'Ertel illustre à quel point il est difficile d'obtenir des résultats clairs dans des expériences.

Plusieurs projets ultérieurs s'appuyant sur des caractères inconnus ont donné des résultats qui soutiennent les découvertes initiales de Schwartz et Pickering, ainsi qu'en grande partie le travail d'Ertel. À l'université d'Innsbruck, en Autriche, Robert Schorn, Gottfried Tappeiner et Janette Walde ont comparé de vrais mots russes écrits en lettres cyrilliques avec des anagrammes dénuées de sens de ces mots. Les vrais et les faux stimuli étaient présentés par deux et on a demandé aux sujets de désigner celui qui avait le plus «d'esprit». Les vrais mots ont été sélectionnés significativement plus souvent que les anagrammes. Certaines de ces études se sont déroulées par

Internet, ce qui illustre le potentiel d'une participation à distance dans les études automatisées sur la résonance morphique.

Les mêmes chercheurs ont également réalisé une autre étude portant sur des champs morphiques anciens et faisant appel à des symboles politiques, religieux et économiques tels que des drapeaux, des emblèmes et des marques déposées qui étaient autrefois connus, mais étaient tombés dans l'oubli, ou alors qui étaient connus de nombreuses personnes à l'étranger, par exemple le signe chinois associé à Coca-Cola, des marques déposées indiennes ou des symboles religieux d'Extrême-Orient. Pour chacun des symboles, un designer a créé un symbole de contrôle correspondant qui avait une structure générale et une complexité similaires.

Afin de trouver si les nouveaux symboles étaient effectivement comparables, les expérimentateurs ont procédé à sept études préalables avec plus de deux cents sujets auxquels on a demandé d'indiquer quels symboles dans chaque paire ils trouvaient moins crédibles ou réels. Dans leur expérience principale, ils n'ont employé que des faux symboles qui semblaient aussi réels que les originaux, voire plus. On a montré aux sujets des paires de symboles contenant un vrai symbole et un faux, dans un ordre aléatoire, et on leur a demandé de juger lequel, dans chaque paire, avait le plus «d'esprit». Ils ont sélectionné les vrais symboles significativement plus souvent que les faux.

À l'université de Northampton, en Angleterre, Kimberly Robbins et Chris Roe ont réalisé une étude de champs morphiques anciens en faisant appel à de vrais et faux caractères chinois, avec une structure expérimentale similaire à celle d'Ertel. On a d'abord montré aux sujets une présentation PowerPoint montrant cinq vrais caractères chinois et cinq faux, dans un ordre aléatoire, chaque caractère étant vu pendant trois secondes. Les sujets ignoraient que certains caractères étaient réels et d'autres étaient faux. Puis on leur a tendu une feuille contenant vingt caractères et on leur a demandé d'entourer les dix qu'ils venaient de voir.

Les dix autres caractères étaient des leurres et encore une fois, cinq étaient vrais et cinq étaient faux. Les sujets ont reconnu les vrais caractères significativement mieux que les faux. Concernant les leurres, les sujets avaient significativement davantage de faux souvenirs de vrais caractères que de faux, ce qui est cohérent avec un effet de résonance morphique<sup>15</sup>.

Néanmoins, ce type d'études sur des champs anciens est toujours confronté à la difficulté de contrôler des «facteurs intrinsèques» pouvant rendre des symboles, mots ou poèmes anciens plus mémorables ou plus attirants que des créations récentes. Mais encore une fois, il est difficile de savoir si les facteurs intrinsèques et la résonance morphique sont des alternatives véritables. Les facteurs intrinsèques peuvent même dépendre de la résonance morphique.

### *Tests avec le code Morse*

Le code Morse fut inventé par Samuel Morse vers le milieu du XIX<sup>e</sup> siècle pour la télégraphie. Il a été appris et utilisé par d'innombrables personnes au fil des ans, et est toujours en vigueur aujourd'hui. La résonance morphique de tous ces utilisateurs facilite-t-elle son étude?

Arden Mahlberg, psychologue américain, troisième prix de la compétition Tarrytown, a imaginé de tester cette éventualité. Il a élaboré une nouvelle version du code en distribuant de manière différente les points et tirets correspondant à chaque lettre. Il a choisi des sujets ignorant le code Morse et a comparé leur taux de mémorisation, d'une part de ce nouveau code, d'autre part du véritable code Morse. La présentation des données et les tests ultérieurs se déroulèrent par écrit (les lettres S et O furent exclues, trop de personnes connaissant le fameux S.O.S.). Les sujets se virent présenter les deux codes, l'un après l'autre, au hasard, pendant des périodes également brèves.

Mahlberg constata, dans un premier temps, que ses sujets, dans leur ensemble, mémorisaient plus facilement le code original que le nouveau – les résultats obtenus étaient statistiquement significatifs<sup>16</sup>. Par la suite, il travailla avec de nouveaux sujets et s'aperçut que la précision d'apprentissage du nouveau code augmentait régulièrement, jusqu'à égaler celle du véritable code Morse. Il attribua la différence originale à la résonance morphique de toutes les personnes ayant pratiqué le code Morse par le passé. Mais les tests se multipliant, les participants aux expériences ultérieures étaient influencés par la résonance morphique des sujets ayant passé les tests avant eux. Cet effet supplanta en définitive les effets plus subtils de la résonance morphique des utilisateurs du code réel et conduisit à une égalisation progressive des scores enregistrés pour les deux codes. Mahlberg expliqua cela par la haute spécificité de la résonance de tous les sujets ayant réalisé le même test dans les mêmes conditions. Il insista, néanmoins, sur la nécessité de vérifier le phénomène dans le cadre de nouvelles expériences.

Une amélioration consisterait en une présentation *sonore* – et non plus écrite – des codes. Cette procédure serait plus proche de l'expérience réelle des opérateurs télégraphiques. Il serait aisé de programmer un micro-ordinateur à présenter une séquence standard de lettres sur l'écran tout en produisant les sons correspondant aux points et aux tirets.

### *Un test possible à l'aide de claviers en hindi*

Les premières machines à écrire commercialisées avec succès furent produites par Remington dans les années 1870. Le clavier, construit sans souci de facilité d'utilisation ni d'apprentissage, répondait à des exigences purement techniques liées à la façon de pivoter des barres de frappe. La disposition du clavier visait à empêcher les lettres utilisées le plus souvent de se coincer au point de frappe. Cette disposition originale, dite QWERTY d'après les

premières lettres de la rangée supérieure, fut conservée presque sans modification dans les machines ultérieures. Elle survit jusque dans les consoles d'ordinateur modernes, alors que les difficultés mécaniques originales ne se posent plus. Au fil des ans, maintes nouvelles dispositions ont été prônées pour les claviers, mais à ce jour aucune n'a supplanté le traditionnel QWERTY.

Plusieurs dizaines de millions de personnes ont employé des machines à écrire dotées d'un clavier QWERTY depuis les années 1870. On est donc en droit de supposer que la résonance morphique a considérablement facilité l'apprentissage de la frappe et stabilisé les champs morphiques associés. La frappe intrigue depuis plusieurs décennies les psychologues expérimentaux, car «le rythme de travail de dactylographes (même moyens) dépasse de beaucoup ce que permettent de supposer des tests de laboratoire courants en psychologie<sup>17</sup>».

Certes, si de nouveaux claviers, mieux conçus, n'ont pas réussi à s'imposer, c'est en raison des difficultés que poseraient la «rééducation» des dactylographes et le remplacement des machines existantes; mais par ailleurs, le nombre important d'utilisateurs de claviers QWERTY pourrait en faciliter l'apprentissage et l'utilisation, en dépit de ses inconvénients.

Certains indices expérimentaux démontrent que des personnes n'ayant aucune formation de dactylographe apprennent plus facilement à taper sur un clavier QWERTY que sur un clavier où la disposition des lettres a été effectuée au hasard<sup>18</sup>; en outre, une disposition alphabétique, ABCDE, a enregistré dans certaines expériences des résultats inférieurs<sup>19</sup> à la disposition QWERTY, et dans d'autres des résultats à peine équivalents<sup>20</sup>. «Les opérateurs sans formation préalable, auxquels sont souvent destinées les dispositions alphabétiques, apprennent aussi rapidement, voire plus, sur un clavier classique<sup>21</sup>.»

Dans des expériences spécifiquement conçues pour tester les effets de la résonance morphique, on pourrait comparer le

rythme auquel des novices apprennent à taper sur un clavier QWERTY au rythme auquel ils apprennent à taper sur d'autres claviers présentant, selon la théorie psychologique contemporaine, une difficulté comparable. Il serait difficile de procéder à une expérience concluante dans le monde occidental, car il n'est pas simple d'établir que les sujets n'ont jamais été confrontés à des claviers QWERTY. Il serait donc important de trouver des sujets n'ayant jamais eu l'occasion ne fût-ce que de voir un clavier QWERTY, que ce soit sur une machine à écrire ou sur une console d'ordinateur. Une manière d'obtenir satisfaction sur ce point consisterait à travailler avec des étudiants russes s'étant familiarisés avec l'alphabet romain – en apprenant l'anglais par exemple – mais non avec le clavier QWERTY. On comparerait dès lors le rythme auquel ils apprennent à taper sur un clavier QWERTY à celui auquel ils apprennent à taper sur un clavier différent. Si les étudiants apprennent plus rapidement sur le clavier QWERTY, on sera en droit de conclure que leur apprentissage a été facilité par la résonance morphique des dactylographes occidentaux.

On pourrait réaliser cette expérience en sens inverse, avec des étudiants en russe (en grec ou en hindi) qui se sont familiarisés avec l'alphabet concerné mais n'ont pas eu de contact avec les machines à écrire l'utilisant. Dans une telle expérience, on comparerait le rythme auquel un étudiant apprend à taper sur un clavier hindi classique, au rythme auquel il apprend sur un clavier différent, conçu de manière à présenter un degré de difficulté d'apprentissage équivalent, selon les théories conventionnelles. Selon l'hypothèse de la causalité formative, l'apprentissage sur un clavier classique serait plus simple, puisque des millions d'Indiens l'ont déjà pratiqué.

Cette expérience pourrait être réalisée en utilisant des micro-ordinateurs programmés pour la circonstance. Une procédure d'apprentissage standardisée serait programmée dans l'ordinateur et le rythme d'apprentissage évalué automatiquement.

Ces exemples, quelques-uns parmi les multiples manières de tester l'hypothèse de la causalité formative dans le domaine de la psychologie humaine, prouvent que de telles expériences sont réalisables et peuvent être pratiquées au moyen d'équipements disponibles dans la plupart des facultés de psychologie universitaire et même dans de nombreuses écoles de niveau secondaire.

### *Les études portant sur des champs morphiques nouveaux*

Les études de champs nouveaux les plus simples commencent par deux modèles nouveaux. La première étape consiste à trouver à quel point il peut être facile de les apprendre ou de les reconnaître. La deuxième étape consiste à créer une résonance morphique à partir de l'un et non de l'autre. Si la résonance morphique joue un rôle, le modèle qui a été «renforcé» devrait ultérieurement être plus simple à apprendre ou à reconnaître, tandis qu'il ne devrait pas y avoir de changement avec le modèle de contrôle. La troisième étape consiste à étudier à quel point il peut être désormais simple d'apprendre ou de reconnaître les deux modèles. Le modèle renforcé est-il effectivement devenu plus simple en comparaison au modèle de contrôle?

Cette première étude de champs nouveaux a été réalisée avec des images cachées, à la suite d'une suggestion de Nicholas Humphrey. Au départ, ce genre d'images semble ne pas avoir de sens ou vaguement rappeler des modèles (Fig. 10.2). Le fait de voir l'image sous-jacente (Fig. 10.3) implique un soudain changement de gestalt; l'image prend un sens clair. Ensuite, il est difficile de ne pas reconnaître l'image cachée et de croire que d'autres ne peuvent pas la voir. Si la résonance morphique est à l'œuvre, une image cachée devrait devenir plus facile à reconnaître si de nombreuses personnes l'ont déjà vue.



**Figure 10.2** Image cachée utilisée lors d'une étude télévisée au sujet de la résonance morphique.  
L'image est révélée dans la figure 10.3.

En 1983, une chaîne de télévision britannique, Thames Television, m'a permis de réaliser une expérience de ce type. Les deux images mystères ont été spécialement produites par un artiste et conçues pour être difficiles ; seule une petite minorité de personnes pouvait repérer ces images cachées. Avant la diffusion à la télévision britannique, j'ai envoyé ces deux images à des collaborateurs en Europe, en Afrique et en Amérique du Nord. Chaque expérimentateur les a montrées chacune une minute à un groupe de sujets avant la transmission et après, à un autre groupe de sujets comparables. Le nombre de personnes ayant reconnu l'image cachée a été consigné.

Tout comme moi, les expérimentateurs ignoraient laquelle des deux images allait être diffusée à la télévision. Lors de l'émission,



l'une a été choisie au hasard et montrée à environ deux millions de téléspectateurs. Au bout de plusieurs secondes, la réponse a été révélée et ensuite, elle a été à nouveau «fondue» dans l'image mystère de sorte que l'image précédemment cachée était désormais facile à voir. La même image a été montrée une fois de plus en fin d'émission.

Le pourcentage de sujets ayant reconnu l'image de contrôle avant et après l'émission n'a pas changé, tandis que le pourcentage de personnes reconnaissant l'image montrée à la télévision en Grande-Bretagne a augmenté dans une mesure statistiquement significative<sup>22</sup>.

En 1984, l'expérience a été reproduite, avec de nouvelles images mystères, sur la BBC dans une émission scientifique populaire appelée «Tomorrow's World». Des expérimentateurs dans d'autres pays ont étudié des groupes de sujets afin de trouver quelle proportion reconnaîtrait en l'espace de trente secondes les images cachées. Des tests ont été menés avant la diffusion de l'émission en Grande-Bretagne, puis après, sur des sujets comparables. Pendant l'émission télévisée, l'une des deux images a été sélectionnée au hasard et montrée à huit millions de téléspectateurs, auxquels la réponse a ensuite été révélée.

Effectivement, l'image est devenue significativement plus facile à reconnaître ailleurs, tandis qu'il n'y avait pas de changement du côté du groupe de contrôle. Mais cet effet positif s'est limité aux sujets d'Europe continentale; il n'y a pas eu d'effet en Amérique du Nord. La disparité a été surprenante. La résonance morphique ne devrait pas dépendre de la distance. Une explication possible est qu'en Europe, où le décalage horaire avec la Grande-Bretagne était seulement d'une heure, les téléspectateurs étaient plus «en phase» avec les téléspectateurs britanniques qu'avec les Américains, qui avaient un décalage horaire de cinq à huit heures.



Figure 10.3 L'image cachée dans la figure 10.2.

Une expérience similaire portant sur des images cachées a été menée en février 1985, lors d'une émission télévisée diffusée en Allemagne par Norddeutscher Rundfunk. Là encore, il y avait deux images, dont une seule a été montrée à la télévision. Et des milliers de sujets ont été testés dans différentes parties du monde avant et après la diffusion de l'émission allemande. Comme lors des expériences précédentes, il n'y a pas eu de changement significatif au niveau de la proportion de personnes reconnaissant l'image de contrôle, alors que la proportion de personnes ayant reconnu l'image test a *diminué* en Grande-Bretagne et ailleurs après qu'elle a été vue par environ un demi-million de personnes dans le nord de l'Allemagne! Du point de vue de la résonance morphique, il aurait dû y avoir une augmentation. Du point de vue des sceptiques, il y aurait dû n'y avoir aucun changement. Personne n'avait prédit de diminution.

Ce résultat a montré que d'autres facteurs entraient en jeu, mais lesquels? Nul ne le savait. Ces résultats déconcertants ont

dissuadé tout le monde de faire d'autres études de ce genre à la télévision.

En 1987, l'Institut des sciences noétiques, près de San Francisco, a annoncé qu'il décernerait un prix pour la meilleure étude réalisée par des étudiants au sujet de la résonance morphique. Un panel de juges indépendants a évalué les candidatures et les résultats ont été annoncés en 1991<sup>23</sup>.

La lauréate du prix destiné aux étudiants de premier cycle a été Monica England, une étudiante en psychologie à l'université de Nottingham, en Angleterre. Son étude a été inspirée par des éléments non confirmés, à savoir que certaines personnes trouvent plus facile de faire les mots croisés des journaux le lendemain de leur publication plutôt que le jour même, effet qui pourrait être dû à une résonance morphique associée au fait que des milliers de personnes ont déjà fait ces mots croisés.

L'expérience a porté sur deux grilles de mots croisés d'un journal londonien, l'*Evening Standard*, qui n'était pas distribué à Nottingham. Le journal a eu la gentillesse de coopérer en faisant connaître à l'étudiante ces deux grilles de mots croisés une semaine avant leur publication : les «mots croisés faciles» et les «mots croisés rapides». Les mots croisés faciles avaient des définitions simples et les mots croisés rapides des définitions en un mot, auxquelles il fallait répondre par des synonymes.

Monica England a testé une cinquantaine d'étudiants la veille de la parution des grilles de mots croisés à Londres et cinquante autres étudiants le lendemain. Les deux groupes de sujets ont également reçu deux grilles de mots croisés de contrôle, qui avaient été publiées dans l'*Evening Standard* deux semaines plus tôt. Les sujets ont eu dix minutes par grille pour trouver autant de définitions que possible.

En moyenne, les sujets ont trouvé significativement plus de définitions pour les mots croisés faciles après leur publication qu'avant. Il n'y avait pas de changement avec les mots croisés de

contrôle. À l'inverse, pour les mots croisés rapides, il n'y a pas eu d'écart significatif entre la grille publiée et la grille de contrôle.

J'ai reproduit cette expérience en 1990, en utilisant là encore des mots croisés faciles et rapides issus de l'*Evening Standard* et en testant des sujets avec l'aide d'expérimentateurs qui vivaient loin de Londres, dans des endroits où les participants ne pourraient voir ce journal londonien. Là encore, les résultats obtenus pour les deux grilles de mots croisés ont été comparés à des mots croisés de contrôle. Il y a eu une légère amélioration des résultats pour les mots croisés faciles après leur parution, mais ce changement n'était pas statistiquement significatif. À l'inverse, il y a eu une augmentation statistiquement significative pour les mots croisés rapides. Nous avons donc obtenu des résultats contradictoires, avec un effet positif pour une grille de mots croisés, mais pas pour l'autre, comme dans le cas de l'expérience de Monica England. Dans son étude, c'était les mots croisés faciles qui avaient obtenu un effet positif et dans la mienne, c'était les mots croisés rapides.

En réfléchissant à ces résultats, j'ai pris conscience que j'avais considéré qu'il allait de soi que tous les mots croisés étaient nouveaux et que j'avais supposé qu'ils ne seraient pas affectés par la résonance morphique liée aux autres grilles de mots croisés publiés par le passé. Par la suite, j'ai fait des recherches pour savoir comment les mots croisés étaient conçus et j'ai découvert que les auteurs réutilisaient fréquemment des définitions de mots croisés anciens. Par conséquent, ces mots croisés simples ne constituaient pas un test adapté à la résonance morphique, dans la mesure où nombre de définitions n'étaient pas nouvelles.

Revenons maintenant à l'Institut des sciences noétiques. Zoltan Dienes, qui était alors à l'UFR de psychologie de l'université d'Oxford, a remporté le prix décerné aux étudiants en deuxième cycle. Ses sujets devaient décider rapidement si une suite de lettres qu'ils voyaient sur un écran d'ordinateur constituait

un mot anglais qui avait du sens ou non. Cette expérience s'appuyait sur un phénomène connu des psychologues sous le nom d'«amorçage par répétition», qui se produit quand un mot (ou un autre stimulus) est reconnu plus rapidement après qu'on y a été plusieurs fois exposé. D'après le raisonnement de Dienes, il pourrait être plus facile pour des sujets ultérieurs de reconnaître des stimuli si d'autres sujets en avaient fait de même auparavant.

Les sujets ont vu des suites de lettres projetées rapidement sur un écran d'ordinateur et ont dû indiquer si cette suite constituait un vrai mot ou non en appuyant sur des touches du clavier aussi vite que possible. Dienes a utilisé deux séries de mots réels et de mots factices. L'intégralité des quatre-vingt-dix sujets a vu une série de mots «partagée», tandis que seulement un sujet sur dix a vu une série «unique». Par conséquent, l'expérience portait sur quatre-vingts «amplificateurs» qui n'ont vu que les stimuli partagés et dix «résonateurs» qui ont vu les stimuli partagés et les stimuli uniques. Dans cette étude, si la résonance morphique était à l'œuvre, la vitesse à laquelle les stimuli partagés étaient reconnus devait augmenter en comparaison à la vitesse à laquelle les stimuli uniques étaient reconnus. Afin de maximiser la résonance entre les sujets, toutes les études expérimentales ont été réalisées dans un environnement visuel, sonore et olfactif distinct.

Le résultat a été positif et statistiquement significatif. Plus un mot inventé avait été vu auparavant, plus les résonateurs ultérieurs réagissaient rapidement. Cependant, quand Dienes a tenté de reproduire cette expérience à l'université de Sussex, il n'y a pas eu d'effet significatif<sup>24</sup>.

Suitbert Ertel a réalisé deux études de champs nouveaux en plus des études de champs anciens précédemment évoqués. La première expérience a eu lieu en partenariat avec un magazine dénommé *Übermorgen*. L'expérience portait sur des anagrammes, par exemple «*Seterleirei*» pour «*Reiseleiter*», et les lecteurs du magazine devaient retrouver les mots normaux. On a demandé aux

lecteurs de répéter chaque anagramme et son mot correspondant aussi souvent que possible. Environ mille lecteurs ont participé.

Ses lecteurs ignoraient que l'expérience incluait également soixante étudiants de l'université de Dresde, ville dans laquelle le magazine n'était pas distribué. On a soumis ses étudiants aux dix mêmes anagrammes et à dix anagrammes supplémentaires qui n'avaient pas été «amplifiées» par les lecteurs d'*Übermorgen*. Les étudiants allaient-ils pouvoir résoudre les anagrammes amplifiées mieux que les anagrammes de contrôle? En moyenne, oui, mais l'effet n'a pas été statistiquement significatif<sup>25</sup>.

La deuxième expérience d'Ertel s'est déroulée en partenariat avec un autre magazine, *PM*. Elle avait été conçue pour être amusante pour les lecteurs et a utilisé des mots allemands factices dans des expressions ordinaires ou des proverbes. Le sens des mots inventés devait être deviné à partir de leur contexte. Par exemple, il y avait «*Die blampe Leier*» et «*Das ist doch ein blamper Hut*», expressions dans lesquelles «*blampe*» avait été inventé pour remplacer «*alt*». Dix nouveaux mots devaient être appris de cette manière, dans cent expressions.

Au total, 1017 lecteurs du magazine *PM* ont participé. Là encore, l'influence de cette amplification a été testée à Dresde, où les sujets ont dû appuyer aussi vite que possible sur un bouton, «factice» ou «réel», après qu'un mot était apparu sur un écran d'ordinateur. Les mots inventés et amplifiés étaient mélangés à vingt autres mots artificiels qui n'avaient pas été amplifiés. Les étudiants de Dresde ont fait l'objet de tests avant et après l'amplification dans *PM*. Il n'y a pas eu de différence au niveau de leur taux de réussite concernant les mots amplifiés et les mots de contrôle.

Un problème lié à cette étude est que les conditions dans lesquelles les sujets ont vu les mots étaient très différentes du contexte dans lequel les lecteurs de *PM* les ont appris. En effet, il y avait un groupe qui avait fait des jeux dans un magazine, à la maison ou dans un autre contexte informel, tandis qu'on avait

étudié le temps de réaction de l'autre groupe sur des ordinateurs en laboratoire. Ces dissimilitudes pourraient avoir affaibli tout effet de résonance.

En résumé, les études de champs nouveaux à petite échelle n'ont pas donné de résultats cohérents et reproductibles. Mais peut-être ne sont-elles pas suffisamment sensibles ; la résonance pourrait être trop faible pour être détectable avec seulement quelques centaines ou quelques milliers d'amplificateurs.

La résonance morphique peut faire l'objet de recherches à une échelle beaucoup plus grande si on étudie des changements au niveau des performances humaines dans le temps. Les performances associées à de nouvelles aptitudes ont-elles tendance à s'améliorer au fil du temps ? Est-il plus facile de jouer à des jeux vidéo ? Devient-il plus facile d'apprendre de nouveaux sports tels que le skateboard et la planche à voile ? Des éléments non confirmés scientifiquement suggèrent que oui, mais ce genre de changement n'est pas documenté quantitativement et la situation est compliquée par d'autres facteurs tels que des améliorations liées à l'équipement, à la mode, à une meilleure pédagogie, etc.

L'un des rares domaines dans lesquels des données détaillées sont disponibles sur de nombreuses années concerne les résultats aux tests de QI (quotient intellectuel).

### *Des scores aux tests de QI en augmentation*

Il devrait être plus facile de faire les tests de QI sous l'effet de la résonance morphique résultant des millions de personnes qui les ont faits précédemment. Par conséquent, les résultats à ces tests devraient être en augmentation, même si les gens ne deviennent pas vraiment plus intelligents.

En 1982, on a découvert que les résultats moyens au test de QI au Japon étaient en augmentation de 3% par décennie depuis la Seconde Guerre mondiale<sup>26</sup>. Des psychologues ont tenté de

justifier cette découverte inattendue par un ensemble de changements environnementaux radicaux : l'urbanisation massive, la révolution culturelle avec le passage de comportements féodaux à des comportements occidentaux, le déclin de la consanguinité et d'énormes avancées en matière de nutrition, d'espérance de vie et d'éducation<sup>27</sup>. Mais ces explications ont subi un revers quand on a découvert qu'une augmentation similaire s'était produite aux États-Unis dans la même période, sans qu'il y ait de changements environnementaux aussi spectaculaires qu'au Japon. Des transformations d'une ampleur comparable s'étaient produites vers le début du <sup>xx</sup>e siècle aux États-Unis.

Un psychologue, James Flynn, a ensuite étudié les résultats aux tests d'intelligence obtenus par les autorités militaires américaines sur une période de soixante-dix ans. Il a découvert que les recrues qui obtenaient simplement la moyenne en comparaison à leurs contemporains étaient au-dessus de la moyenne en comparaison aux recrues d'une génération précédente qui avaient passé exactement le même test. Personne n'avait remarqué cette tendance, parce que les testeurs ont pour habitude de comparer les résultats d'un individu à ceux d'individus du même âge testés au même moment. À tout moment, le résultat moyen au test de QI est fixé à 100 par définition<sup>28</sup>.

Des augmentations comparables se sont produites dans au moins vingt autres pays, dont l'Australie, la Grande-Bretagne, la France, l'Allemagne et la Hollande, et ce phénomène est désormais connu sous le nom d'effet Flynn (Fig. 10.4). On a maintes fois tenté de l'expliquer<sup>29</sup>. Une hypothèse postule une sophistication accrue des résultats aux tests standardisés et une « augmentation du niveau de réussite scolaire ». Des études portant sur les effets de tests répétés sur des formes parallèles de test de QI ont montré que les sujets peuvent gagner jusqu'à cinq ou six points de QI par la pratique, mais pas beaucoup plus<sup>30</sup>. Une seconde hypothèse a indiqué « une amélioration de la réussite scolaire ».



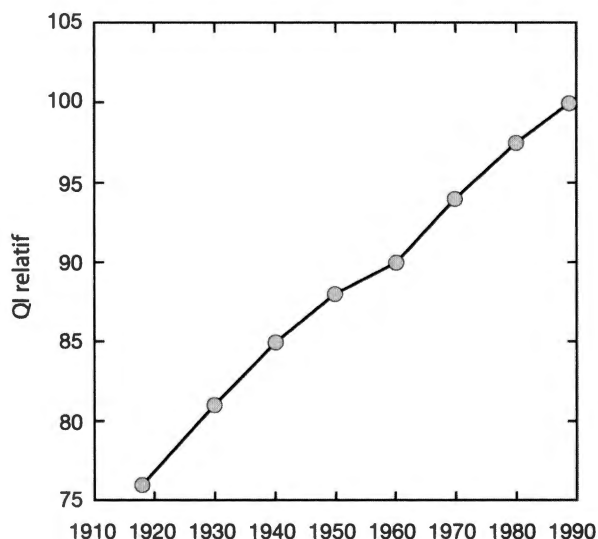


**Figure 10.4** L'effet Flynn. Évolution des résultats moyens au test de Q.I. aux États-Unis entre 1918 et 1989, en comparaison aux valeurs de 1989 (données provenant de Horgan, 1995).

Ces deux explications ont été remises en question par le fait qu'à partir de 1963, il y a eu un *déclin* au niveau des résultats moyens des lycéens américains au SAT, l'équivalent du baccalauréat, que passent plus d'un million de lycéens par an. Parmi les différentes épreuves, la plus forte baisse s'est produite à l'oral. Une commission officielle a été nommée pour examiner ce déclin et a découvert qu'environ la moitié de cette baisse pouvait être imputée à l'élargissement de l'échantillon des candidats, mais que l'autre moitié reflétait une tendance à la baisse des résultats aux examens du grand public et était visible parmi tous les groupes socio-économiques d'élèves. Différents traits de personnalité entraient en ligne de compte dans les résultats au SAT : les capacités intellectuelles, les habitudes de travail, la motivation, l'autodiscipline et les compétences orales et écrites acquises. La commission a suggéré que ces aspects avaient pu être

influencés par différentes causes telles que des critères scolaires moins exigeants, des taux d'absentéisme supérieurs à 15 %, l'érosion de la famille nucléaire et l'influence de la télévision.

Mais pourquoi la moyenne des résultats au test de QI avait-elle augmenté, tandis que la moyenne des résultats au SAT avait diminué ? Certaines personnes ont suggéré que c'était lié à l'exposition accrue à la télévision. Mais les résultats au test de QI ont commencé à augmenter plusieurs décennies avant l'avènement de la télévision dans les années 1950 et comme l'a expliqué Flynn non sans ironie, la télévision était généralement considérée comme « un instrument de vulgarisation jusqu'à l'apparition de cet effet<sup>31</sup> ». Il a ajouté : « L'amélioration des résultats au test de QI d'un côté et le déclin des résultats au SAT de l'autre semblent presque inexplicables. [...] Une augmentation d'une telle ampleur au test de QI pose un sérieux problème sur le plan de la causalité<sup>32</sup>. »

Dans les années 1980, Flynn a dit de cette augmentation des résultats au test de QI qu'elle était « déconcertante » et il a continué de se heurter à ce problème pendant des années. En 2007, il a publié une nouvelle analyse, reposant sur une analyse détaillée des différentes composantes des tests de QI. Il s'est aperçu qu'il y avait eu une augmentation très faible des résultats dans différentes catégories (information, arithmétique et vocabulaire) et une augmentation modeste en compréhension. En revanche, il y avait une augmentation très importante dans la catégorie « performance », qui consiste à résoudre des énigmes. L'une d'entre elles, par exemple, nécessitait de compléter des images en indiquant des parties manquantes provenant d'images incomplètes. La plus grande augmentation a porté sur une catégorie dans laquelle les sujets devaient indiquer les similitudes entre différents éléments. L'augmentation dans cette catégorie a été similaire à celle obtenue dans un test appelé « les matrices progressives de Raven », qui nécessite de « résoudre

des problèmes sur-le-champ, sans avoir précédemment appris de méthode pour y parvenir<sup>33</sup>».

Flynn a souligné que les augmentations les plus faibles s'étaient produites dans les catégories dépendant des connaissances précédemment acquises, qu'il appelait «compétences cristallisées». Les tests portant sur les compétences cristallisées dépendaient des connaissances acquises par le sujet avant de faire le test : «Soit vous savez que Rome est la capitale de l'Italie, soit vous l'ignorez ; soit vous savez ce que signifie le mot "délectable", soit vous ne le savez pas.» En d'autres termes, les résultats augmentaient au fil du temps quand les sujets résolvaient immédiatement des problèmes dans les mêmes conditions que des personnes qui les avaient précédemment résolus, alors qu'ils augmentaient à peine quand les sujets étaient testés sur des connaissances générales indépendantes de la procédure utilisée dans le test. C'est exactement le genre de résultats auquel on s'attendrait du fait de la résonance morphique.

Cependant, Flynn n'a pas envisagé l'éventualité de la résonance morphique. Au lieu de cela, avec son collègue William Dickens, il a avancé une explication associée à la notion de «multiplicateurs sociaux» selon laquelle la population dans son ensemble, partout dans le monde, s'était mieux imprégnée de la pensée abstraite et scientifique, s'était habituée à utiliser son mental différemment et s'était améliorée en résolution immédiate de problèmes. Flynn et Dickens ont considéré que cette augmentation des résultats au test de QI était justifiée par le renforcement et l'amélioration de l'éducation dans une société de plus en plus technologique. L'augmentation spectaculaire des résultats au test de QI «ne représente rien de moins qu'une libération de l'esprit humain. L'esprit scientifique, avec son vocabulaire, ses taxonomies et sa séparation entre la logique et l'hypothétique d'une part et les référents concrets d'autre part, a commencé à imprégner l'esprit de la population postindustrielle<sup>34</sup>». Toutefois, l'hypothèse de Flynn

et Dickens a été accueillie avec « beaucoup de suspicion<sup>35</sup> » par d'autres psychologues et dans l'ensemble, elle n'est pas acceptée.

Flynn concède qu'il faudra longtemps avant de pouvoir tester le modèle Dickens-Flynn, pour étudier un grand échantillon de personnes sur plusieurs années. Mais il pourrait être beaucoup plus rapide de tester l'hypothèse de la résonance morphique. Voici un dispositif expérimental. D'abord, il faudrait élaborer un nouveau test raccourci de type QI contenant plusieurs questions portant sur l'arithmétique, les informations et le vocabulaire, et plusieurs questions nécessitant de résoudre des problèmes dans l'immédiat. Puis, l'idée serait de faire faire ce test en quelques mois à un grand nombre de personnes. Si la résonance morphique est à l'œuvre, il devrait y avoir une augmentation plus importante des résultats concernant la résolution immédiate de problèmes que pour les autres catégories. Cela devrait se produire rapidement et ne dépendrait pas de changements sociaux s'étendant sur de nombreuses années, comme dans l'hypothèse de Flynn et Dickens.

Une amélioration de ce dispositif consisterait à préparer deux versions du test, avec des questions différentes, mais similaires. La première version serait donnée à 90% des participants et la deuxième aux 10% restants. Sous l'effet de la résonance morphique, on devrait observer une augmentation plus importante aux résultats des tests dans la première version que dans la deuxième, du fait du renforcement neuf fois plus important lié à la résonance morphique chez les participants ultérieurs. À l'inverse, l'hypothèse émise par Flynn et Dickens ne prédirait aucune différence au niveau des résultats concernant les première et seconde versions.

Dans ce chapitre, nous avons étudié la possibilité que notre apprentissage du langage et d'aptitudes physiques et mentales soit facilité par résonance morphique des nombreuses personnes les ayant appris avant nous. Plusieurs expériences ont été conçues

pour tester cet effet et ont produit des résultats confortant l'hypothèse de la causalité formative. Si des expériences ultérieures vont dans le même sens, cette nouvelle compréhension pourrait avoir des implications considérables pour l'enseignement et la formation. Il serait ainsi possible de développer de nouvelles méthodes d'enseignement facilitant l'apprentissage par résonance morphique.

Considérons maintenant l'influence de la résonance morphique sur notre mémoire personnelle.



# Chapitre 11

## Mémoire et oubli

Nous nous souvenons consciemment des personnes, des lieux, des heures, des mots, des idées, des histoires, des événements, des mélodies et d'une multitude d'autres choses. En règle générale, nous considérons que nos souvenirs vont de soi et nous ne réfléchissons pas à leur fonctionnement. En se fondant sur ce qu'on leur a dit durant leur éducation, la plupart des gens considèrent également comme un acquis le fait que tout ce dont nous nous souvenons est en quelque sorte stocké à l'intérieur de notre cerveau sous la forme de modèles matériels, les traces mémorielles. Il existe dans notre cerveau des traces pour chaque mélodie que nous connaissons, chaque personne que nous sommes capables de reconnaître, chaque mot de notre vocabulaire, chaque événement que nous nous remémorons, soit une myriade de traces mémorielles pour tout ce que nous sommes en mesure de nous rappeler.

Mais ce n'est qu'une supposition, qu'une hypothèse. Personne n'a jamais vu de trace mémorielle; et les scientifiques qui les ont cherchées n'ont pas réussi à les trouver. À maintes reprises, de façon répétitive, des neuroscientifiques ont cru avoir localisé la mémoire dans tel ou tel lobe du cerveau, avant d'être confondus en découvrant que de nombreux souvenirs survivaient à la destruction de ces prétendues réserves mémorielles.

Dans ce chapitre, j'explore l'éventualité que les souvenirs ne soient pas stockés à l'intérieur de la tête. Ce dont nous nous souvenons n'est pas inscrit dans le cerveau, mais dépend de la résonance morphique. Nous avons des souvenirs, car nous résonnons avec nous-mêmes dans le passé.

Comme c'est le cas pour la mémoire chez les animaux, l'hippocampe est une partie du cerveau qui semble jouer un rôle essentiel dans la formation des souvenirs. Comme pour d'autres animaux, l'hippocampe de l'être humain sert à se souvenir des emplacements dans l'espace et à créer des liens entre les informations spatiales et sensorielles. Une étude s'étant intéressée au cerveau des chauffeurs de taxi londoniens, célèbres pour leur aptitude à se diriger, a montré qu'ils ont un hippocampe plus grand<sup>1</sup>. Et l'hippocampe est l'une des premières aires cérébrales touchées chez les patients atteints par la maladie d'Alzheimer, ainsi que par une incapacité à créer de nouveaux souvenirs à long terme.

J'évoquerai, pour commencer, les champs morphiques du comportement et de l'activité mentale, ainsi que l'influence générale de la résonance morphique sur la mémoire. Je considérerai ensuite l'un des réquisits essentiels à la mémoire consciente : l'attention. En général, nous sommes incapables de nous remémorer un événement si nous n'y avons pas été attentifs, or l'attention émerge sur un fond d'inattention, du fait de l'habitation, qui dépend elle-même de la résonance morphique. Je poursuivrai en me penchant sur l'influence de la résonance morphique sur la reconnaissance et l'évocation, et enfin je me demanderai comment nous en arrivons à oublier certains faits.

### *Les champs comportementaux et mentaux*

Selon l'hypothèse de la causalité formative, les champs morphiques, qui organisent notre comportement, ne sont pas confinés à notre cerveau, ni même à notre organisme. Ils s'étendent au-delà de celui-ci, le reliant au monde environnant dans lequel il évolue. Ils coordonnent sensation et action, jettent un pont entre les régions sensorielles et les régions motrices du cerveau, et agencent une hiérarchie gigogne de champs morphiques, y compris ceux qui organisent l'activité de nerfs



et de cellules nerveuses particuliers – j'évoquerai la notion de conscience étendue dans le chapitre suivant.

Une conception similaire fut développée dans le cadre de la psychologie de la forme (*Gestalttheorie*) dans les années 1920, 1930, qui s'est ensuite développée de diverses manières<sup>2</sup>. Cette école, aujourd'hui démodée dans le monde académique, prend une importance nouvelle à la lumière du concept de champ morphique. Les deux approches impliquent une conception de schèmes d'organisation holistiques, englobant le corps et l'environnement. Les psychologues gestalt qualifient souvent ces champs de «psychosomatiques».

Pour eux, l'environnement comportemental ne doit pas être perçu uniquement en termes d'objets, il importe de prendre en compte les «propriétés dynamiques» des champs psychosomatiques. Kurt Koffka a donné une illustration simple de ce principe: imaginez-vous prenant un bain de soleil dans un pré de montagne, détendu, serein, en harmonie avec le monde. Tout à coup, vous entendez un appel au secours – vos sentiments et votre environnement se modifient aussitôt:

Au départ, votre champ était, de fait, homogène, et vous entreteniez avec lui une relation d'équilibre. Nulle action, nulle tension. Dans un tel état, même la différenciation du moi et de son environnement tend à s'estomper: je fais partie intégrante du paysage et celui-ci fait partie intégrante de moi. Tout change lorsque le cri perçant, poignant, vient troubler la sérénité du silence. Un instant plus tôt, toutes les directions avaient une dynamique égale, maintenant il n'en reste qu'une vers laquelle vous vous sentez attiré. Cette direction est chargée de force, l'environnement semble se contracter, comme si un sillon venait de se former dans une surface plane et vous entraînait vers le fond. Simultanément se produit une nette différenciation entre votre moi et la voix, un haut degré de tension naît dans l'ensemble du champ<sup>3</sup>.

Koffka a fait remarquer que le type de champ homogène est rare; toute action présuppose des champs non homogènes, avec lignes de force. Ces champs organisent le comportement vers des fins, ou objectifs. Les joueurs de football, par exemple, se déplaçant vers la ligne de but adverse, «perçoivent le terrain comme un champ de lignes changeantes dont la direction principale les conduit vers le but [...]». Toutes les performances motrices des joueurs (évoluant sur-le-champ) sont liées à des déplacements visuels». Ces réponses ne sont pas fonction d'une pensée logique; pour un joueur dans un état de tension, «la situation visuelle produit directement les performances motrices<sup>4</sup>».

L'approche gestalt et l'hypothèse de la causalité formative se rejoignent dans la manière d'appréhender les champs, mais divergent du fait que les psychologues gestalt ne parlent pas de résonance morphique. Ils adhèrent à la théorie classique des traces mémorielles. Selon eux, on se remémore les champs grâce aux traces qu'ils laissent dans le cerveau. Comme le dit Koffka: «Le champ du processus présent comprend les traces de processus antérieurs<sup>5</sup>.» En revanche, selon l'hypothèse de la causalité formative, les champs ne doivent pas laisser plus de traces matérielles dans le cerveau que les émetteurs dans un poste de radio. Un champ produit des effets matériels tant que le système est branché sur lui. Mais modifions le réglage et d'autres champs entrent en jeu: le champ original «disparaît». Il reparaît quand le corps en relation avec son environnement réintègre un état similaire à celui dans lequel s'exprimait le champ auparavant; le champ redevient présent par résonance morphique.

Les champs comportementaux organisent nos activités habituelles, le plus souvent sans que nous en soyons conscients. Cependant, une activité mentale consciente – réfléchir à une marche à suivre, par exemple – n'implique pas nécessairement un comportement manifeste. Elle est plus concernée par une activité et un comportement virtuels ou possibles. Les champs qui, selon l'hypothèse de la causalité formative, sont associés à cette activité

mentale différent, donc, des champs comportementaux et il serait préférable de parler de champs mentaux. Nous nous trouvons, une fois de plus, en présence d'une sorte de champ morphique stabilisé par résonance morphique de schèmes d'activité antérieurs similaires. Nous parlerons, dans la discussion qui suit, de champs morphiques. La distinction entre les champs morphogénétiques, comportementaux et mentaux a un sens quand on considère les types d'activités organisées auxquelles ils sont associés, mais cette distinction n'est pas nette et évidente. Il s'agit peut-être plus de régions différentes d'un spectre de champs morphiques se fondant l'un dans l'autre. Ainsi, dans le cas de l'amibe, qui se déplace en changeant de forme, les champs associés pourraient être des intermédiaires entre les champs morphogénétiques et les champs comportementaux. Et dans le cas d'une nouvelle activité humaine, notamment un nouveau jeu vidéo, les champs mentaux à travers lesquels le jeu a été conçu se fondent dans des champs comportementaux au fur et à mesure que se développent le jeu et sa pratique.

Nous examinerons plus en détail les connexions entre champs morphiques et activités cérébrales, au chapitre suivant. Pour l'instant, envisageons l'idée que la résonance morphique sous-tend les divers aspects de notre mémoire.

### *Souvenirs et résonance morphique*

Notre manière de vivre des événements, et leur évocation ultérieure, est influencée par nos intérêts et nos motivations. Nous nous souvenons mieux, en général, de ce qui est important à nos yeux que de ce qui est insignifiant. Rien n'a d'importance ni de sens en soi; tout est fonction du contexte et du sujet. Des systèmes de relation et d'interaction ont reçu divers noms: par exemple, F. C. Bartlett, un des pionniers de l'étude de la mémoire, a parlé de *schemata*<sup>6</sup>; Arthur Koestler de *hiérarchies* perceptuelles et motrices<sup>7</sup>; et G. H. Bower a analysé ce qu'il

nomme des «facteurs organisationnels de mémoire» en termes de groupement, de classification ou de *catégorisation* d'éléments psychologiques sur base de propriétés communes, ainsi que de *relations* intermutuelles diverses de ces classes<sup>8</sup>.

Du point de vue de l'hypothèse de la causalité formative, de tels *schemata*, hiérarchies ou facteurs organisationnels sont des champs morphiques hiérarchisés et reliés les uns aux autres de multiples manières à travers des champs de niveau supérieur.

Notre aptitude à identifier et catégoriser dépend de schèmes de relation. Ainsi reconnaissons-nous un mot qu'il soit prononcé par une voix grave ou aiguë, avec un accent régional ou étranger, par une personne âgée ou un enfant, ou encore qu'il soit manuscrit ou dactylographié. Nous le reconnaissons *via* le *schème* sonore, la manière dont les différents éléments ou phonèmes sont reliés les uns aux autres dans le temps, ou la manière dont les lettres les représentant sont reliées en une séquence spatiale. Nous reconnaissons la forme d'une lettre même dans des caractères ou des écritures fort différentes. Nous identifions une chanson qu'elle soit fredonnée ou interprétée au piano, au violon, à la flûte et malgré d'importantes nuances de qualité sonore; nous distinguons le son de la voix, du piano, du violon, de la flûte par leurs qualités intrinsèques, quel que soit l'air interprété. De même, nous différencions végétaux, animaux et objets – lys, chats et chaises – même si l'«individu» que nous rencontrons diffère, sur le plan des détails, de tous ceux qu'il nous a été donné de rencontrer par le passé.

Selon l'hypothèse qui nous occupe, on peut se représenter ces classes ou catégories liées à des champs morphiques caractéristiques, qui organisent nos expériences perceptuelles, habituellement en association étroite avec le langage qui nous sert non seulement à organiser et à décrire nos expériences, mais encore à communiquer avec autrui. Ces classes ou catégories d'expérience font partie intégrante de notre héritage biologique

et culturel, et sont stabilisées par la résonance morphique de notre expérience passée et de celle d'innombrables individus. Comme tous les champs morphiques, ceux qui sous-tendent nos perceptions, catégories et concepts, ne sont pas définis de manière rigide en termes de positions, de dimensions et de fréquences exactes – ce sont des structures de probabilité. En conséquence, la catégorisation peut intervenir sur base de la *similitude*, indépendamment d'une identité exacte<sup>9</sup>.

Toute expérience particulière implique non seulement de classer ses divers éléments, mais encore d'établir entre eux des relations – lesquelles peuvent être appréhendées en termes de champs. Par leur nature même, les champs morphiques relient les éléments en des tous intégraux et confèrent un sens aux éléments *via* leurs interconnexions en de tels tous de niveau supérieur. Un élément particulier d'une expérience peut, bien sûr, avoir plusieurs significations : il peut être intégré dans divers champs de niveau supérieur. Notre expérience consciente implique la formation de tels schèmes d'interconnexion, et les souvenirs dépendent de la reconstruction de ces schèmes : nos souvenirs conscients ne concernent pas tant ce qui est advenu dans notre corps ou dans le monde extérieur, que les expériences subjectives associées aux événements réels. Ceux-ci sont organisés par des champs, et leur évocation dépend de l'autorésonance.

La mémoire à court terme préserve des éléments d'expériences récentes pendant une période limitée – des sortes d'échos. Ce type de mémoire peut être associé à des schèmes de réverbération d'activité électrique dans le système nerveux, maintenus par autorésonance. Si ces éléments n'étaient pas reliés les uns aux autres par un champ de niveau supérieur, ils manqueraient de cohérence. Leur coexistence temporaire s'estomperait bientôt, et il ne subsisterait pas de schème cohérent à se remémorer. La mémoire à long terme est différente. Elle dépend de l'établissement de champs de niveau supérieur, lesquels peuvent redevenir

présents par résonance morphique. Cet établissement de champs nouveaux dépend de notre attention. L'attention est, en quelque sorte, le revers de l'habitation.

### *Habitation et attention*

Nos souvenirs conscients concernent des événements advenus en des lieux particuliers à des moments particuliers, même si nous ne sommes pas toujours en mesure de «situer» les souvenirs en question dans le temps et dans l'espace. C'est précisément le caractère unique de ces expériences passées qui nous permet de nous les remémorer consciemment. En psychologie universitaire, on parle de souvenirs autobiographiques ou épisodiques. Quant à la mémoire sémantique, c'est une autre forme de mémoire consciente qui s'applique à la compréhension, aux sens et à la connaissance, par exemple le fait de se souvenir que les fraises sont rouges. La mémoire épisodique et la mémoire sémantique sont deux formes de mémoire consciente, également appelées mémoire déclarative ou explicite, parce qu'on peut les affirmer ou en discuter consciemment. À l'inverse, la mémoire implicite ou procédurale s'applique aux compétences et aux habitudes, et son fonctionnement est inconscient.

Notre expérience consciente se déroule dans un cadre d'habitudes répétitives : les nôtres, celles d'autrui, celles du monde en général. Et, comme tous les animaux, nous nous habittons aux schèmes répétitifs ou continus. L'habitation engendre un sentiment de familiarité qui nous amène à considérer comme allant de soi la plupart des aspects de notre personne et de notre environnement. Cela implique un type actif d'inattention. En revanche, ce qui est inhabituel retient notre attention. Sans attention, nous sommes incapables d'établir les schèmes de connexion autorisant les souvenirs.

L'habitation peut être appréhendée en termes d'auto-résonance : plus les schèmes présents sont semblables à ceux

du passé, plus la résonance morphique est spécifique. Moins la différence est grande entre présent et passé, moins nous prêtons *attention* à cette différence, moins nous remarquons cet aspect de notre expérience présente.

En réalité, l'habituation est essentielle à l'activité de nos sens et de notre système de perception. Le fonctionnement même du système sensoriel implique l'habituation : si le schème électrique rythmique produit dans les organes sensoriels et le système nerveux par un stimulus particulier se poursuit, ce schème répété est soumis à l'autorésonance et cesse de retenir l'attention. Nous remarquons les changements et les différences, plutôt que l'immobilisme.

Ainsi, nous savons tous, par expérience personnelle, que nous nous désintéressons des stimuli tactiles continus – le contact de nos fesses sur une chaise, ou de nos vêtements sur notre peau. Ce que nous notons, ce sont les *modifications* de toucher ou de pression : si quelqu'un nous touche de manière imprévue, nous le remarquons aussitôt. Nous percevons les différences de surface ou de texture lorsque nous passons nos doigts sur des objets ; nous remarquons les changements.

Il en va de même pour les autres sens. Nous cessons de prêter attention aux odeurs, sons, goûts et visions familiers. L'habituation se produit sur une vaste étendue d'échelles temporelles – d'une année à l'autre, d'un jour à l'autre, d'une minute à l'autre, et même d'un instant à l'autre. De telles habituations à court terme dans le système visuel, par exemple, favorisent la perception sensorielle de différences lorsque l'œil passe d'un objet à l'autre ; nous remarquons les limites plus que les surfaces continues intermédiaires ; de même, les objets qui bougent dans notre champ de vision retiennent plus notre attention que ceux qui demeurent immobiles.

L'habituation, sur quelque période que ce soit, implique une sorte de mémoire inconsciente du familier, qui constitue l'arrière-plan sur lequel nous prêtons attention aux changements, aux

mouvements et aux différences. Notre mémoire consciente dépend de cette attention, car nous ne pouvons nous souvenir de quelque chose si nous n'y avons pas d'abord prêté attention.

Considérons maintenant les deux aspects principaux de la mémoire, la reconnaissance et l'évocation, ainsi que le rôle joué par chacun dans la résonance morphique.

### *Reconnaissance*

Le sentiment de familiarité qui résulte en une inattention habituelle peut, en d'autres circonstances, être perçu au niveau conscient dans l'acte de reconnaissance. Il faut pour cela être attentif au fait qu'une expérience présente est aussi, en un sens, remémorée : nous *savons* que nous nous sommes déjà trouvés dans ce lieu par le passé, que nous avons déjà rencontré cette personne, ce fait, cette idée. Mais il se peut que nous soyons incapables de nous rappeler où et quand. La reconnaissance et l'évocation sont des types différents de processus de mémoire : la reconnaissance dépend d'une similitude entre l'expérience actuelle et l'expérience passée, elle implique de prêter attention à la familiarité. L'évocation, en revanche, implique une reconstruction active du passé sur base de significations ou connexions remémorées.

La reconnaissance est, normalement, plus aisée que l'évocation. Ainsi, nous sommes parfois incapables de nous remémorer le nom d'une plante de jardin courante que nous reconnaissons pourtant, et dont nous avons le nom «sur le bout de la langue» parfois même, nous nous souvenons de la première lettre du mot. Mais que quelqu'un prononce son nom en notre présence et nous le reconnaissons aussitôt.

De nombreuses expériences psychologiques ont démontré que le processus de reconnaissance est plus efficace que celui d'évocation. Au cours d'une expérience, les sujets étaient invités à mémoriser cent mots, qui leur étaient présentés cinq fois. Ils en



mémorisaient, en moyenne, trente-huit. Mais si on leur demandait de reconnaître les cent mots dans une liste de deux cents, le score passait à quatre-vingt-seize<sup>10</sup>. On a enregistré des différences encore plus notoires lors d'expériences visuelles. Ainsi, les sujets furent-ils invités à regarder et à mémoriser une forme dépourvue de sens. On leur demandait ensuite de la reproduire. La précision des dessins déclinait en l'espace de quelques minutes à peine. En revanche, après quelques semaines, leur aptitude à reconnaître la forme en question parmi un échantillon varié était presque intacte<sup>11</sup>. La plupart d'entre nous ont, en réalité, une capacité de reconnaissance visuelle remarquable, qui nous paraît aller de soi. Par exemple, on projeta à des sujets 2 659 diapositives représentant des dessins divers, pendant dix secondes chacune, puis on leur présenta les diapositives par paires en leur demandant d'identifier à chaque fois la diapositive déjà vue. Le score obtenu était de 90 % de bonnes réponses – même après plusieurs jours. Les sujets reconnaissaient les dessins de manière presque aussi précise si les diapositives étaient projetées, inversées, pendant une seconde chacune<sup>12</sup>.

Selon l'hypothèse qui nous occupe, la reconnaissance, comme l'habitation, dépend de la résonance morphique de schèmes d'activité similaires antérieurs dans les organes sensoriels et le système nerveux : ces schèmes sont similaires pour la simple raison que les stimuli sensoriels les ayant engendrés sont similaires, sinon identiques, aux originaux. Il y a reconnaissance et habitation parce que maints traits du corps et de l'environnement demeurent plus ou moins semblables ; les objets demeurent, et les schèmes d'activité se répètent. Plus la similarité est grande, plus le champ morphique sera puissant.

## Évocation

La reconnaissance implique essentiellement l'aspect *sensoriel* de la mémoire, et dépend des organes et de la partie sensoriels du système nerveux. L'évocation implique essentiellement des processus de reconstruction active, en d'autres termes, l'aspect *moteur* de la mémoire, et dépend des organes et de la partie moteurs du système nerveux. Voilà qui est clair dans le cas de souvenirs d'aptitudes physiques – faire du vélo ou jouer du piano, ou quand il s'agit de parler ou d'écrire une langue. Tous ces types d'évocation impliquent des schèmes d'activité habituels, organisés de manière plus ou moins inconsciente. Selon l'hypothèse de la causalité formative, ces schèmes sont organisés par des chréodes, stabilisées par résonance morphique de schèmes d'activité passés similaires.

L'évocation consciente, même si elle ne se traduit pas par une activité physique objectivement observable, est aussi un processus actif. Nous nous rappelons une expérience passée et une connaissance factuelle lorsque nous réfléchissons – par exemple lorsque nous essayons de résoudre un problème pratique. Ces souvenirs contribuent souvent à former un nouveau schème d'organisation susceptible de résoudre le problème. L'évocation intervient aussi lors de rêves ou de rêveries : ici aussi elle s'intègre à un processus actif, constructeur, et nous sommes parfois surpris de voir se mêler des éléments de notre expérience passée. Nous nous remémorons des scènes au cours de conversations avec autrui, ou en réponse à des circonstances et sensations particulières – c'est surtout évident dans le cas d'odeurs. L'évocation fait partie intégrante de notre «vie intérieure» : de notre «courant de conscience» ou de nos «dialogues intérieurs». Nous «passons en revue» des faits dans notre esprit.

Une évocation mentale d'éléments d'activités passées peut se produire chez des animaux qui semblent penser : songeons aux

chimpanzés qui, après avoir manipulé des boîtes et des bâtons, trouvèrent le moyen de les utiliser pour atteindre un régime de bananes suspendu au-dessus du sol. Une telle activité mentale se produit, en principe, dans une sorte d'«espace mental» et implique une combinaison de souvenirs kinesthésiques, spatiaux et visuels.

L'évocation qui dépend du langage est caractéristique des humains. Nous pouvons communiquer nos expériences à autrui dans la mesure où nous sommes capables de les verbaliser. L'évocation verbale est active: elle dépend de la parole ou de l'écriture, ainsi que de notre aptitude à traduire nos expériences en mots. Même lorsque nous réfléchissons, nous parlons d'une manière virtuelle, non réelle. Les gens qui «se parlent à eux-mêmes» ou «pensent à voix haute» verbalisent leurs pensées, ceux qui «pensent sur papier» les formulent par écrit. Notre mémoire auditive non verbale est également active: ainsi sommes-nous capables de nous remémorer une chanson en la fredonnant à mi-voix ou même en silence.

L'aptitude à évoquer une expérience particulière dépend de la manière dont nous avons rattaché divers aspects de notre attention au moment et au lieu de l'expérience originale, et de la manière dont ceux-ci ont été rattachés à d'autres expériences *via* les champs morphiques. Nous pourrions utiliser le langage pour nous aider à reconstruire ces schèmes passés, dans la mesure où nous l'avons utilisé pour classifier et relier les éléments de l'expérience. Mais nous ne pouvons évoquer des connexions n'ayant jamais été effectuées.

Notre mémoire à court terme de mots et phrases nous permet de nous les remémorer assez longtemps pour saisir les relations existant entre eux et comprendre leur signification. Nous nous souvenons plus souvent du sens d'une phrase – de ses schèmes de connexion – que des mots réels. Il est assez simple de résumer le sens d'une conversation récente, mais nous serions pour la plupart incapables de la reproduire mot à mot. Il en va de même

du langage écrit : vous vous souvenez, sans doute, de détails et d'idées évoqués dans les chapitres précédents, mais il vous serait sûrement impossible de citer une seule phrase mot à mot.

Notre mémoire à court terme nous permet, de manière générale, de relier des éléments classifiés de notre expérience récente les uns avec les autres, ou encore avec une expérience passée que nous évoquons consciemment. Nous oublions les éléments non reliés. Ces connexions dépendent, selon l'hypothèse qui nous occupe, de champs morphiques. Ce processus de connexion implique, dans le cas du langage, la catégorisation verbale de l'expérience et la formation de connexions *via* un discours virtuel ou réel. Les structures du langage fournissent le cadre fondamental de ces connexions, et sont associées aux hiérarchies gigognes de chréodes.

Dans le cadre de l'évocation spatiale – lorsque nous nous remémorons, par exemple, la disposition d'une maison –, les champs morphiques reliant objets et lieux sont rattachés à des schèmes de mouvement corporel : franchir une porte, traverser un couloir, grimper un escalier, pénétrer dans une pièce, etc. Ces schèmes de mouvement sont organisés par des chréodes dans des champs morphiques – ceux-là mêmes dont nous nous souvenons par résonance morphique. Ces champs morphiques sont associés à des mouvements corporels liés à l'environnement et intègrent schèmes de mouvement et caractéristiques significatives de l'environnement perçues par les sens. Les champs sont de nature spatio-temporelle – spatiale : ils s'étendent dans le (et autour du) corps et englobent l'espace environnemental ; temporelle : ils sont associés à des schèmes d'activité se déroulant dans le temps.

Les systèmes mnémotechniques ont, depuis longtemps, intégré les avantages pratiques des principes de mémorisation et d'évocation. Ils fournissent des techniques visant à établir des connexions facilitant l'évocation de faits. Certains dépendent de connexions verbales et impliquent de coder l'information en rimes, phrases

ou formules – songeons au fameux «mais où est donc ornicar» de notre enfance. D'autres sont spatiaux et se fondent sur l'imagerie visuelle.

Les principes fondamentaux des systèmes mnémotechniques sont connus depuis l'époque classique et enseignés aux étudiants de rhétorique. À la Renaissance, il y eut un regain d'intérêt pour l'«Art de la mémoire» et on élaborait plusieurs systèmes complexes basés sur la méthode des loci<sup>13</sup>. Les systèmes mnémotechniques modernes tels ceux préconisés par les magazines populaires sont les héritiers de cette tradition longue et riche<sup>14</sup>.

Plusieurs individus dotés d'une mémoire exceptionnelle ont fait l'objet d'études visant à déterminer l'origine de leur don. Le neuropsychologue soviétique Alexandre Louriia décrit une telle étude dans sa monographie classique, *The Mind of a Mnemonist*. S. travaillait comme reporter pour un journal russe. Son éditeur, étonné par son aptitude remarquable à écrire des rapports détaillés sans l'aide de notes, l'envoya passer des tests chez Louriia. Celui-ci présenta à S. des séquences toujours plus longues de mots et de nombres – d'abord trente, puis cinquante puis soixante-dix – et constata que S. pouvait se les remémorer dans n'importe quel ordre, avec une facilité déconcertante, même plusieurs années après l'expérience originale. S. mémorisait aussi des poèmes écrits dans une langue étrangère qu'il ne comprenait pas, ainsi que des formules mathématiques complexes. Il utilisait, en réalité, une version personnelle de la méthode des loci.

Quand S. lisait une longue série de mots, chacun évoquait en lui une image graphique. Les séries étant relativement longues, il cherchait un moyen d'organiser ses images personnelles en une séquence mentale. Le plus souvent [...] il les «distribuait» le long d'une route ou d'une rue qu'il visualisait en esprit [...]. Cette technique, consistant à convertir une série de mots en une série d'images graphiques, explique l'aptitude de S. à reproduire une série dans un sens ou dans l'autre,

ou à citer sans effort le mot qui précédait ou suivait celui que j'avais sélectionné dans la série. Pour ce faire, il commençait sa promenade, soit du début soit de la fin de la rue, trouvait l'image de l'objet cité et «regardait» ce qui l'entourait<sup>15</sup>.

Tous les individus ayant recours aux moyens mnémotechniques n'utilisent pas l'imagerie visuelle ; certains se fondent sur des associations verbales et numériques<sup>16</sup>. Aucun, cependant, ne pratique la mémoire passive impliquée dans la notion populaire de «mémoire photographique» ; la mémorisation et l'évocation sont des processus mentaux actifs. On se rappelle les constructions mentales reliant les faits mémorisés, non les faits isolés.

### *Cerveau et souvenirs*

Des décennies de recherche sur le cerveau ont montré que la mise en place de souvenirs déclaratifs, conscients, autobiographiques, dépend de l'activité de l'hippocampe, une zone qui se trouve dans le lobe temporal du cerveau et qui existe chez tous les mammifères, ainsi que chez les reptiles. L'hippocampe fait partie du système limbique, qui est un ensemble de structures bordant le cortex cérébral et jouant une multitude de rôles associés aux émotions, aux réactions de lutte ou de fuite, au plaisir sexuel et à l'odorat. Une lésion de l'hippocampe provoque d'une part la perte de la capacité à former de nouveaux souvenirs et d'autre part une désorientation. L'hippocampe est l'une des premières aires cérébrales à subir des dégâts quand apparaît la maladie d'Alzheimer.

Dans l'hippocampe se trouve un système de codage spatial, grâce auquel la position de l'animal et ses mouvements laissent des modèles d'activité électrique caractéristiques. L'hippocampe est aussi associé à tous les systèmes sensoriels par l'intermédiaire de connexions nerveuses avec les aires cérébrales concernées. Les influences en provenance de la vue, de l'odorat, de l'ouïe et

du toucher convergent toutes ici, ainsi que les canaux nerveux associés à la capacité à se diriger dans l'espace, formant ainsi des modèles d'activité électrique qui jouent un rôle essentiel dans la formation des souvenirs épisodiques<sup>17</sup>. Selon l'hypothèse qui nous concerne, ces modèles ondulatoires d'activité électrique sont reliés à des champs morphiques et entrent en résonance morphique avec des modèles antérieurs similaires.

La mémoire de reconnaissance diffère de la mémoire des lieux, des événements ou des souvenirs et dépend de l'activité de différentes aires cérébrales, en particulier d'une zone appelée «cortex périrhinal», dans le lobe temporal. Chez les singes et les rats, l'ablation de cette aire cérébrale nuit à leur capacité à reconnaître des objets individuellement, ainsi qu'à leur aptitude à se souvenir d'odeurs et de stimuli tactiles, tandis que l'ablation de l'hippocampe a relativement moins d'effet<sup>18</sup>. De plus, quand on montre répétitivement aux animaux un stimulus visuel, l'activité nerveuse dans le cortex périrhinal décline. Cet affaiblissement de la réaction semble en rapport avec l'aptitude des animaux à reconnaître qu'un stimulus est familier<sup>19</sup>.

Cependant, pour qu'un animal ou une personne puisse non seulement reconnaître un stimulus particulier, mais aussi être conscient du déroulement préalable d'une circonstance en un lieu spécifique ou d'une multitude de stimuli, l'hippocampe est également nécessaire, ce qui est cohérent avec son rôle dans la mise en lien des influences en provenance des différents systèmes sensoriels avec des informations spatiales au sujet de l'endroit où se produisent les stimuli dans l'environnement<sup>20</sup>.

Les recherches sur le cerveau ont remarquablement réussi à révéler le genre d'activités qui se produit dans diverses aires cérébrales telles que le cortex périrhinal et l'hippocampe quand les souvenirs se forment. Elles ont également révélé que différentes parties du cerveau s'activent lors de la remémoration des souvenirs. De plus, des études en neuro-imagerie ont révélé

une activité dans l'hippocampe quand des personnes font l'effort de se souvenir de mots, d'images, d'objets ou de visages, ainsi que quand ils font remonter ce genre de souvenirs<sup>21</sup>.

Mais bien que la formation des souvenirs et leur récupération se traduisent par des modèles d'activité cérébrale caractéristiques, ce qui se passe entre-temps est tout à fait obscur. On suppose tout simplement que les souvenirs passent en quelque sorte dans un autre endroit du cerveau où ils sont stockés, comme nous en avons discuté au chapitre 9. C'est exactement à ce genre de «disparition» des souvenirs entre leur formation et leur récupération que l'on s'attendrait du point de vue de la résonance morphique. Les modèles rythmés d'activité électrique dans le système nerveux sont associés aux champs morphiques. Quand des modèles similaires se reproduisent, la résonance morphique entraîne une reconnaissance et fait naître le sentiment que quelque chose nous est familier. À l'inverse, la remémoration dépend de la remise en place d'un modèle d'activité et là encore, c'est le produit de la résonance morphique. La différence est que pour la reconnaissance, le modèle résulte d'une stimulation sensorielle et est reconnu, parce qu'il résonne avec un modèle antérieur similaire, tandis que pour la remémoration, c'est la résonance morphique elle-même qui crée le modèle d'activité.

Le fait que la mémoire à long terme ne soit pas «stockée» dans l'hippocampe est très clairement démontré par une remarquable expérience menée dans le laboratoire de John Gray, à Londres, sur de malheureux ouistitis. D'abord, on les a entraînés à faire la distinction entre des paires d'objets, en fonction de l'emplacement des objets à droite ou à gauche. Puis leur hippocampe était délibérément endommagé lors d'une opération chirurgicale, à la suite de quoi les animaux n'étaient plus capables de réaliser les tâches qu'ils avaient apprises, ni ne pouvaient apprendre de nouvelles tâches de discernement. Puis Gray et ses collègues ont greffé



dans l'hippocampe endommagé des cellules souches neurales, qui se sont développées et ont repeuplé la zone endommagée.

Quelques mois plus tard, on a à nouveau soumis les ouistitis à des tests et immédiatement, ils ont fait preuve d'une bonne remémoration des tâches de discernement qu'ils avaient apprises au début de l'expérience, avant que l'hippocampe soit délibérément endommagé. On peut donc conclure de ces résultats que même lors de la période d'amnésie, les souvenirs oubliés sont restés intacts, mais inaccessibles, et que la régénération de l'hippocampe a permis à nouveau d'y accéder<sup>22</sup>.

Ces résultats sont en concordance avec une interprétation liée à la résonance morphique, mais ne fournissent aucun élément permettant d'attester du stockage des souvenirs sous forme de «traces» ailleurs dans le cerveau.

### *La théorie des traces mémorielles*

L'idée conventionnelle selon laquelle la mémoire pourrait s'expliquer par des traces physiques présentes dans le système nerveux est une hypothèse, à défaut d'un fait empirique. Elle a d'ailleurs fait l'objet d'une remise en question par un certain nombre de philosophes, dont Plotin<sup>23</sup>, au III<sup>e</sup> siècle apr. J.-C. La critique la plus stimulante demeure celle du philosophe français Henri Bergson dans son livre *Matière et mémoire*<sup>24</sup>. Mais plus récemment ont été avancés un certain nombre d'arguments qui soulèvent des problèmes fondamentaux d'ordre *logique* en lien avec la théorie des traces mémorielles<sup>25</sup>.

L'un de ces problèmes est lié à la récupération des souvenirs en provenance des hypothétiques réserves mémorielles dans lesquelles les souvenirs sont censés être présents sous forme codée. Quand ces souvenirs doivent être consultés ou réactivés, un système de récupération les fait remonter. Mais pour que ce système soit capable d'identifier les souvenirs stockés qu'il

recherche, il doit être capable de les reconnaître. Et pour y parvenir, il doit *lui-même* être doté d'une forme de mémoire. On obtient donc une régression doublée d'un cercle vicieux : si le système de récupération est effectivement lui-même doté d'une réserve de souvenirs, alors là encore, il faut un système de récupération doté d'une mémoire, et ainsi de suite<sup>26</sup>.

En dépit de ce genre d'argument, de l'absence de preuve empirique de l'existence de traces mémorielles et des difficultés auxquelles font face les modèles mécanistes du stockage mémoriel dans le cadre d'un système nerveux dynamique, la notion de traces demeure remarquablement persistante. Une des raisons expliquant sa durabilité est l'absence apparente d'alternative ; une autre est qu'elle semble étayée par deux éléments bien connus : des lésions cérébrales peuvent provoquer une perte de mémoire et une stimulation électrique de certaines aires cérébrales peut faire remonter des souvenirs. Explorons maintenant cela en détail.

### *Lésions cérébrales et perte de la mémoire*

Des lésions cérébrales peuvent provoquer une perte de mémoire sous deux formes distinctes, connues sous le nom d'amnésie rétrograde et amnésie antérograde. L'amnésie rétrograde est une disparition de la capacité à se souvenir de ce qui s'est passé *avant* que le cerveau soit endommagé. En revanche, en cas d'amnésie antérograde, on perd l'aptitude à se souvenir de ce qui se passe *après* que le cerveau a été endommagé. Du point de vue conventionnel, l'amnésie rétrograde peut être liée soit à la destruction des traces mémorielles, soit à la disparition de l'aptitude à récupérer les souvenirs dans la réserve mémorielle (soit à une combinaison des deux). À l'inverse, du point de vue de l'hypothèse de la causalité formative, le potentiel qu'ont les modèles d'activité passés à influencer le présent par la résonance morphique ne peut être détruit ; en réalité, les lésions

cérébrales affectent l'aptitude du cerveau à entrer en contact avec ses modèles d'activité passés.

L'amnésie antérograde, du point de vue conventionnel, résulte de la disparition de l'aptitude à former de nouvelles traces mémorielles, tandis que du point de vue de la causalité formative, il s'agit de la disparition de la faculté d'établir de nouveaux champs morphiques.

Comme nous allons maintenant le voir, les faits connus peuvent être interprétés d'après les deux points de vue. Le but de cette discussion est de montrer que les effets de lésions cérébrales sur la perte de mémoire n'apportent aucun élément convaincant en faveur de la théorie des traces, contrairement à ce que l'on suppose généralement. L'hypothèse de la causalité formative concorde aussi bien avec les faits, voire mieux.

L'exemple le plus connu d'amnésie rétrograde est la perte de mémoire des événements qui ont précédé une commotion cérébrale. Lors d'une commotion cérébrale qui fait suite à un coup soudain reçu sur la tête, une personne perd connaissance et devient paralysée. Cette perte de connaissance peut durer seulement quelques instants ou au contraire plusieurs jours, en fonction de la gravité de l'impact. Quand la personne se remet et retrouve la capacité à parler, elle peut sembler normale à de nombreux égards, tout en étant incapable de se souvenir des événements qui ont immédiatement précédé l'accident ou qui se sont produits bien avant. Au fil de la guérison, il est typique que les premiers événements oubliés revenant à la mémoire soient les plus éloignés, tandis que la mémoire des événements plus récents revient progressivement.

Dans ce genre de cas, le traumatisme affecte manifestement l'aptitude à se souvenir des expériences passées, mais l'amnésie ne peut nullement être provoquée par la destruction de traces mémorielles, car les souvenirs perdus reviennent. Du point de vue conventionnel, cela dépend du rétablissement de l'aptitude

à récupérer ces souvenirs dans les réserves mémorielles, tandis que du point de vue de la causalité formative, cela dépend du rétablissement de l'aptitude à se brancher dessus grâce à la résonance morphique.

Cependant, les événements qui précèdent immédiatement le coup reçu sur la tête pourront ne jamais être remémorés : il est possible que l'amnésie soit permanente. Par exemple, un automobiliste pourra uniquement se souvenir qu'il s'est approché du carrefour où a eu lieu l'accident. Une «amnésie rétrograde momentanée» similaire se produit également à la suite d'une électroconvulsivothérapie, qui consiste à envoyer une décharge électrique dans la tête de patients atteints de maladies mentales. En règle générale, ce genre de patients ne peuvent se souvenir de ce qui s'est passé immédiatement avant les électrochocs<sup>27</sup>.

Une explication possible pourrait être celle du refoulement d'événements étroitement liés à une expérience désagréable. Pourtant, d'autres formes de blessure à la tête ne provoquant pas de perte de connaissance, par exemple certaines blessures par balle ou par écrasement, n'engendrent généralement pas l'oubli des événements ayant précédé la blessure. L'explication généralement acceptée pour ce genre d'amnésies est qu'elles représentent une incapacité à établir des souvenirs à long terme. Les événements et informations dans la mémoire à court terme sont oubliés, parce qu'une perte de connaissance empêche leur association sous forme de modèles pouvant être mémorisés.

L'incapacité à établir ce genre d'associations, et donc à transformer les souvenirs à court terme en souvenirs à long terme, persiste souvent pendant un temps après qu'un patient atteint d'une commotion cérébrale a repris connaissance ; cette amnésie antérograde est par ailleurs parfois décrite sous forme de «défaut de mémorisation». Les personnes concernées oublient les événements presque aussitôt. Par exemple, elles pourront oublier le repas qu'elles viennent de manger ou les informations qu'elles viennent d'entendre.

Différents problèmes de mémoire sont le résultat d'un endommagement du cortex central provoqué par un AVC, une blessure accidentelle ou une opération chirurgicale. Certains, tels que de graves lésions des lobes frontaux, ont des effets généraux sur la capacité à se concentrer et affectent par conséquent la formation de nouveaux souvenirs<sup>28</sup>. D'autres ont des effets très spécifiques sur l'aptitude à la reconnaissance et à la remémoration. Par exemple, la capacité à reconnaître les visages peut disparaître à la suite d'une lésion au niveau du cortex visuel secondaire dans l'hémisphère droit. Une personne souffrant de ce problème pourra même ne pas parvenir à reconnaître les visages de sa femme et de ses enfants, bien qu'elle se souvienne de leurs voix et d'autres éléments. Cette incapacité à reconnaître les visages est appelée prosopagnosie (du grec *prosopon*, visage, et *agnosis*, ne pas savoir) et est l'une des nombreuses formes de perte de la capacité à reconnaître la teneur des stimuli sensoriels. Les neurologues ont décrit diverses agnosies en lien aux couleurs, aux sons, aux objets animés, à la musique, aux mots et ainsi de suite. On parle parfois de cécité mentale ou de surdité verbale.

Certains neurologues considèrent que le meilleur moyen d'expliquer les agnosies en général consiste à dire qu'il s'agit de défauts dans le niveau supérieur du système hiérarchique grâce auquel des caractéristiques détectées par les organes sensoriels sont associées à des modèles, reconnus et nommés. D'autres expliquent que certaines agnosies sont liées à des ruptures entre différentes aires cérébrales intactes telles que les zones du cortex associées au langage et à la vue, ce qui empêche de nommer les objets et ce qui explique l'incapacité apparente à les reconnaître. Il est significatif qu'aucune de ces interprétations des agnosies ne les attribue à la destruction des traces mémorielles.

Il en va de même pour d'autres formes de troubles, par exemple les aphasies (troubles de l'utilisation du langage), des lésions dans différentes parties du cortex dans l'hémisphère gauche et les apraxies, c'est-à-dire la perte de l'aptitude précédemment

acquise à manipuler des objets de manière coordonnée. Elles sont généralement attribuées à des perturbations des modèles organisés d'activité dans le cerveau plutôt qu'à une perte de traces mémorielles<sup>29</sup>.

D'après notre hypothèse, ces capacités sont perdues, car les lésions cérébrales affectent des parties du cerveau auxquelles les champs morphiques sont normalement associés. Si un modèle approprié d'activité cérébrale n'est plus présent, les champs ne peuvent être captés ou ne peuvent présenter leurs effets organisateurs.

Cette interprétation permet de beaucoup mieux comprendre le fait que souvent, des aptitudes perdues reviennent ; il est fréquent que les patients se remettent partiellement ou totalement de lésions cérébrales, alors même que les aires cérébrales endommagées ne se régénèrent pas. Les modèles appropriés d'activité se mettent en fonctionnement ailleurs dans le cerveau. C'est presque impossible à comprendre si les programmes sont intégrés au système nerveux ; mais les champs peuvent déplacer leurs zones d'activité et se réorganiser, contrairement aux structures matérielles figées. Ce genre de rétablissement fait penser aux facultés de régénération des plantes et des animaux et pose le même genre de problème pour l'explication mécaniste.

En général, après une blessure traumatique à la tête, les souvenirs et les compétences reviennent rapidement pendant les six premiers mois, le rétablissement ralentissant ensuite jusqu'à vingt-quatre mois. Des défauts au niveau des fonctions sensorielles, motrices et cognitives et provoqués par des lésions cérébrales dues à des blessures profondes sont caractérisés dans la grande majorité des cas par une résilience considérable des fonctions, avec au bout du compte peu, voire pas, de défaillance détectable<sup>30</sup>.

Après avoir passé des années à étudier le rétablissement des anciens combattants blessés pendant la Seconde Guerre mondiale, ainsi que pendant les guerres de Corée et du Vietnam,

Hans Teuber, un des éminents chercheurs sur les effets à long terme des lésions cérébrales, a conclu que «cette restitution considérable des fonctions demeure, à mon avis, inexpiquée<sup>31</sup>».

Nous sommes loin de comprendre comment le cerveau est organisé, comment la mémoire fonctionne, comment les lésions cérébrales provoquent l'amnésie ou comment des personnes peuvent se remettre de lésions cérébrales. Les interprétations mécanistes de ces phénomènes restent vagues et spéculatives, malgré des décennies de recherches intensives. L'hypothèse de la causalité formative propose une nouvelle approche de ces problèmes, qui pourrait s'avérer plus fructueuse. Mais pour l'instant, la question reste ouverte.

Les éléments concernant la remontée de souvenirs à la suite d'une stimulation électrique du cerveau sont tout aussi ambigus que les informations au sujet de la perte de mémoire résultant de lésions cérébrales.

### *La remontée de souvenirs par stimulation électrique*

Dans le cadre du traitement reçu par des patients conscients atteints de divers troubles neurologiques, Wilder Penfield et ses collègues ont testé les effets d'une stimulation électrique légère sur différentes aires cérébrales. Quand l'électrode touchait certaines parties du cortex moteur, le membre qui y était normalement associé se mettait en mouvement. Une stimulation du cortex auditif ou visuel primaire se traduisait par des hallucinations auditives ou visuelles : bourdonnements, éclairs lumineux, etc. Quant à la stimulation du cortex visuel secondaire, elle donnait lieu à des hallucinations visuelles complexes et reconnaissables : les patients voyaient des fleurs, des animaux, des personnes familières, etc. Et chez les épileptiques, lorsque certaines parties du cortex temporal étaient touchées, certains patients se rappelaient apparemment des séquences mémorielles spécifiques, par exemple un concert

en soirée ou une conversation téléphonique. Souvent, ces patients faisaient allusion à l'aspect onirique de ces expériences<sup>32</sup>.

Cette remémoration par stimulation électrique pourrait signifier que les souvenirs étaient stockés dans le tissu stimulé, comme le supposait Penfield initialement ; ou alors, cela pourrait signifier qu'une stimulation de cette zone activait d'autres parties du cerveau qui jouaient un rôle dans la remémoration de la situation en question<sup>33</sup>. Mais cela pourrait également signifier que la stimulation provoquait un schéma d'activités qui s'est relié à la mémoire par résonance morphique.

Il est significatif que Penfield lui-même, après mûre réflexion sur ses découvertes et d'autres, ait abandonné son interprétation première :

En 1951, j'avais avancé que certaines parties du cortex temporal devraient être appelées «cortex mémoriel» et j'ai suggéré que les archives neuronales se situaient dans le cortex, à proximité de points sur lesquels l'électrode de stimulation pouvait susciter une réaction expérientielle. Mais c'était une erreur. [...] Ces archives *ne se trouvent pas dans le cortex*<sup>34</sup>.

Penfield, tout comme Lashley et Pribram, ont abandonné l'idée selon laquelle des traces mémorielles seraient localisées dans le cortex, à la faveur d'une autre théorie : elles seraient, à la place ou en plus, distribuées dans d'autres aires cérébrales. L'avantage de cette hypothèse est qu'elle explique pourquoi les multiples tentatives pour trouver ces traces ont échoué ; l'inconvénient est que dans la pratique, elle est invérifiable.

À la lumière de la causalité formative, l'insaisissabilité des traces mémorielles a une explication très simple : elles n'existent pas. En réalité, la mémoire dépend de la résonance morphique en provenance des schémas d'activité du cerveau dans le passé. Nous entrons en contact avec nous-mêmes dans le passé ; nous n'emportons pas nos souvenirs dans notre cerveau.



## *Oubli*

Si la résonance morphique sous-tend les phénomènes de la mémoire, et si ses effets ne s'estompent pas avec le temps, comment expliquer l'oubli ?

À première vue, la théorie des traces mémorielles fournit une explication simple et directe de l'oubli – il y a dégradation des traces – alors que l'hypothèse de la causalité formative paraît incapable d'expliquer la perte de souvenirs. Cette impression est erronée. Même les théoriciens orthodoxes de la mémoire ne considèrent pas que l'oubli s'explique en termes de dégradation de traces mémorielles hypothétiques. Si tel était le cas, les personnes âgées devraient mieux se souvenir d'événements récents que d'autres plus anciens. Or, on observe souvent le contraire : elles oublient les événements récents et se remémorent aisément des incidents de leur enfance ou de leur jeunesse. En outre, nous avons tous eu l'occasion de constater que des événements oubliés pendant plusieurs années nous reviennent parfois en mémoire de manière soudaine ; il serait donc difficile, sinon impossible, de prouver que quoi que ce soit se perd de manière permanente.

Les théoriciens de la mémoire reconnaissent divers types d'oubli, qu'ils interprètent, souvent, en termes d'hypothétiques «mécanismes de restitution» et de traces mémorielles dans le système nerveux, mais ces oublis s'accommodent aussi bien des interprétations se fondant sur la résonance morphique.

Premièrement, la majorité de ce que nous voyons, entendons et connaissons, de quelque façon que ce soit, s'oublie plus ou moins rapidement en sortant de notre mémoire à court terme. Nous ne prêtons pas une attention particulière aux éléments disparates et n'établissons pas des connexions ou associations nouvelles entre eux ; en conséquence, il est impossible de se remémorer des connexions ou associations caractéristiques. Cela s'explique par le fait que n'ont pas été établis : des traces mémorielles appropriées,

selon la théorie mécaniste; des champs morphiques appropriés, selon la causalité formative.

Deuxièmement, l'oubli dépend du contexte; nous pouvons nous remémorer un fait dans certaines circonstances et l'oublier dans d'autres. Nous nous rappelons plus aisément de noms propres ou de mots étrangers dans leurs contextes familiers que dans des contextes inhabituels. La dépendance contextuelle de l'évocation ne s'explique pas en termes de dégradation des souvenirs, mais confirme que celle-ci implique des schèmes d'interconnexions<sup>35</sup>.

Troisièmement, le refoulement, phénomène découvert par Sigmund Freud, concerne l'incapacité de se remémorer certains événements, surtout les plus douloureux, qui n'en continuent pas moins à exercer une influence inconsciente majeure sur notre comportement. Leur signification perturbante rend toute évocation consciente difficile, voire impossible. Ce type d'oubli dépend de schèmes d'interconnexion entravant, d'une certaine manière, l'évocation consciente des événements en question et nul ne l'impute à la dégradation d'hypothétiques traces mémorielles.

Quatrièmement, diverses pertes de mémoire sont consécutives à des lésions cérébrales, et des chocs engendrent souvent des amnésies affectant l'environnement temporel immédiat de l'incident. Ce type d'amnésie est réversible dans la plupart des cas, et la victime retrouvera ses souvenirs perdus. Je reviendrai plus en détail sur les effets des lésions cérébrales au chapitre suivant; précisons pour l'instant que des pertes de mémoire consécutives à des lésions cérébrales ne prouvent pas que les souvenirs perdus étaient encodés dans les tissus endommagés. La théorie mécaniste dirait que ce tissu était associé à l'évocation plutôt qu'au stockage de souvenirs; l'hypothèse qui nous occupe, que le tissu était associé au branchement par résonance morphique sur les états passés de l'individu. Cette interprétation a été évoquée par rapport à la mémoire animale, au chapitre 9.

Enfin, l'oubli semble souvent imputable à l'interférence de schèmes d'expérience et d'activité similaires ultérieurs. Notre expérience est cumulative, et des expériences similaires tendent à se confondre de telle manière que nous sommes incapables de nous les remémorer séparément. Ce type de répétition renforce les habitudes, mais nuit à toute évocation consciente. Ainsi, ne pouvons-nous nous remémorer toutes les fois où nous avons conduit une voiture, bien que chacune de ces expériences conditionne notre habileté au volant. Nous savons aussi, par expérience personnelle, que si nous ne visitons un lieu intéressant, ou ne rencontrons une personne importante qu'une fois, nous nous remémorerons nos impressions en détail. Mais si nous visitons un lieu, ou rencontrons une personne, à de multiples reprises, il nous sera difficile de nous souvenir de la première expérience; les détails tendent à devenir vagues, à se fondre dans une sorte de mémoire cumulative. L'importance des systèmes mnémotechniques, élaborant des images frappantes ou rares, se comprend mieux.

La manière dont des expériences ultérieures réduisent notre aptitude à nous rappeler d'expériences similaires antérieures est dite interférence rétroactive dans la littérature psychologique, et a souvent été démontrée empiriquement<sup>36</sup>. Dans ce contexte, il est tout à faire sensé d'axer les systèmes mnémotechniques sur des images frappantes et inattendues.

La «confusion» qui sous-tend le type d'oubli que nous venons d'évoquer se prête bien à une interprétation en termes de résonance morphique, celle-ci mêlant les influences de schèmes d'activité antérieurs similaires. Dans ce processus, les différences individuelles entre les schèmes d'activité antérieurs similaires ne sont pas à proprement parler perdues – elles contribuent aux structures de probabilité générales des champs morphiques – mais il n'est plus possible de se les remémorer séparément. Elles sont en réalité «confondues» au sens étymologique du terme – en latin *confundere* signifie «mêler».

## *La résonance avec autrui*

D'après l'hypothèse de la causalité formative, la raison pour laquelle nous avons nos propres souvenirs est que nous sommes davantage similaires à nous-mêmes dans le passé qu'à quiconque ; nous sommes sujets à une autorésonance très spécifique provenant de nos états passés. Mais nous sommes également similaires aux membres de notre famille, à ceux des groupes sociaux auxquels nous appartenons, aux personnes qui partagent notre langue et notre culture et, dans une certaine mesure, à tous les autres êtres humains du passé et du présent.

Si nous sommes influencés par la résonance morphique associée à des individus auxquels nous sommes d'une manière ou d'une autre reliés, il est alors concevable que nous puissions capter des images, des pensées, des impressions ou des sentiments en provenance d'eux, soit pendant l'état de veille, soit lors des rêves, en transcendant les moyens de communication reconnus par la science contemporaine. Ce genre de lien de résonance serait possible même si les personnes en question étaient distantes de milliers de kilomètres. A-t-on des éléments qui suggèrent qu'un tel processus existe vraiment ? Peut-être que oui : car ce genre de processus pourrait être similaire, voire identique, au mystérieux phénomène de la télépathie. On dispose d'une multitude d'éléments non confirmés par la science attestant de l'existence de la télépathie<sup>37</sup>. Nombreux sont ceux qui affirment avoir fait cette expérience<sup>38</sup> et on l'a détectée lors de nombreuses expérimentations parapsychologiques<sup>39</sup>. Ces éléments sont bien entendu très controversés, essentiellement parce que du point de vue de la science conventionnelle, la télépathie, à l'instar des autres phénomènes dits parapsychologiques, est théoriquement impossible. En revanche, dans le contexte de la résonance morphique, elle devient théoriquement possible.

La résonance morphique pourrait également fournir une nouvelle interprétation à un phénomène relativement rare,

mais bien documenté : les souvenirs de vies antérieures. Certains jeunes enfants affirment spontanément se souvenir d'une vie passée et parfois, ils donnent des détails au sujet de la vie et de la mort de la personne qu'ils prétendent avoir été. Des recherches minutieuses ont montré que certains des détails qu'ils donnent n'auraient pas pu être portés à leur connaissance par des moyens normaux et des dizaines d'études de cas ont été documentées de manière détaillée<sup>40</sup>. Des descriptions de vies antérieures ont également été données par des adultes en état d'hypnose, mais beaucoup semblent contenir une grande part de fantasme et les éléments concernant une mémoire dite paranormale sont beaucoup moins impressionnants que dans les cas spontanés de jeunes enfants.

Ceux qui acceptent les éléments associés aux souvenirs de vies antérieures les expliquent généralement par la réincarnation ou la renaissance. Néanmoins, l'hypothèse de la causalité formative fournit une perspective différente : dans ce genre de cas, une personne pourrait, pour une raison ou une autre, entrer en contact par le biais de la résonance morphique avec une personne ayant vécu dans le passé. Cela pourrait contribuer à expliquer le transfert de souvenirs, sans qu'il y ait besoin de supposer que la personne actuelle *est* l'autre personne dont elle peut capter les souvenirs.

Toutefois, la manière principale dont nous sommes influencés par la résonance morphique en provenance d'autres personnes est peut-être par l'intermédiaire d'une sorte de mémoire commune. Nous avons déjà discuté de l'influence collective des habitudes d'autrui sur l'apprentissage des langues et l'acquisition des compétences physiques et mentales et envisagé des façons d'étudier cette possibilité (voir chapitre 10). L'idée selon laquelle une mémoire collective sous-tend notre activité mentale est la conséquence directe de l'hypothèse de la causalité formative. Une idée très similaire existe déjà dans le concept d'inconscient collectif révélé par Carl Jung et d'autres psychologues des profondeurs.

Les souvenirs collectifs sont semblables aux habitudes, dans le sens où la répétition de schémas d'activité similaires efface la particularité de chaque cas individuel au sein du schéma ; tous les schémas d'activité passés similaires contribuent aux champs morphiques par le biais de la résonance morphique et sont en quelque sorte fusionnés. Le résultat est un composite ou une moyenne de ces schémas similaires précédents, que l'on peut comparer à des photographies composites (Fig. 6.4). Jung qualifiait ces schémas habituels d'archétypes et estimait qu'ils étaient le produit d'une répétition collective :

Il existe autant d'archétypes que de situations typiques dans la vie. Une répétition incessante a gravé ces expériences dans notre constitution psychique. [...] Quand se déroule une situation correspondant à un archétype donné, cet archétype s'active<sup>41</sup>.

Au chapitre 14, je discuterai à nouveau des idées de Jung dans le contexte des aspects socioculturels de la vie mentale humaine. Dans ce chapitre, nous avons vu que nos expériences de remémoration et d'oubli peuvent être interprétées à la lumière des champs morphiques et de la résonance morphique. Considérons maintenant le rapport entre notre activité mentale et notre cerveau, et la nouvelle interprétation de ce rapport qui nous est proposée par l'hypothèse de la causalité formative.

## Chapitre 12

### Esprit, cerveau et souvenir

Nous ignorons comment notre expérience consciente est liée à notre corps et à notre esprit. Certes, notre vécu subjectif est influencé par ce qu'il advient dans et autour de notre corps. Par ailleurs, nos manières de penser, de parler, de nous comporter dépendent de théories, d'espairs, de désirs, de peurs, de croyances, d'habitudes, de souvenirs et d'intentions, qui ne sont pas des entités physiques; ces influences sont subjectives, mais n'en ont pas moins des effets observables, objectifs. Comment les domaines subjectifs et objectifs sont-ils reliés?

La relation entre âme et corps, entre esprit et cerveau est l'un des problèmes éternels de la philosophie. Dans ce chapitre, nous commencerons par nous intéresser aux deux principales écoles de pensée: le matérialisme ou le physicalisme d'un côté, et le dualisme ou l'interactionnisme de l'autre. L'hypothèse de la causalité formative apporte un nouvel éclairage à ce débat de longue date et nous permet de voir en quoi le mental est beaucoup plus vaste que le cerveau, dans la mesure où il s'étend au-delà de ce dernier par l'intermédiaire des champs. La manière la plus simple de saisir en quoi cette interprétation diffère du matérialisme et du dualisme consiste à prendre en considération la nature de la vue. Cette idée éclaire également le phénomène des membres fantômes.

#### *Matérialisme versus dualisme*

Pour les matérialistes, l'esprit se situe dans le cerveau. Une forme de matérialisme traite l'activité mentale consciente comme

un épiphénomène de l'activité cérébrale, un peu comme une ombre: l'esprit conscient est un effet, et non une cause, de l'activité physique du cerveau; il n'a pas de fonction propre, et tout se déroulerait de la même manière sans lui. Une autre forme de matérialisme affirme que l'activité mentale consciente et les processus cérébraux sont deux aspects d'une même réalité. On peut en parler en termes différents – tout comme l'étoile du matin et l'étoile du berger, qui désignent toutes deux Vénus –, mais ils sont, en réalité, identiques.

Un trait essentiel du matérialisme est qu'il présuppose un monde physique causalement clos; en d'autres termes, les processus physiques ne peuvent dépendre d'influences causales de l'âme, du moi, de la conscience, de l'esprit, bref, de tout ce qui est, à ce stade de notre compréhension, indéfinissable en termes physiques. Ce que nous pensons, disons, faisons est, en principe, explicable en fonction des processus physico-chimiques du cerveau, lesquels sont régis par les lois ordinaires de la nature. Nous ne disposons d'aucun libre arbitre puisque rien en nous n'est libre ou capable d'influencer ce qui serait advenu de toute façon pour des raisons purement physiques. Pour autant que des événements fortuits dans nos organismes interviennent dans nos décisions ou notre créativité, ils ne représentent pas un libre arbitre ni un choix – ils sont purement fortuits<sup>1</sup>.

L'alternative majeure au matérialisme, depuis Descartes, est une forme de dualisme, ou interactionnisme, selon lequel l'esprit – ego, âme, psyché, esprit ou encore moi conscient – interagit, d'une certaine manière, avec le corps *via* le cerveau. Une formulation plus dynamique de cette vision serait: les activités mentales conscientes interagissent avec l'activité physique du corps *via* des processus cérébraux. Cette interaction a été illustrée par diverses analogies: l'esprit est semblable au conducteur au volant de sa voiture, au pianiste derrière son instrument, le cerveau étant une sorte de clavier, de *software* informatique en interaction avec le *hardware* du cerveau. Cette dernière analogie peut être poussée



plus avant si on compare le moi conscient au programmeur, la source du *software* lui permettant d'interagir avec le *hardware* informatique (Fig. 12.1).

Bien que le matérialisme soit la vision du monde orthodoxe de la science moderne, l'interactionnisme compte néanmoins de chauds partisans chez les philosophes des sciences, notamment Karl Popper<sup>2</sup>. Il est plus étonnant de constater combien il est répandu parmi les scientifiques : songeons aux physiciens quantiques Werner Heisenberg et Wolfgang Pauli<sup>3</sup>, et aux neurophysiologistes Wilder Penfield<sup>4</sup>, John Eccles<sup>5</sup>, et Roger Sperry<sup>6</sup>.

Le débat entre matérialistes et dualistes a pris un tour nouveau ces dernières années. Nombre de ceux qui se disent matérialistes ou physicalistes en arrivent à envisager la relation esprit-cerveau en fonction de la métaphore de l'ordinateur, comparant l'esprit au *software* et le cerveau au *hardware*. Les dualistes emploient la même analogie, et le paradigme informatique ou programme est plus proche, en esprit, du dualisme que du matérialisme moniste traditionnel.

L'hypothèse de la causalité formative introduit la notion de champs morphiques interagissant avec le système nerveux et jouant un rôle similaire aux programmes, ou *software*, dans la métaphore de l'ordinateur. Ces champs fournissent un contexte nouveau au débat traditionnel opposant physicalistes et dualistes et peuvent être interprétés à la lumière de l'une ou l'autre théorie philosophique. La figure 12.1 illustre cela sous forme de diagramme. Le physicaliste considérera l'esprit conscient comme un aspect subjectif des champs morphiques régissant l'activité du cerveau ; ces champs peuvent être vécus, en quelque sorte, de l'intérieur. L'esprit conscient ne se situe pas au-dessus et au-delà des champs comportementaux et mentaux ; il existe d'une certaine manière en eux. L'interactionniste supposera, lui, que le moi conscient entre en interaction avec ces champs, peut-être en les contenant et en les incluant, et qu'il est une sorte de terre fertile de laquelle émergent de nouveaux champs.

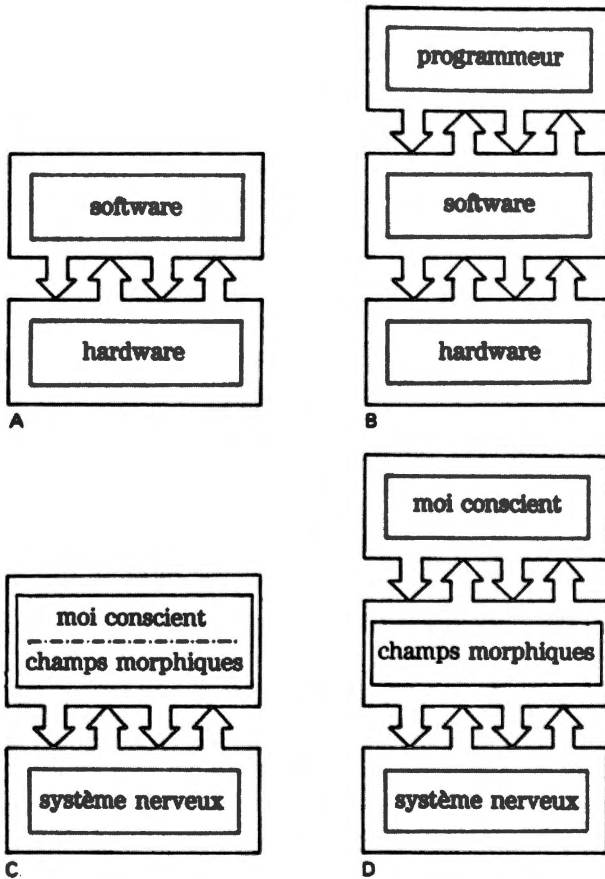


**Figure 12.1** *Au-dessus*: Analogie de l'ordinateur illustrant l'interaction esprit-cerveau. A. L'esprit est comparé au *software*. B. Le *software* correspond aux programmes de l'esprit inconscient et conscient, le moi conscient au programmeur. *Au-dessous*: C. Interprétation «physicaliste» du moi conscient, aspect subjectif des champs morphiques interagissant avec le système nerveux. D. Interprétation «dualiste» du moi conscient en interaction avec les champs morphiques, qui interagissent avec le système nerveux.

Ces deux interprétations sont à mettre en parallèle avec celles de la métaphore de l'ordinateur : dans l'une, l'esprit conscient est considéré comme un aspect du *software* ; dans l'autre, comme une sorte de programmeur conscient interagissant avec l'ordinateur *via* le *software*.

### *Les programmes du cerveau*

Les chréodes dans des champs morphiques sont semblables à des programmes en ce sens qu'elles sont des structures d'organisation et qu'elles ont une finalité : elles sont dirigées vers des objectifs. La nécessité d'un tel concept apparaît clairement dans la manière dont la métaphore de l'ordinateur en est venue à dominer la pensée moderne relative à l'organisation de l'activité mentale. Cette pensée peut, dans une large mesure, être exprimée dans la terminologie de la causalité formative, il suffit de substituer l'expression *champ morphique* à *programme*. Ainsi, J. Z. Young a-t-il suggéré, après avoir étudié pendant de nombreuses années le système nerveux, que la vie des êtres humains, comme celle des animaux, est régie par des ensembles de programmes.

Certains de ces programmes peuvent être qualifiés de « pratiques » ou de physiologiques – c'est grâce à eux que nous respirons, mangeons, buvons, dormons. D'autres sont sociaux, et régissent notre façon de parler et nos manières de communiquer, de marquer notre accord, d'aimer et de haïr. Nous avons aussi des programmes à long terme, assurant la continuité non de notre individualité mais de la race, des programmes d'activité sexuelle et d'accouplement, des programmes de croissance, d'adolescence, de sénescence et de mort. Les programmes les plus importants sont peut-être ceux servant aux activités que nous nommons mentales : la pensée, l'imagination, le rêve, la croyance, l'adoration<sup>7</sup>.

Young cite la définition de *programme* selon le *Webster's Third New International Dictionary*: «Plan de procédure; plan ou système sous l'influence duquel une action peut être menée à un terme désiré.» Il insiste sur le fait que ces programmes cérébraux sont des «plans d'action» conçus à l'avance pour faire face à des types de situations particuliers.

Il est clair que la conception de tels programmes dépasse de beaucoup une analyse réductionniste, elle implique la physique des impulsions nerveuses ou la biologie moléculaire des cellules nerveuses. En réalité, une approche holistique de l'organisation des activités cérébrales semble pratiquement inévitable, et des formules telles que *schèmes intégrés* et *systèmes organisés* abondent dans la littérature sur le fonctionnement cérébral. Francis Crick lui-même, doyen de la biologie moléculaire, a conclu que l'activité de divers mécanismes cérébraux devait dépendre d'«une sorte de système de contrôle global<sup>8</sup>».

Les partisans de la théorie générale des systèmes ont insisté sur la nécessité d'interpréter les activités intégratives du cerveau en termes de dynamique des systèmes auto-organiseurs<sup>9</sup>, et un pas a été fait vers la modélisation mathématique de tels systèmes<sup>10</sup>. Ici aussi, l'analogie de l'ordinateur domine :

Le cerveau est un mécanisme de communication employé et régi par l'auto-organisation de l'information. Il n'entretient pas plus de relation avec cette information que l'ordinateur avec l'information qu'il traite. Bien qu'il ne faille pas pousser trop avant la comparaison entre cerveau et ordinateur ces deux entités représentant, dans une certaine mesure, des principes très différents, il pourrait s'avérer utile d'établir une distinction entre «hardware» et «software» dans le cerveau. Le réseau de neurones représente, dès lors, le «hardware», et sa dynamique auto-organisatrice à niveaux (éventuellement) multiples, le «software»<sup>11</sup>.

S'il est permis de voir dans cette approche une forme de matérialisme, elle n'est pas de type moniste, mais dualiste, en ce

sens qu'elle accepte la primauté de l'information sur la matière et l'énergie – condition indispensable, selon Norbert Weiner et d'autres, à la survie du matérialisme dans le monde moderne. Cette approche dualiste moderne a récemment été résumée en ces termes :

La mentalité ne dépend pas d'un substrat matériel particulier, mais de l'organisation fonctionnelle des processus la rendant possible. Il n'est pas pour autant utile d'invoquer des propriétés mystiques pour expliquer l'esprit ; la théorie d'informatisation permet d'éclairer cette approche<sup>12</sup>.

Et nous voici ramenés aux ordinateurs, et à la métaphore ambiguë de la programmation.

Ces dernières années, des tentatives de modélisation du fonctionnement du cerveau ont influencé, et ont à leur tour été influencées par, le secteur de l'intelligence artificielle<sup>13</sup>. Les progrès en matière de techniques informatiques permettent d'espérer de meilleurs modèles de « traitement de l'information » dans le système nerveux ; de même, de meilleurs modèles du système nerveux entraîneront de nouvelles intuitions favorisant le développement de l'intelligence artificielle. Des doutes subsistent, cependant, en particulier parmi les chercheurs engagés dans cette voie.

Comment l'analogie de l'ordinateur justifie-t-elle la cognition ? La majorité des neurobiologistes se défie de cette analogie, mais ne disposent d'aucune alternative. Les informaticiens ne savent pas très bien non plus jusqu'où la pousser [...]. Ces dernières années, les spécialistes de l'intelligence artificielle ont pris l'habitude d'affirmer que le seul indice suggérant que les phénomènes de perception et de cognition ont été compris est qu'il est désormais possible de construire une machine reproduisant le processus. La stratégie est assez subtile : si on parvient à fabriquer une machine qui reproduit le processus de la vision humaine, une démonstration de son efficacité suffira à convaincre que le problème de la vision a

été traité avec sérieux. Les sceptiques se plaindront, toutefois, de ce que simulation n'est pas compréhension<sup>14</sup>.

Le problème est comparable à celui que posent les modèles informatiques de la morphogenèse : à quoi correspondent-ils exactement ? Nul n'imagine qu'un organisme en développement, ou un cerveau humain, soit véritablement un ordinateur composé de puces de silicone et de diverses composantes inorganiques. La plausibilité de ces modèles dépend non d'une ressemblance entre les ordinateurs et les organismes, mais d'une distinction nette entre *software* et *hardware*. Les programmes organisateurs, finalisés, sont concernés par la forme, les schèmes, les interconnexions et l'information. Ils ne sont pas réductibles aux interactions entre électrons, atomes et molécules composant les structures matérielles. Ces programmes finalisés sont, en réalité, semblables à des champs morphiques<sup>15</sup>. La différence principale entre les deux concepts tient à ce que les programmes sont censés être « écrits dans les gènes et le cerveau<sup>16</sup> » et stockés sous forme de traces mémorielles tout comme la mémoire des ordinateurs dépend d'outils de stockage (disques magnétiques, etc.) alors que les champs morphiques ne sont pas écrits dans le cerveau, mais deviennent présents par résonance morphique. La théorie informatique de l'organisation du cerveau et l'hypothèse de la causalité formative débouchent donc sur des interprétations très différentes de la nature de la mémoire.

### *Cerveau et mental élargi*

Les champs morphiques de la perception, du comportement et de l'activité mentale trouvent leurs racines dans l'activité cérébrale, mais sont loin de se limiter à notre cerveau. Prenons une analogie basique : le téléphone portable. Les transmissions qu'il envoie ont pour racine l'activité électrique dans ses circuits et ses composants électroniques. Pourtant, les transmissions radio

se déplacent par champs électromagnétiques qui s'étendent bien au-delà de la structure matérielle et des circuits électriques du téléphone. Par comparaison, je suggère que les champs mentaux perceptuels et comportementaux sont étroitement liés à l'activité du cerveau, mais s'étendent au-delà, à travers l'attention et l'intention.

Il y a quelques décennies de cela, les scientifiques comparaient le cerveau à des échanges téléphoniques, les nerfs étant reliés aux organes sensoriels transmettant des signaux au standard central, où des «interrupteurs» les connectaient à d'autres neurones qui stockaient les souvenirs ou qui déclenchaient une activité musculaire ou glandulaire. La comparaison aux échanges téléphoniques à l'ancienne a désormais été remplacée par la métaphore informatique: les cerveaux sont tels des ordinateurs et les neurones agissent tels des transistors au sein d'un réseau électronique. Mais la recherche sur l'activité cérébrale ne soutient pas ces modèles informatiques, avec leurs circuits gravés dans le marbre.

Au lieu de cela, il existe des schémas complexes d'activité dans de grands groupes de neurones. Ces schémas d'activités peuvent être détectés soit par des techniques d'imagerie cérébrale permettant de détecter diverses parties du cerveau qui «s'éclairent» du fait de l'activité accrue en elles, soit en mesurant des schémas d'activité électrique grâce à des électrodes placées à la surface du cerveau.

Un neuroscientifique, Walter Freeman, de l'université de Californie à Berkeley, a passé de nombreuses années à étudier ces schémas d'activité, en particulier en relation à la perception des odeurs. Lui et ses collègues ont constaté que ces schémas ne sont pas figés, mais évoluent en fonction de l'expérience de l'animal: «Les schémas d'activités cérébraux se dissolvent, se reforment et se transforment en permanence, en particulier en relation les uns avec les autres. Quand un animal apprend à réagir à une nouvelle odeur, il se produit une modification dans tous

les autres schémas, même s'ils ne jouent pas un rôle direct dans l'apprentissage. Il n'existe pas de représentation figée, comme dans les ordinateurs; il n'existe que des significations.»

Selon Freeman, ces significations dépendent des intentions, qui sont souvent inconscientes. Il conçoit l'interprétation des significations en lien à des attracteurs, en employant le jargon de la dynamique<sup>17</sup>. D'après lui, l'activité du cerveau est modifiée par des significations et des intentions, précisément parce qu'il est chaotique, au sens de la théorie du chaos: «Le cerveau est imprégné du chaos<sup>18</sup>.»

Ma suggestion est que les champs morphiques contribuent à imposer l'ordre et une structure dans ce chaos sensible et interagissent avec le cerveau par l'intermédiaire de leur activité de mise en ordre. Ils contiennent une mémoire inhérente, à travers la résonance morphique. De plus, ils se projettent bien au-delà du cerveau par le biais de l'attention et de l'intention.

### *La vue*

Le moyen le plus simple d'appréhender la notion de mental élargi est de songer à la nature de la vue.

Étonnamment, nul ne sait comment fonctionne la vue. Dans les livres de vulgarisation scientifique à l'ancienne, ce sens était illustré par une coupe de la tête d'un homme, à l'intérieur de laquelle on trouvait une salle de cinéma miniature, avec une image projetée sur une sorte d'écran à l'intérieur de la tête et avec un petit spectateur à l'intérieur du cerveau<sup>19</sup>. Bien sûr, ce point de vue aboutit à une régression infinie, car pour voir cette représentation, le petit spectateur à l'intérieur du cerveau aurait lui-même besoin d'un écran à l'intérieur de son cerveau, avec un spectateur encore plus petit pour voir l'écran, et ainsi de suite.

La vulgarisation scientifique s'en remet toujours à ce dualisme de type «fantôme dans la machine». Ainsi, en 2009, au Muséum



d'histoire naturelle de Londres, on trouvait encore une exposition qui reposait sur cette approche et qui était appelée «contrôler ses actions». Dans un modèle tridimensionnel de la tête d'un homme, une ouverture en plastique transparent réalisée dans le front révélait le cockpit d'un avion, avec deux sièges vides destinés au pilote et à son copilote, dans l'autre hémisphère. Le commentaire était le suivant: «Le cortex est la salle de contrôle du corps. Il reçoit des informations, les traite et décide de la meilleure ligne de conduite. Ainsi, dans votre cerveau, le cortex est similaire au poste de pilotage d'un avion.» Bien que ce commentaire ait été formulé précisément pour éviter de faire référence à des pilotes ou à des contrôleurs aériens, peu de visiteurs s'attendraient à ce qu'une salle de contrôle ou un cockpit prenne des décisions seule, en l'absence d'individu, même si le décideur était invisible.

Depuis les années 1980, l'approche académique prédominante a été de supposer que la vue dépend d'un traitement de type informatique et de la formation de représentations à l'intérieur du cerveau. David Marr résume ainsi ce point de vue :

La vue est le processus qui permet de découvrir grâce à des images ce qui est présent dans le monde et son emplacement. Par conséquent, la vue est avant tout une tâche de traitement de l'information, mais nous ne pouvons simplement la considérer comme un *processus*. Car si nous sommes capables de savoir ce qui se trouve dans le monde et où, notre cerveau doit en quelque sorte être capable de *représenter* ces informations, dans toute leur profusion de couleurs et de formes, de beauté, de mouvements et de détails<sup>20</sup>.

La plupart des métaphores employées par la science cognitive sont tirées des ordinateurs et il est désormais courant de comparer la représentation interne à la «réalité virtuelle». Jeffrey Gray, un neuroscientifique, résume ainsi les choses: «L'aspect extérieur de l'expérience consciente n'est pas du tout à l'extérieur; elle se

trouve à l'intérieur de la tête.» Nos perceptions visuelles sont une «simulation» du monde réel, une simulation «créée par le cerveau et existant en lui<sup>21</sup>».

L'idée selon laquelle nos expériences visuelles sont des simulations à l'intérieur de notre tête est souvent considérée comme allant de soi. Mais elle aboutit à des conséquences étranges, comme l'a expliqué le philosophe Steven Lehar<sup>22</sup>. Selon la théorie de la simulation, quand je regarde le ciel, le ciel que je vois se trouve à l'intérieur de ma tête. Ce qui signifie que mon crâne doit dépasser le ciel ! Comme le dit Lehar :

Mon idée est qu'au-delà des choses les plus éloignées que vous pouvez percevoir dans toutes les directions, c'est-à-dire au-delà du plafond céleste et en dessous de la terre solide qui se trouve sous vos pieds, au-delà des murs et du plafond de la pièce que vous voyez autour de vous, se trouve la surface intérieure de votre vrai crâne physique, au-delà de laquelle se trouve un monde externe inimaginablement immense, dont le monde que vous voyez autour de vous n'est qu'une réplique interne miniature. En d'autres termes, la tête que vous considérez comme vôtre n'est pas votre véritable tête physique, mais seulement une miniature, une reproduction perceptuelle de votre tête dans une reproduction perceptuelle du monde, tout cela étant contenu à l'intérieur de votre vraie tête<sup>23</sup>.

Néanmoins, la théorie selon laquelle il existe une représentation détaillée du monde extérieur à l'intérieur du cerveau n'est pas universellement acceptée par les cercles académiques et subit les attaques de neuroscientifiques et philosophes sceptiques. Plus on en sait sur les yeux et le cerveau, moins la théorie de la représentation interne semble probable. En effet, la capacité de résolution des yeux est limitée, en particulier à l'extérieur de la zone fovéale ; chaque œil est pourvu d'un point aveugle, dont nous sommes inconscients. Les yeux sont fréquemment en mouvement,

créant trois à quatre fois par seconde des saccades d'un point à un autre du champ visuel. En outre, des travaux récents sur «la cécité au changement» et «la cécité d'inattention» montrent que souvent, nous n'avons pas conscience des grands changements qui se produisent dans le champ visuel. Le philosophe Alva Noë a ainsi résumé le problème : «Sur la base d'informations fragmentées et discontinues, comment sommes-nous capables d'apprécier l'impression d'une conscience indissociable d'un environnement détaillé, continue, complexe et en haute résolution ?<sup>24</sup>»

La solution la plus radicale à ce problème consiste à supposer que le monde visuel n'est pas une illusion et qu'il ne se trouve pas du tout à l'intérieur du cerveau. Le monde visuel est là où il semble être, dans le monde extérieur. Le pionnier le plus réputé de cette vision des choses a été James J. Gibson, qui a proposé une «approche "écologique" de la perception visuelle». Pour lui, la vue implique tout l'animal, et elle est étroitement liée à l'interprétation qu'a un individu de ses agissements. D'après Gibson, la perception est active et directe. L'animal déplace ses yeux, sa tête et son corps, il se déplace dans l'environnement. La perception visuelle n'est pas une série d'instantanés statiques, mais un flot visuel dynamique. Dans la mesure où celui qui perçoit a connaissance des corrélations régulières entre ce flot et les propriétés visuelles de l'environnement, il est capable de «capter» des informations dans son environnement par «perception directe». Comme le dit Gibson, «les informations sont considérées comme disponibles dans le flux énergétique ambiant, mais pas en tant que signaux dans un amas de fibres nerveuses. Ces informations portent à la fois sur les caractéristiques permanentes et changeantes de l'environnement. De plus, les informations au sujet de l'observateur et de ses mouvements étant disponibles, la conscience de soi accompagne la conscience perceptuelle<sup>25</sup>».

D'après l'approche «énactive» ou «incarnée» développée par le neuroscientifique Francisco Varela et ses collègues, les perceptions

ne sont pas représentées dans un modèle de monde à l'intérieur de la tête, mais apparaissent à la suite de l'interaction entre l'organisme et son environnement: «La perception et l'action ont évolué ensemble. [...] La perception est toujours une activité perceptuellement guidée<sup>26</sup>.»

De même, le psychologue Kevin O'Regan rejette le besoin de représentations internes du monde: le monde peut être utilisé comme un souvenir externe ou comme son propre modèle<sup>27</sup>. En cas de nécessité, nous pouvons le regarder une nouvelle fois; nous n'avons pas besoin d'un modèle détaillé de l'environnement à l'intérieur de notre cerveau. Comme le résume Noë, «l'explication énative, sensorimotrice, expose la manière dont il est possible que nous prenions plaisir à une expérience détaillée du monde qui n'est pas représenté dans notre cerveau. Les détails sont présents, ainsi que le monde perceptuel, au sens où nous avons un accès spécial aux détails, accès contrôlé par des schémas de dépendance sensorimotrice dont nous sommes familiers. Le monde visuel n'est pas une illusion grandiose<sup>28</sup>.»

Le philosophe Henri Bergson a anticipé les approches énative et sensorimotrice en insistant sur le fait que la perception est dirigée vers l'action. À travers la perception, «les objets qui entourent mon corps reflètent son éventuelle action sur eux<sup>29</sup>». Il rejetait l'idée selon laquelle les images se formaient à l'intérieur du cerveau:

En vérité, le point P, les rayons qu'il émet, la rétine et les éléments nerveux qui sont affectés forment un seul tout, le point P lumineux fait partie de ce tout et c'est vraiment en P, et non ailleurs, que l'image de P se forme et est perçue<sup>30</sup>.

De même, William James rejetait l'idée selon laquelle les images seraient à l'intérieur du cerveau. Il prend pour exemple le lecteur, assis chez lui en train de lire:

Toute la philosophie de la perception depuis l'époque de Démocrite consiste simplement à une polémique au sujet du paradoxe suivant: ce qui est manifestement une seule et unique

réalité devrait se trouver en deux endroits simultanément, à la fois dans l'espace et dans le mental d'une personne. Les théories «représentatives» de la perception évitent ce paradoxe logique, mais d'un autre côté, elles vont à l'encontre de la perception de la vie qu'a le lecteur, qui n'a connaissance de l'intervention d'aucune image mentale, mais semble voir immédiatement la pièce dans laquelle il se trouve et le livre, car ils existent physiquement<sup>31</sup>.

De même, comme l'a exprimé Whitehead, «les sensations sont projetées par le mental de sorte à habiller des corps appropriés dans la nature extérieure<sup>32</sup>».

Le psychologue Max Velmans se prononce actuellement en faveur d'une théorie similaire dans le cadre de son modèle «réflexif» de conscience. Il prend l'exemple d'un sujet S en train de regarder un chat :

D'après les réductionnistes, il semble y avoir un chat phénoménal «dans l'esprit de S», mais au fond, ce n'est rien de plus qu'un état dans son cerveau. D'après le modèle réflexif, tandis que S fixe le chat, sa seule expérience visuelle du chat est l'animal qu'il voit dans le monde extérieur. Si on lui demande de montrer du doigt ce chat phénoménal (l'expérience qu'il fait du chat), il ne devrait pas désigner son cerveau, mais le chat tel qu'il est perçu, dans l'espace, au-delà de la surface du corps<sup>33</sup>.

Comment est-il possible que cette projection fonctionne? Voici le point de vue de Velmans :

Je suppose que le cerveau construit une «représentation» ou un «modèle mental» de ce qui se passe, se fondant sur les informations en provenance du stimulus, des attentes, des traces de stimuli reliés et passés, stockés dans la mémoire à long terme, etc. Par exemple, les représentations visuelles d'un chat comportent un encodage de la forme, de l'emplacement et de l'allongement, du mouvement, de la texture de la

surface, de la couleur, etc. Laissez-moi illustrer mon propos par une analogie simple. Supposons que les informations encodées dans le cerveau du sujet prennent la forme d'une sorte d'«hologramme de projection» neuronal. Un hologramme de projection a une caractéristique intéressante: l'image tridimensionnelle qu'il encode est perçue dans l'espace, devant sa surface bidimensionnelle<sup>34</sup>.

Velmans explique clairement que l'idée de projection holographique n'est qu'une analogie et souligne que selon lui, la projection perceptuelle est subjective et non physique, elle existe seulement dans l'espace phénoménal, et non pas matériel. Néanmoins, ces projections s'étendent au-delà du crâne et coïncident généralement avec l'espace physique.

### *Les champs perceptuels*

Mon hypothèse est que la projection se produit à travers des champs perceptuels, qui s'étendent au-delà du cerveau et relient l'animal en train de voir à ce qui est vu. La vue prend racine dans l'activité cérébrale, mais n'est pas confinée à l'intérieur de la tête<sup>35</sup>. Tout comme Velmans, je suggère que la formation de ces champs dépend des changements qui se produisent dans différentes aires cérébrales quand la vue est active; les champs sont donc influencés par les attentes, intentions et souvenirs. Pour Velmans, cette projection se déroule d'une manière analogue à un phénomène de champ, comme dans un hologramme. Mais pour moi, la projection perceptuelle n'est pas seulement analogue, elle est en réalité un phénomène de champ.

Nous sommes habitués à l'idée selon laquelle les champs se projettent au-delà des corps matériels, comme dans les cas des champs magnétiques entourant les aimants, du champ gravitationnel qui entoure la Terre et des champs électromagnétiques qui entourent nos téléphones portables. Le fait que des champs élargis

d'influence soient présents dans des corps matériels et s'étendent au-delà de leur surface ne relève nullement de la pseudoscience ou du dualisme. Je suggère qu'il en va de même pour le mental, qui s'étend au-delà du cerveau grâce à des champs. Les champs perceptuels sont des champs morphiques.

Les champs perceptuels sont-ils réels ou virtuels? Ils sont réels au sens où ils sont localisés dans l'espace et le temps; ils sont en résonance avec les systèmes qui sont sous leur influence et ils ont un impact dessus. Ils imposent des modèles à l'activité probabiliste des nerfs et des réseaux nerveux. Ils interagissent avec d'autres champs morphiques, tels que ceux de la personne ou de l'animal fixés. Mais ils sont virtuels dans le sens où ce sont des champs de probabilité ou de potentialité. Ils peuvent être modélisés mathématiquement en des espaces multidimensionnels, comme l'a fait René Thom avec ses modèles d'attracteurs dynamiques à l'intérieur de champs morphogénétiques.

Pour comprendre ce qui se passe quand on a le sentiment d'être fixé du regard, il nous faut un postulat supplémentaire, à savoir que ces champs perceptuels interagissent avec les champs de la personne ou de l'animal sur laquelle l'attention est dirigée. Hypothétiquement, toutes les personnes et tous les animaux sont dotés de champs morphiques; par conséquent, cette interaction nécessiterait une action entre deux éléments comparables, une interaction de champ à champ<sup>36</sup>. La physique abonde en exemples d'interaction de champ à champ: les champs gravitationnels, électriques, magnétiques, électromagnétiques et de matière quantique.

Dans la mesure où les champs perceptuels s'étendent et relient l'observateur à ce qu'il perçoit, ils pourraient contribuer à expliquer ce qui se passe quand on a le sentiment d'être fixé du regard. La plupart des gens se sont déjà retournés en ayant le sentiment qu'une personne située derrière eux les regardait, pour s'apercevoir que c'était effectivement le cas. La plupart des gens ont également eu l'expérience inverse. Il arrive que l'on puisse

faire se retourner des gens en les fixant du regard. Au cours de sondages réalisés en Europe et en Amérique du Nord, entre 70 % et 97 % des personnes interrogées ont déclaré avoir personnellement vécu ce genre de phénomène<sup>37</sup>. On dispose aujourd'hui de nombreux éléments expérimentaux qui montrent son existence<sup>38</sup>.

Beaucoup d'animaux semblent aussi avoir ce sentiment, et ce genre de sensibilité pourrait bien avoir été favorisé par la sélection naturelle dans le cadre des rapports entretenus par une proie et son prédateur. En effet, un animal capable de ressentir quand un prédateur potentiel le regarde aurait plus de chances de lui échapper qu'un animal insensible<sup>39</sup>.

### *Image du corps et membres fantômes*

Les images que nous avons des choses qui nous entourent sont situées là où elles semblent être, c'est-à-dire à l'extérieur du cerveau. Il en va de même pour l'image du corps.

La théorie conventionnelle veut que l'image du corps se situe à l'intérieur du cerveau. Ainsi, si vous ressentez la pression qu'exercent vos fesses sur une chaise, ou encore une douleur au genou, ces sensations ne seraient pas localisées là où elles semblent être, mais en réalité, elles se trouveraient dans votre tête. À l'inverse, je suggère que ces sensations sont exactement là où elles semblent être. Elles ne sont pas du tout fourrées dans le cerveau.

Le contraste entre la théorie du cerveau et la théorie des champs apparaît très clairement dans le cas des membres fantômes. Quand une personne perd un membre à la suite d'un accident ou d'une amputation, en règle générale, cette personne a le sentiment que son membre est toujours là. C'est pourquoi on parle de membre fantôme, même si la sensation est bel et bien réelle.

Ces membres fantômes persistent indéfiniment. Des personnes qui ont perdu des membres au cours de la Seconde Guerre mondiale m'ont raconté cinquante ans plus tard qu'elles



ressentaient toujours autant leurs membres fantômes. Par exemple, Leo Unger a eu les deux pieds terriblement blessés par une mine alors qu'il était au combat en Norvège en 1944. Il a dû se faire amputer des deux jambes en dessous des genoux : « Depuis le tout premier jour, j'ai toujours eu le sentiment que mes jambes et mes pieds étaient toujours à leur place. Au début, j'avais de graves douleurs fantômes qui me donnaient le sentiment que des boules de feu descendaient dans mes jambes et sortaient par mes pieds. Au bout de vingt ans, il est devenu rare que j'aie ce sentiment, mais aujourd'hui encore, je ressens souvent que les os de mes pieds sont brisés, comme c'était le cas quand j'ai été blessé. »

Nombreuses sont les personnes qui peuvent déplacer leurs membres fantômes, comme s'ils étaient réels. Par exemple, des personnes qui ont récemment subi une amputation du bras se retrouvent à essayer de décrocher le téléphone avec leur bras manquant, avant de se souvenir qu'elles n'ont plus de bras physique.

Certains membres fantômes ont tendance à rétrécir avec le temps. Mais cela n'arrive généralement pas quand les gens portent des bras ou des jambes artificiels. Le membre fantôme remplit le membre artificiel et en général, « il s'adapte aussi bien à la prothèse qu'un gant à une main<sup>40</sup>. » Et si une personne dont le membre fantôme a rétréci commence à porter une prothèse, le membre fantôme a tendance à s'agrandir à nouveau pour s'adapter<sup>41</sup>. En réalité, les membres fantômes jouent un rôle important dans l'adaptation des gens à leur membre artificiel et leur facilitent beaucoup la tâche. Dans la littérature médicale, il est souvent dit que le membre fantôme « anime » la prothèse. Comme l'a exprimé un chercheur, « le membre inerte est animé par le membre fantôme vivant<sup>42</sup> ».

Les tentatives médicales destinées à repérer les membres fantômes au sein du système nerveux ont montré qu'ils étaient remarquablement insaisissables. Au départ, l'hypothèse prédominante était que les membres fantômes étaient produits dans le

cerveau en raison de la présence d'impulsions nerveuses dans le moignon, particulièrement dans les nodules nerveux se situant à l'extrémité sectionnée des nerfs, appelés névromes. Des impulsions en provenance des névromes étaient censées remonter le long de la moelle épinière pour rejoindre le cerveau, provoquant des sensations dans les aires sensorielles du cortex cérébral, sensations que l'on attribuait au membre manquant. Cette théorie a été maintes fois remise en cause lors d'opérations chirurgicales destinées à soulager la douleur dans les membres fantômes, en sectionnant les névromes ou les nerfs des moignons à la racine, près de la moelle épinière. Malheureusement pour la plupart de ces patients, les sensations ont persisté et les douleurs n'ont pas été guéries<sup>43</sup>.

L'hypothèse du moignon a rencontré un autre problème de taille. Elle n'expliquait pas en quoi certaines personnes nées sans un membre éprouvaient des sensations associées à leur membre fantôme, alors qu'il n'y avait pas de lésion au niveau des nerfs<sup>44</sup>.

Autre hypothèse: les membres fantômes seraient le résultat d'une activité nerveuse excessive au sein de la moelle épinière, liée au fait que les nerfs ne recevaient plus comme auparavant des informations en provenance des membres. Aussi, les chirurgiens sectionnaient différents canaux nerveux au sein de la moelle épinière pour tenter de soulager les douleurs fantômes. Mais là encore, ces traitements n'ont pas fonctionné. Les membres fantômes et les douleurs ont persisté<sup>45</sup>.

En outre, l'expérience des paraplégiques n'étaye pas la théorie selon laquelle les membres fantômes proviendraient d'une activité nerveuse excessive dans la moelle épinière. Les paraplégiques sont partiellement paralysés, car leur moelle épinière a été sectionnée et ils n'ont aucune perception ni aucun contrôle du corps en dessous de l'endroit où elle a été sectionnée. Ainsi, il est fréquent qu'ils aient des jambes fantômes, voire des organes génitaux fantômes. Il arrive même qu'ils aient des douleurs fantômes à la jambe ou à

l'aine, alors même qu'aucune impulsion nerveuse en provenance de ces membres inférieurs du corps ne peut franchir l'endroit où la moelle épinière est sectionnée.

Par conséquent, on a cherché l'origine des douleurs fantômes dans les tréfonds du cerveau. Au cours de nouvelles tentatives courageuses pour soulager les douleurs fantômes, des chirurgiens optimistes ont procédé à l'ablation de certaines zones du thalamus et du cortex sensoriel qui auraient reçu des impulsions nerveuses en provenance du membre fantôme. Mais en règle générale, les douleurs ont persisté, ainsi que la présence du membre fantôme<sup>46</sup>.

Les recherches ont permis d'aller encore plus loin. Une autre hypothèse était que l'image du corps serait engendrée par un réseau nerveux complexe au sein du cerveau, appelé neuromatrice, qui était censé être localisé dans les nerfs. Cette neuromatrice «génère des modèles, traite les informations qui la traversent et finit par produire le modèle qui est perçu en tant que corps dans sa globalité<sup>47</sup>». Le problème que pose cette théorie est qu'elle est virtuellement invérifiable. Tenter de retirer un membre fantôme en détruisant la neuromatrice «reviendrait à détruire presque tout le cerveau<sup>48</sup>».

Une autre hypothèse encore localise la source des membres fantômes dans le processus de «réorganisation» au sein des aires cérébrales qui recevaient auparavant des impulsions nerveuses en provenance des organes amputés et n'en reçoivent désormais plus<sup>49</sup>. L'émergence de nouvelles connexions nerveuses au sein du cerveau peut donner un éclairage sur certains aspects des membres fantômes, mais ne peut expliquer leur existence, parce qu'ils apparaissent immédiatement après l'amputation, soit bien avant qu'une quelconque réorganisation ait eu le temps de se mettre en place.

Potentiellement, la plupart d'entre nous pourraient avoir un bras fantôme s'ils le souhaitent, sans même devoir subir une amputation ou des lésions nerveuses, et certainement sans

réorganisation. En effet, une anesthésie peut produire des membres fantômes en moins d'une heure. Cela est fréquent chez les patients qui sont sur le point de se faire opérer du bras, après qu'on leur a injecté un anesthésiant local dans la moelle épinière. Environ 90 % des patients ressentent un bras fantôme dans les vingt à quarante minutes qui suivent l'injection dans le plexus brachial de l'anesthésiant qui provoque une anesthésie des nerfs conduisant au bras. Quand ils ferment les yeux, ils peuvent déplacer le bras et le lever, ainsi que plier la main et bouger les doigts. Ils ont vraiment l'impression d'avoir un bras. Et pourtant, quand ils ouvrent les yeux, ils sont généralement ébahis de voir que leur vrai bras est allongé, immobile sur le lit, tandis que le bras fantôme qu'ils ressentaient est dans une autre position. Il est typique, quand ils prennent conscience de cette disparité, que le membre fantôme revienne rapidement dans le vrai membre et fusionne avec<sup>50</sup>. La perception qu'a le patient de son membre s'ajuste afin de refléter la réalité. À mesure que l'anesthésiant s'estompe, le membre fantôme disparaît. De même, nombreux sont les patients dont les jambes ont été anesthésiées qui ressentent la présence de jambes fantômes. Quand un patient est allongé sur le dos, la jambe fantôme se lève habituellement au-dessus de la vraie jambe<sup>51</sup>.

En essayant d'expliquer le phénomène des membres fantômes, les chercheurs se sont tournés maintes et maintes fois vers des concepts tels que le «schéma corporel» ou l'«image corporelle», censés se trouver quelque part dans le cerveau<sup>52</sup>. Mais la théorie selon laquelle l'image corporelle serait entièrement localisée dans le cerveau n'est rien de plus qu'une hypothèse. En effet, les tentatives de l'y trouver ont été remarquablement vaines. Cette théorie du cerveau va à l'encontre de l'expérience directe des gens. Il est beaucoup plus simple de supposer que l'image corporelle et les membres fantômes sont localisés exactement là où ils semblent être<sup>53</sup>.

L'existence des membres fantômes a des implications stupéfiantes sur le plan des expériences de «décorporation». Plusieurs sondages ont montré qu'environ une personne sur cinq s'est sentie hors de son corps, en particulier dans les moments de crise<sup>54</sup>. Ces personnes se retrouvent typiquement séparées de leur corps physique, comme si elles se trouvaient dans un autre corps. Par exemple, un homme qui avait subi une opération sous anesthésie générale a déclaré : «Alors que je flottais librement et que je me trouvais en haut, à regarder vers le bas, j'ai vu mon corps physique allongé sur la table d'opération<sup>55</sup>.» Plutôt que d'avoir simplement un membre fantôme, il avait tout un corps fantôme, détaché de son corps physique. Ces expériences de décorporation sont fréquentes quand les gens sont aux portes de la mort et qu'ils vivent une expérience de mort imminente<sup>56</sup>. Le neurologue Ronald Melzack a conclu, après de nombreuses années passées à étudier les membres fantômes : «Il est évident que l'expérience d'avoir un corps peut se produire sans avoir de corps. Nous n'avons pas besoin d'un corps pour ressentir la présence d'un corps<sup>57</sup>.»

Je suggère qu'un membre fantôme est en réalité le champ morphique du membre associé, ressenti de l'intérieur. Un corps fantôme est le champ morphique du corps ressenti de l'intérieur. Une grande question se pose : le corps fantôme peut-il survivre à la mort du corps physique ? J'ignore la réponse.

### *Mental élargi et expérience personnelle*

Dans ce chapitre, j'ai suggéré que notre mental s'étend au-delà de notre cerveau. Cela se produit même pendant l'acte perceptuel le plus simple. Les images sont là où elles semblent être. Les sujets et les objets ne sont pas radicalement séparés, les sujets étant à l'intérieur de la tête et les objets dans le monde extérieur. Ils sont en réalité interreliés.

Grâce à la vue, le monde extérieur est mentalisé par l'intermédiaire des yeux, et le monde subjectif de l'expérience est projeté à l'extérieur, dans le monde, par le biais de champs de perception et d'intention. Nous sommes reliés à notre environnement et les uns aux autres. De même, notre mental est présent dans le corps et notre image corporelle se trouve là où nous la ressentons, c'est-à-dire dans notre corps, et pas simplement dans notre tête.

Au départ, il peut paraître stupéfiant de prendre au sérieux notre expérience la plus immédiate et la plus directe. En effet, nous sommes habitués à la théorie selon laquelle l'ensemble de nos pensées, images et sentiments se trouvent dans notre cerveau, et non pas là où ils semblent être. La plupart d'entre nous ont intégré cette idée vers les 10 ou 11 ans<sup>58</sup>. Au sein de la science et de la médecine institutionnelles, on considère généralement que cela va de soi et la plupart des gens éduqués acceptent cette approche comme étant le point de vue «scientifiquement correct». Toutefois, il s'avère que la théorie du mental limité au cerveau a très peu d'éléments en sa faveur. Elle contredit l'expérience immédiate. Reconnaître que notre mental s'étend au-delà de notre cerveau nous libère. Car nous ne sommes plus emprisonnés dans la cage étroite que constitue notre crâne.

# Chapitre 13

## Les champs morphiques des sociétés animales

Du point de vue de l'hypothèse de la causalité formative, les groupes sociaux sont ordonnés par des champs morphiques sociaux, des champs embrassant et contenant les organismes individuels existant au sein de l'unité sociale ou holon. Ces champs, comme les champs morphiques à tous les niveaux de complexité, sont façonnés et stabilisés par résonance morphique.

Dans ce chapitre, nous considérerons l'organisation des sociétés animales et, dans les deux chapitres suivants, celle des sociétés et cultures humaines. Notre discussion portera sur le rôle des champs morphiques dans la coordination du comportement social et sur celui de la résonance morphique dans l'héritage social et culturel.

### *Les sociétés animales considérées comme des organismes*

Les sociétés de termites, de fourmis, de guêpes, d'abeilles comptent plusieurs milliers, voire plusieurs millions d'insectes. D'aucunes bâtissent de vastes nids élaborés (Fig. 13.1), ont une division complexe du travail, et se reproduisent. On les a souvent comparées à des organismes ou à des superorganismes<sup>1</sup>.

Il n'est pas étonnant que les débats aient été animés pour déterminer si ces sociétés sont réellement de nouveaux types d'organismes ou de systèmes à un niveau supérieur à celui des animaux individuels, ou au contraire des agrégats complexes explicables en fonction des propriétés et du comportement

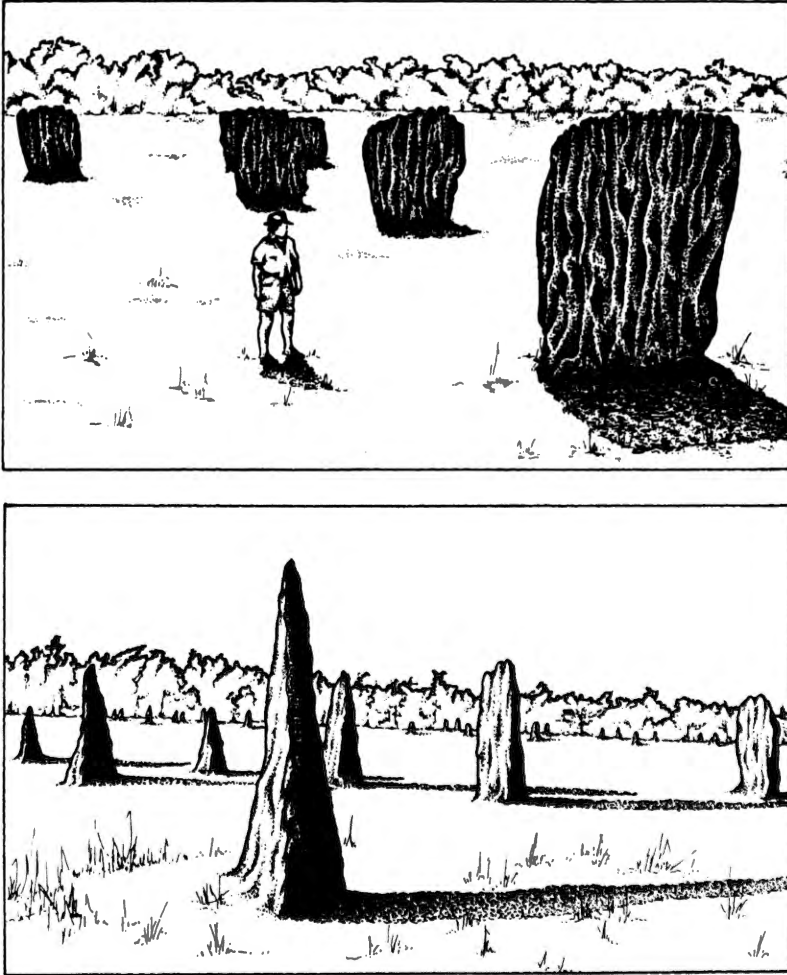


Figure 13.1 Tertres fabriqués par une espèce de termite australien.

Les côtés larges (au-dessus) sont orientés à l'est et à l'ouest ;  
les côtés étroits (au-dessous), très exactement au nord et au sud.  
Ils présentent donc une surface minimale au soleil de mi-journée,  
préservant les termites d'un excès de chaleur  
(d'après von Frisch, 1975).



des individus les composant. Faut-il les appréhender holistiquement comme des systèmes ou organismes à un nouveau niveau de complexité aux propriétés irréductibles, ou dans un esprit réductionniste comme n'étant que la somme de leurs parties et des interactions entre celles-ci? L'approche réductionniste a dominé la biologie institutionnelle tout au long de la dernière partie du <sup>xx</sup><sup>e</sup> siècle, mais le concept de superorganisme est en train de faire son grand retour.

Selon l'hypothèse de la causalité formative, l'organisation des systèmes sociaux dépend de hiérarchies gigognes de champs morphiques – le champ global de la société organisant les individus la constituant *via* leurs champs morphiques, lesquels organisent à leur tour les organes, et ainsi de suite jusqu'aux niveaux cellulaires et infracellulaires.

Certaines sociétés animales se caractérisent par une telle intégration des individus en un tout de niveau supérieur que les sociobiologistes, eux-mêmes, semblent s'accorder pour les considérer comme des organismes unitaires. Maints invertébrés coloniaux sont composés d'individus liés de façon si harmonieuse qu'ils donnent, de prime abord, l'impression d'être un organisme unique. Ce type d'organisation atteint sa forme extrême dans les colonies de siphonophores, sortes de méduses vivant dans l'océan où elles utilisent leurs tentacules piquants pour capturer des poissons et autres petites proies. Un exemple bien connu est le guerrier portugais; un autre le *Nanomia*, composé de multiples organismes individuels spécialisés (Fig. 13.2). Au sommet se trouve un individu transformé en flotteur. Sous lui, les nectophores, organismes agissant comme de petits soufflets, expulsent des jets d'eau qui propulsent la colonie – ils modifient la direction des jets en altérant la forme de leurs orifices. Grâce à leur action coordonnée, la colonie *Nanomia* peut se déplacer avec une célérité et une vigueur impressionnantes, tourner à n'importe quel angle et dans n'importe quel plan, ou exécuter

de véritables «loopings». Viennent ensuite les gastrozoïdes, organismes chargés d'ingérer et de digérer les aliments pour le reste de la colonie. De longs tentacules en émergent pour capturer les proies. Il y a aussi les bractées, composées d'organismes inertes semblables à des écailles, qui recouvrent la tige et la préservent des dommages physiques. Enfin, il y a des organismes sexuels, qui fabriquent des gamètes lesquels engendrent, par fertilisation, de nouvelles colonies.

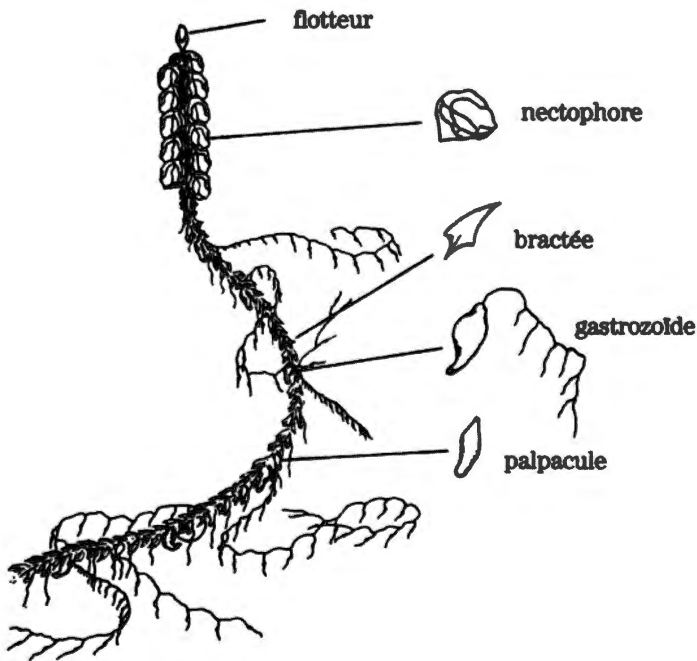


Figure 13.2 Colonie de siphonophores *Nanomia cara*.

Le flotteur, les nectophores, les gastrozoïdes, les bractées et les palpacules, sont modifiés au point de pouvoir être comparés aux organes d'animaux métazoaires uniques (d'après G. O. Mackie, 1964, Royal Society Proceedings B159, 366-91; repris dans Wilson, 1987, p. 390).

Ces individus spécialisés de la colonie sont effectivement semblables aux organes d'un organisme, et d'aucuns sont même connectés et coordonnés *via* des nerfs. De telles formes de vie semblent être à la fois des colonies *et* des organismes<sup>2</sup>. D'autres invertébrés coloniaux, tels que des coraux, peuvent également être considérés comme étant les deux à la fois.

### *Les sociétés d'insectes*

Les insectes sociaux, comme les invertébrés coloniaux, se caractérisent par une spécialisation individuelle marquée. La reine est généralement plus grande que les autres membres de la société et son rôle spécifique est la ponte ; dans certaines colonies de termites, elle produit jusqu'à trente mille œufs par jour<sup>3</sup>. Dans nombre de sociétés de fourmis et de termites, les ouvrières stériles sont divisées en castes, parmi lesquelles les soldats ont de formidables pièces buccales. Même chez les abeilles, où toutes les ouvrières ont même apparence, on note une remarquable division du travail. Dans les ruches, par exemple, certaines abeilles nettoient les cellules et nourrissent la reine et les larves, d'autres construisent et obturent les cellules des rayons, d'autres montent la garde, et d'autres encore se chargent de l'approvisionnement de la ruche. Chaque ouvrière peut remplir chacun de ces rôles, et en général, les assume les uns après les autres – elle commence par s'occuper du nettoyage et finit par se charger de l'approvisionnement.

Les membres des sociétés d'insectes communiquent les uns avec les autres par échange de nourriture, par émission de substances chimiques, par le toucher, et par une série de moyens divers. Le plus remarquable est la fameuse danse par laquelle les abeilles ouvrières, de retour d'une expédition d'exploration, indiquent à leurs congénères le chemin de la nourriture<sup>4</sup>.

Ces sociétés possèdent des propriétés auto-organisatrices étonnantes. Ainsi, les abeilles préservent-elles, avec une constance

remarquable, la température de la ruche, laquelle oscille, du printemps à l'automne, entre 34,5 et 35,5 °C. Ce contrôle est facilité par la manière dont elles scellent le moindre orifice, ne laissant qu'un seul trou à l'entrée. La chaleur animale dégagée par les insectes est la source de chauffage. Pour compenser un abaissement de la température, les abeilles se rassemblent en groupes plus ou moins compacts. Pour lutter contre une chaleur excessive, les ouvrières ventilent la ruche en battant des ailes; si cela ne suffit pas, certaines ramènent de l'eau à la ruche, et la répandent sur les cellules de couvaison; d'autres l'étalent, accélérant ainsi le processus d'évaporation, tandis qu'un troisième groupe expulse l'air humide des cellules de couvaison, et de la ruche<sup>5</sup>.

Selon l'hypothèse qui nous occupe, les champs comportementaux des insectes individuels s'intègrent dans un ensemble supérieur: les champs morphiques de la société dans son ensemble, qui coordonnent les activités des individus. Ces champs ont une étendue spatiale et englobent l'ensemble de la colonie; les individus vivent en eux. C'est *via* ces champs supra-individuels que la colonie voit le jour et préserve sa structure et son organisation, malgré la rotation continue des ouvrières individuelles, dont la longévité est, en général, moindre que celle de la colonie dans son ensemble. Ces propriétés auto-organisatrices des champs permettent, en réalité, aux colonies de réparer leurs nids et de s'adapter aux accidents, dommages et fluctuations environnementales.

La nécessité d'un tel concept devient évidente dès qu'on considère la manière dont les termites construisent leurs nids, qui atteignent parfois des tailles gigantesques et sont d'une complexité extrême – certaines espèces vont jusqu'à élaborer un véritable système de conditionnement d'air.

Le termite champignoniste d'Afrique, *Macrotermes natalensis*, forme de vastes colonies qui subsistent plusieurs années et abritent, à maturité, quelque deux millions d'insectes. Le nid

se développe à partir d'une loge souterraine construite par le couple royal, et peut mesurer plus de trois mètres de hauteur. La cellule royale occupe la base de la termitière. Les multiples chambres, reliées par d'innombrables passages, renferment des masses d'aliments finement mastiqués, sur lesquels les termites cultivent les champignons dont ils se nourrissent. Au-dessus de celles-ci, un vaste espace dégagé est enclos par une enveloppe extérieure, aux parois consolidées par des contreforts. Des canaux, du diamètre d'un bras d'homme, se subdivisent en de multiples conduits s'enfonçant dans les contreforts. L'air, dans les chambres à champignons, est chauffé par le processus de fermentation et par les termites eux-mêmes; cet air chaud s'élève et est dirigé vers le système de canalisation des contreforts, dont les parois poreuses permettent l'échange gazeux: le dioxyde de carbone s'échappe et l'oxygène pénètre de l'extérieur. De ces «poumons», l'air rafraîchi et régénéré emprunte un autre réseau de canaux le ramenant vers la base, d'où il est reinjecté dans le nid<sup>6</sup>.

Les ouvrières construisent ces structures à l'aide de boules de terre consolidées par des excréments ou de la salive. Mais comment les insectes savent-ils où déposer ces matériaux? Selon E. O. Wilson :

Il est impossible d'imaginer qu'un membre d'une colonie puisse voir plus qu'une fraction infime de la termitière ou percevoir dans son entier le plan de l'ouvrage fini. La construction de certains nids nécessite plusieurs générations d'ouvrières, et chaque nouvelle addition doit, en quelque sorte, s'agencer de façon adéquate avec les parties antérieures. L'existence de tels nids impose une conclusion inévitable: les ouvrières travaillent de manière ordonnée et prévisible. Mais comment les ouvrières peuvent-elles communiquer avec une telle efficacité sur de si longues périodes? Par ailleurs, qui possède le plan de construction du nid<sup>7</sup>?

Des observations détaillées ont révélé que la structure de la partie exécutée du nid influence l'évolution du travail, plus que la communication directe entre insectes. Considérons la construction d'arches. Les ouvrières bâtissent d'abord des colonnes, puis si deux colonnes sont suffisamment proches l'une de l'autre, elles les infléchissent (Fig. 13.3) jusqu'à ce que les extrémités inclinées des deux colonnes se rejoignent<sup>8</sup>. Nul ne sait comment cela se fait. Les ouvrières ne voient pas l'autre colonne : elles sont aveugles. Rien n'indique qu'elles mesurent la distance séparant la base des colonnes. En outre, «il est improbable qu'au milieu de la confusion environnante, elles puissent identifier des sons de l'autre colonne par conduction à travers le substrat<sup>9</sup>». En raisonnant par élimination, on est amené à supposer qu'elles situent l'autre colonne par l'odorat<sup>10</sup>.

Bref, nous ignorons toujours comment les termites élèvent ces structures prodigieuses. Qui plus est, l'idée conventionnelle voulant que les aptitudes instinctives soient, en quelque sorte, «programmées» dans le système nerveux devrait nous amener à la conclusion que les termites qui construisent des nids aussi complexes ont des systèmes nerveux plus grands et plus complexes que les espèces qui construisent des nids plus simples. Ce qui n'est pas le cas<sup>11</sup>.

L'hypothèse de la causalité formative suggère une interprétation alternative : la structure des nids est organisée par des champs morphiques englobant les nids dans leur ensemble et renfermant une hiérarchie gigogne de champs associés aux divers éléments de la structure globale. Ces champs ne se trouvent pas dans les termites individuels ; ces derniers s'intègrent dans les champs sociaux.

Si tel est le cas, l'activité organisatrice des champs dépasserait la portée à laquelle des insectes individuels peuvent communiquer les uns avec les autres par l'odorat ou tout autre moyen mécanique. Cette idée peut être soumise à l'expérience et les données en notre possession donnent à penser que de tels effets correspondent à une réalité.

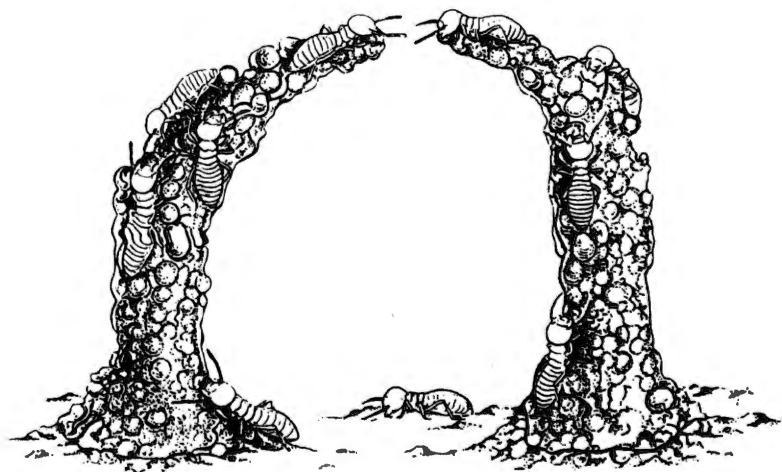


**Figure 13.3** Construction d'une arche par des ouvrières termites de l'espèce *Macrotermes natalensis*. Chaque colonne est bâtie à l'aide de boulettes de terre et d'excréments, que les insectes transportent dans leurs mandibules. Quand les colonnes atteignent une certaine hauteur, les termites, qui sont aveugles, les infléchissent l'une vers l'autre  
(d'après *Animal Architecture*, de Karl von Frisch, illustré par Turid Holldobler. Copyright 1974 par Turid Holldobler. Reproduit avec l'aimable autorisation de Harcourt Brace Jovanovich, Inc.).

Il y a plus de quatre-vingts ans, le naturaliste sud-africain Eugène Marais a réalisé une série d'observations sur la manière dont les ouvrières de l'espèce *Eutermes* réparaient de larges brèches pratiquées dans leurs tertres. Il fut frappé de voir les ouvrières s'atteler à la tâche de tous côtés à la fois, tout en préservant la coordination générale de l'ensemble et sans entretenir le moindre contact les unes avec les autres.

Il réalisa ensuite une expérience simple mais remarquable. Il fit passer par le centre de la brèche une plaque en acier de plusieurs dizaines de centimètres plus large et plus haute que la

termitière. La plaque divisait l'ensemble de la termitière en deux parties distinctes.

Les ouvrières travaillant d'un côté de la brèche ne savaient rien de celles travaillant de l'autre. Pourtant, elles bâtirent une arche, ou une tour, similaire de chaque côté de la plaque. Quand vous retiriez en définitive celle-ci, les termites comblaient la faille et les deux moitiés s'agençaient à la perfection. Comment ne pas conclure qu'il existe, quelque part, un plan préconçu que les termites se contentent d'exécuter<sup>12</sup>?

On obtint le même résultat en installant la plaque d'acier avant de pratiquer une brèche de chaque côté.

À ma connaissance, cette expérience étonnante n'a jamais été renouvelée, or il serait intéressant de la reproduire avec un matériau assurant une meilleure isolation acoustique que l'acier.

Marais compara la reine au «cerveau» de la colonie, et suggéra qu'elle était directement reliée à l'ensemble de la colonie d'une manière transcendant les influences chimiques et autres dispensées par les ouvrières la servant à tous les membres de la colonie. L'hypothèse qui nous occupe permet d'imaginer un tel lien en termes de champ morphique étendu, embrassant à la fois la reine et tous les termites de la colonie. Marais a prétendu avoir démontré l'existence de telles connexions non matérielles au moyen d'expériences simples, du type suivant :

Tandis que les termites restaurent la termitière des deux côtés de la plaque d'acier, creusez un tunnel jusqu'à la cellule de la reine, en prenant soin de ne pas perturber le nid. Emparez-vous de la reine et détruisez-la. Aussitôt l'ensemble de la communauté interrompt son travail d'un côté de la plaque comme de l'autre<sup>13</sup>.

Il semble que ce type de recherche n'ait pas été poussé plus avant. Il serait pourtant intéressant de savoir dans quelle mesure



l'effet observé fut immédiat; le champ morphique de la colonie pourrait produire un effet immédiat, en revanche, la communication sensorielle normale en serait incapable. De telles expériences ne nécessiteraient pas le sacrifice de la reine, il suffirait de la séparer de la colonie.

Des observations inattendues et intrigantes réalisées par Deborah Gordon et ses collègues de l'université Stanford sur des fourmis moissonneuses dans le désert de l'Arizona suggèrent un autre axe de recherche possible. Afin d'étudier de quelle manière les fourmis changeaient de tâches au sein de la colonie, les chercheurs ont recueilli des fourmis et les ont marquées avec de la peinture avant de les libérer et d'étudier quelles tâches elles accomplissaient les jours suivants. Pour les récupérer, ils se sont servis d'un petit aspirateur qui soulevait très rapidement les fourmis, les faisait passer dans un tube et les déposait dans une fiole. «Il a été facile d'aspirer des cueilleuses; les autres cueilleuses ne semblaient pas du tout réagir quand celles que nous aspirions disparaissaient soudain du chemin. Nous étions un prédateur parmi d'autres, tel le lézard à cornes qui se tient sur le côté du chemin et aspire les fourmis, tandis que les cueilleuses survivantes continuent leur chemin, comme si de rien n'était<sup>14</sup>.» Il a également été facile de récupérer des ouvrières chargées des déchets, ainsi que des ouvrières chargées de la maintenance du nid, tant que l'aspirateur fonctionnait correctement. Si de l'air en sortait, le souffle et les odeurs faisaient parfois fuir les ouvrières chargées de la maintenance, qui partaient se mettre à l'abri à l'entrée du nid. Mais les choses se sont passées très différemment quand ils ont voulu récupérer des patrouilleuses: même en n'en aspirant que quelques-unes, en faisant très attention et en respectant un éloignement, toute la colonie pouvait se refermer pour la journée. Au départ, Gordon a pensé que c'était probablement dû au changement du schéma d'interaction entre les patrouilleuses entre elles et avec les autres fourmis. Mais les choses se passaient trop vite:

Quand certaines patrouilleuses à l'extérieur du nid disparaissaient, le reste des patrouilleuses rentrait parfois immédiatement au nid, dans les secondes qui suivaient, bien avant que quiconque ait le temps d'évaluer la vitesse à laquelle les patrouilleuses revenaient. Cela s'est produit quand nous avons disposé l'aspirateur juste au-dessus des patrouilleuses, afin qu'il y ait peu de chances qu'un nuage de phéromones pouvant déclencher l'alarme se forme. Pourtant, les patrouilleuses ont réagi, souvent à une distance qui semblait trop importante pour que les phéromones puissent se déplacer aussi rapidement<sup>15</sup>.

Gordon a ensuite exploré la possibilité que cette réaction dépende de la vitesse à laquelle les patrouilleuses se retrouvaient et se touchaient les antennes. Mais des simulations ont montré que la variation des intervalles entre les interactions était si importante qu'«il serait difficile pour une fourmi de détecter avec fiabilité une diminution de la vitesse des interactions. Je ne sais donc pas comment expliquer la réaction des patrouilleuses<sup>16</sup>».

Ces réactions spectaculaires à la disparition des patrouilleuses se produisaient principalement le matin, peu après le début de l'activité quotidienne du nid et quand les patrouilleuses l'encerclaient. Plus tard dans la journée, quand les patrouilleuses s'en étaient écartées, il était parfois possible de retirer des patrouilleuses sans avoir trop d'effet sur l'activité du reste de la colonie.

Il est probable que les expériences les plus décisives pour faire la distinction entre l'approche conventionnelle des sociétés animalières et l'approche par champs portent sur les fourmis et les termites<sup>17</sup>.

### *Bancs, bandes et troupes*

Certains vertébrés aussi se caractérisent par une coordination individuelle si étroite qu'il n'est guère possible de les distinguer

d'un organisme composé. Maintes espèces de poissons forment des bancs.

Observé d'une certaine distance, un banc de poissons ressemble à un grand organisme. Ses membres, au nombre de deux à trois millions, nagent en formations serrées, obloquent ou changent de direction quasiment à l'unisson. Les systèmes de dominance sont inexistants ou si faibles qu'ils n'ont guère d'influence sur la dynamique du banc dans son ensemble. Il n'y a en outre pas de leadership permanent. Quand le banc tourne vers la droite ou vers la gauche, les individus qui se situaient précédemment sur le flanc prennent la tête du groupe<sup>18</sup>.

Les bancs révèlent des schèmes de comportement caractéristiques, en particulier face à des prédateurs potentiels. Attaqué, un banc peut réagir en formant un trou béant ou vacuole autour de l'agresseur (Fig. 13.4). Souvent le banc se scinde en deux groupes qui s'éloignent l'un de l'autre, contournent l'intrus et se reforment. C'est l'effet fontaine, qui laisse le prédateur en avant du banc. Chaque fois que le prédateur tourne, le banc réagit de la même manière.

La plus spectaculaire défense d'un banc est l'«expansion éclair», ainsi nommée parce qu'observée sur film, elle évoque l'explosion d'une bombe, tous les poissons s'égaillant simultanément en cas d'attaque. L'expansion totale ne dure parfois qu'un cinquantième de seconde, et le poisson peut atteindre une vitesse égale à dix ou vingt fois la longueur de son corps par seconde. Or, les poissons ne se heurtent jamais. «Non seulement, chaque poisson sait, par avance, dans quelle direction il filera en cas d'attaque, mais encore il doit savoir dans quelle direction filera chacun de ses voisins<sup>19</sup>.»

L'un des aspects les plus frappants d'un banc de poissons est sa polarisation, qui fait que les différents poissons nagent en parallèle. Une analyse de la vitesse de certains poissons et des mouvements du banc dans son ensemble a montré que «le banc n'a pas de meneur, c'est-à-dire que la vitesse et la direction ne

sont pas étroitement liées à celles données par un poisson en particulier... Par conséquent, en un sens, c'est tout le banc qui dirige et chaque poisson qui suit<sup>20</sup>».



Figure 13.4 Formation d'un espace vide autour d'un prédateur, dans un banc de poissons (extrait du *Oxford Companion to Animal Behaviour*, édité par D. McFarland, Oxford University Press, 1981.

Reproduit avec l'aimable autorisation de l'éditeur).

La manière dont est coordonné le comportement d'un banc demeure un mystère. Bien sûr, la vision joue son rôle, mais certaines espèces se déplacent en banc même la nuit. En outre, des chercheurs ont aveuglé des poissons au moyen de lentilles opaques, pourtant ceux-ci réussirent à reprendre et à maintenir indéfiniment leur position dans un banc de poissons normaux. Peut-être parvinrent-ils à estimer la position de leurs voisins au moyen d'organes sensibles aux vibrations de l'eau, les «lignes latérales». Cette hypothèse a été testée en provoquant la rupture des lignes latérales au niveau des branchies. L'intervention n'a nullement altéré le comportement des poissons<sup>21</sup>.

Même si on découvrait par quels moyens les poissons ont conscience de leurs positions mutuelles, on n'aurait pas pour autant expliqué des réactions coordonnées aussi rapides que l'expansion éclair : un poisson ne pourrait *pressentir* vers quels points ses voisins sont sur le point de filer.

En revanche, si le banc est organisé par un champ morphique englobant tous les poissons soumis à son influence, ses propriétés pourraient sous-tendre le comportement du banc dans son ensemble et les réactions coordonnées de chaque poisson deviendraient compréhensibles. Certes, il faudrait procéder à des expériences appropriées pour se faire une idée précise de l'opération du champ ; notre connaissance, à ce stade, est si limitée que nous pouvons, au mieux, nous en faire une idée vague.

### *Les vols d'oiseaux*

Les vols d'oiseaux, comme les bancs de poissons, ont une coordination si remarquable de leurs membres qu'ils ont souvent été comparés à un organisme unique. Ainsi, le naturaliste Edmund Selous a-t-il écrit :

Chaque masse d'étourneaux tournait, obliquait, inversait son ordre de vol, passait en un éclair du brun au gris, du sombre au clair, comme si chacun de ses membres était un élément d'un organisme individuel<sup>22</sup>.

Selous observa aussi la manière dont les bandes de vanneaux, de mouettes, etc., s'envolaient instantanément, souvent sans raison apparente.

Un vol de bécasseaux – entre cent cinquante et deux cents dirais-je – se posa sur une plage de vase. Après un certain temps – je les avais tous dans le champ de mes jumelles –, ils s'envolèrent instantanément, sans aucune raison apparente. Ils ne tardèrent pas à se reposer. Un cygne les survola bientôt,

à trente, cinquante centimètres. Qui se serait étonné de les voir s'envoler tous dans un même mouvement? L'un ou l'autre s'éleva à quelques centimètres du sol à peine, et se reposa presque aussitôt tandis que le reste de la bande ne réagit pas. Quelques minutes plus tard, sans provocation apparente, tous reprirent leur vol à l'instant<sup>23</sup>.

Selous étudia le comportement de ces bandes pendant trente ans, et conclut qu'il ne se prêtait à aucune explication sensorielle normale: «Je me demande comment expliquer ces phénomènes sans faire référence à un processus de transmission de pensée d'une célérité telle qu'il engendre une pensée collective quasiment instantanée<sup>24</sup>.»

Des scientifiques ont étudié les mouvements de grandes bandes de bécasseaux en observant sur des films projetés au ralenti la manière dont était initié le mouvement de la bande. Ils ont ainsi découvert qu'il n'était pas vraiment simultané, mais provoqué par un individu, voire par deux ou trois. Cette initiative pouvait survenir en n'importe quel point de la bande, et les manœuvres se propageaient à la manière d'une onde irradiant à partir du site de départ. Ces ondes se déplaçaient très rapidement, se propageant d'un individu à un autre, en moyenne, en 15 millisecondes (15 millièmes de seconde).

Des tests ont été réalisés en laboratoire pour déterminer à quelle vitesse des bécasseaux captifs réagissaient à un stimulus soudain. Le temps de réaction de surprise moyen à un éclair lumineux soudain a été évalué à 38 millisecondes. Il est donc peu probable que l'envol d'un voisin soit à l'origine de leur mouvement, celui-ci étant trop rapide par rapport au temps de réaction de surprise moyen.

Un examen minutieux du film a cependant révélé qu'au tout début du mouvement d'envol, les voisins immédiats de l'oiseau catalyseur réagissaient plus lentement que le reste de la bande: 67 millisecondes, en moyenne.

Wayne Potts, l'auteur de cette fascinante étude, a expliqué ce mouvement par une hypothèse qu'il baptisa «*chorus line*». Il la fonde sur des expériences réalisées dans les années 1950 avec des *chorus line* de danseurs répétant des figures spécifiques initiées par un individu sans avertissement. Les chercheurs évaluaient sur film la vitesse de propagation du mouvement le long de la ligne. Elle fut estimée à 107 millisecondes, en moyenne – une vitesse presque deux fois supérieure à celle d'une réaction visuelle humaine moyenne (194 millisecondes). Selon Potts, les individus voyaient l'onde de manœuvre approcher et estimaient par avance son temps d'arrivée. Il appuya son hypothèse sur ses observations des bécasseaux : la réaction des voisins immédiats de l'oiseau catalyseur était plus lente parce qu'ils ne pouvaient voir avancer l'onde, celle-ci ne s'étant pas encore développée<sup>25</sup>.

Voilà qui semble suggérer une explication purement mécaniste de ce type de phénomène, et rendre inutile le recours à des facteurs «mystiques» tels que la transmission de pensée ou les champs morphiques. Mais est-ce bien le cas ? Il serait intéressant d'examiner plus en détail l'hypothèse de Potts, car c'est l'explication conventionnelle la plus plausible du comportement unitaire des bandes d'oiseaux – la seule pour ainsi dire. Tout d'abord, ces ondes se propageant dans n'importe quelle direction à travers la bande, Potts doit supposer que les oiseaux les sentent et les perçoivent presque instantanément, même si elles s'approchent par derrière. Voilà qui nécessiterait de leur part une attention visuelle continue à 360 degrés, ce qui n'est guère raisonnable.

Supposons pourtant, avec Potts, que ce soit le cas. Un nouveau problème se pose aussitôt. Les oiseaux ne répondent pas à l'onde de manœuvre par un réflexe non spécifique comme dans le cas de la réaction de surprise à un éclair de lumière soudain. Ils modifient leur plan de vol de façon subtile, intégrant avec précision l'angle, la vitesse et la durée du mouvement à ceux

du reste de la bande ; ainsi, malgré la densité du groupe, aucun oiseau ne heurte les autres. Certes, il existe un nombre limité de manœuvres, mais celles-ci ne sont pas quantitativement stéréotypées. Elles sont plus souples qu'une *chorus line*, où les danseurs ne font que reproduire des routines soigneusement répétées. En conséquence, les oiseaux devraient non seulement sentir l'onde en progrès, mais encore en déduire dans quel sens bouger. Leur temps de réaction serait sûrement plus long que dans le cas d'une réaction de surprise non spécifique. Il s'ensuivrait donc que les oiseaux devraient sentir l'onde de manœuvre – sa direction, son angle, sa vitesse – bien plus tôt que ne le suppose Potts ; la nécessité d'une attention indéfectible à 360 degrés serait encore plus impérieuse qu'il n'y paraissait.

Les oiseaux devraient en outre percevoir l'onde de manœuvre comme une gestalt, saisissant le mouvement de la bande dans son ensemble et y réagissant avec précision en fonction de leur position au sein du groupe. Mais ce continuum de la bande perçue comme un ensemble et ce mouvement de schèmes la parcourant évoquent un phénomène de champ : le champ morphique de la bande, selon l'hypothèse qui nous occupe.

L'alternative conventionnelle à cette conclusion consiste à supposer que l'onde de manœuvre a été appréhendée dans l'espace perceptuel, ou «de traitement de données», des oiseaux, et que ceux-ci y ont réagi *via* les activités programmées du système nerveux individuel. Cette interprétation ne fait que déplacer le problème, car nous ignorons tout de la nature de ces programmes, ou principes organisateurs, du système nerveux. L'hypothèse de la causalité formative les assimile à des champs morphiques.

L'hypothèse de la *chorus line* de Potts soulève une autre question. Elle suppose que la propagation rapide des manœuvres le long d'une *chorus line* humaine s'explique de façon mécaniste en fonction de principes physiques connus. Rien n'est moins sûr. Selon notre point de vue, les routines d'une *chorus line* peuvent



elles-mêmes dépendre des champs morphiques stabilisés par résonance morphique des répétitions et performances antérieures.

Donc, même si nous acceptons l'hypothèse de la *chorus line*, celle-ci n'explique pas le mouvement d'envol d'une bande: la nature de l'onde de manœuvre et la manière dont y réagissent les oiseaux se prêteraient mieux à une interprétation en termes de champs morphiques qu'à une approche mécaniste.

Dans tous les cas, ces différents arguments dépendent uniquement de la vue. Les animaux pourront aussi utiliser d'autres sens, comme l'ouïe. Chez les bécasseaux variables, lorsque la volée change de direction, on entend un son spécial qui ressemble à un paquet de cartes que l'on bat<sup>26</sup>. Des oiseaux ont pu réagir aux sons émis par des membres plus éloignés de la volée bien avant de pouvoir les voir.

Rares sont les études aussi détaillées que celle de Potts. La plus impressionnante a porté sur d'énormes nuées d'étourneaux, allant jusqu'à 2 600 oiseaux qui volaient au-dessus de la gare de Rome. Habituellement, les étourneaux se rassemblent le soir et volent tous ensemble au-dessus de l'endroit où ils vont se percher. Pendant une vingtaine de minutes, ils offrent un défilé aérien spectaculaire. Ils forment des nuées très homogènes et aux bords nets. Une équipe de scientifiques, comprenant des ingénieurs et des physiciens, a entrepris de mesurer la manière dont les oiseaux se déplaçaient en installant deux caméras à angle droit l'une par rapport à l'autre. Puis ils ont analysé les vidéos numériques obtenues à l'aide d'un programme informatique capable de suivre le déplacement d'un oiseau en particulier au sein de la volée. Cela représentait un défi technique complexe et aucune de leurs vidéos ne durait plus de huit secondes, en raison de la capacité de stockage limitée de leurs appareils d'enregistrement. De plus, comme les caméras étaient fixes, ils ne pouvaient filmer les étourneaux qu'avec une amplitude de mouvement limitée, c'est-à-dire lorsqu'ils volaient presque horizontalement. Ils ne

pouvaient pas observer d'autres aspects du comportement de la nuée, par exemple sa réaction à une attaque de prédateurs.

Une analyse mathématique détaillée des données a montré que les oiseaux qui étaient suivis étaient influencés par leurs voisins jusqu'à sept étourneaux de là. L'important était le nombre de voisins, plutôt que leur distance par rapport à un oiseau. Cela signifie que quelle que soit la densité des volées, elles étaient caractérisées par des schémas similaires d'influence par les voisins<sup>27</sup>.

Autre découverte importante: quand la nuée tournait, tous les oiseaux changeaient de direction à l'intérieur de la volée, plutôt que de tourner en suivant des trajectoires parallèles. Par exemple, en cas de virage à gauche à 90°, les étourneaux qui se trouvaient à l'avant se retrouvaient à droite, tandis que ceux qui se trouvaient à gauche finissaient devant<sup>28</sup>.

### *Modèles informatiques*

Bien qu'il existe peu d'études du comportement détaillé de volées d'oiseaux et de bancs de poissons, il y a beaucoup de tentatives de simulation informatique du comportement des volées. Craig Reynolds a conçu dans les années 1980 l'un de ces modèles les mieux connus, appelé «boids<sup>29</sup>». Bien sûr, ce modèle n'est que bidimensionnel, mais à première vue, il semble simuler de manière très impressionnante le comportement de la nuée.

Le modèle boids commence par des boids individuels. Ces boids sont programmés pour se comporter d'après trois règles simples:

1. se diriger de telle sorte à éviter d'être trop près des voisins;
2. prendre la direction moyenne suivie par les voisins;
3. se diriger vers la position moyenne des voisins.

En suivant ces règles, une série de boids sur écran informatique se comporte de manière assez similaire à une nuée d'oiseaux.

Ce «comportement émergent» simulé semble montrer que le comportement de la volée dans son ensemble est le produit de l'interaction des individus avec leurs voisins d'après des règles simples, sans qu'il y ait besoin d'un mystérieux principe organisateur. Mais si cela vaut peut-être pour le modèle informatique, il n'y a pas de rapport avec le comportement de véritables nuées tridimensionnelles d'oiseaux. Reynolds a mis au point le programme boids sans commencer par des données en lien avec de vrais oiseaux, mais avec une sorte de programmation informatique associée à «la vie artificielle», typiquement liée à des modèles bidimensionnels dans lesquels des unités de voisins «interagissent» en fonction de règles simples. Des génies des effets spéciaux ont utilisé ces types de programmes pour créer des animations de volées ou de troupeaux pour des films tels que *Le Roi lion* et *Batman : le défi*.

Les modèles informatiques de type boids sont utiles pour produire des animations bidimensionnelles, mais sont loin de la réalité biologique. Bien qu'il y ait peu de recherches portant sur le comportement de vraies nuées, on en sait suffisamment pour écarter le genre d'interaction entre voisins dont dépendent les modèles de type boids. Aujourd'hui, les tentatives de création de modèles mathématiques sont plus sophistiquées. Elles s'appuient sur certains des mêmes principes, mais vont plus loin. Une classe de modèles associe les principes du magnétisme et de l'hydrodynamique. Dans ces modèles, chaque oiseau est similaire à un domaine magnétique au sein d'un aimant en fer. Les voisins s'influencent à travers leurs champs et la nuée dans son ensemble est dotée elle aussi d'un champ, comme un aimant. Mais contrairement à l'aimant, la nuée est en mouvement, polarisée dans une direction spécifique; en introduisant les principes propres à l'écoulement des fluides, il est possible de concevoir des modèles de certaines des caractéristiques de volées d'oiseaux, de bancs de poissons et de troupeaux d'animaux en mouvement<sup>30</sup>.

D'autres modèles considèrent ce qui se passe si quelques membres de la nuée d'oiseaux ou du banc de poissons ont une direction de prédilection, se basant par exemple sur la connaissance de caractéristiques environnementales qu'ignorent les autres membres de la volée. Dans ces modèles, une minorité d'individus ont une préférence forte, tandis que la plupart des membres de la nuée n'en ont pas. En allant dans leur direction de prédilection, les oiseaux motivés peuvent amener toute la nuée à les suivre s'ils ont tous tendance à avancer dans la même direction. Mais si une partie de la minorité motivée veut aller dans une direction, tandis que l'autre veut en prendre une autre, le modèle montre que le résultat dépend d'une sorte de vote à la majorité. Si les groupes d'oiseaux motivés pour aller dans différentes directions sont équivalents, la nuée pourra se diviser en deux. Mais si une direction emporte la majorité, c'est celle-là qui prédominera et la nuée ira dans cette direction, ignorant le choix de la minorité<sup>31</sup>.

Ces modèles montrent clairement que les groupes ont peu de chances de rester homogènes et qu'ils permettent la diffusion des informations si les individus réagissent seulement à ceux qui sont très près : « À mesure que la gamme sensorielle augmente, une réaction à un plus grand nombre de voisins renforce la cohésion et permet un transfert efficace et sur une longue distance des informations directionnelles<sup>32</sup>. » Mais bien que ces modèles fondés sur les préférences affirmées de certains oiseaux puissent expliquer certains aspects des mouvements de la nuée, ils ne peuvent pas tous les expliquer, en particulier dans les moments où les oiseaux ne sont pas en recherche de nourriture ou quand ils ne se dirigent pas vers un quelconque but, mais qu'ils volent simplement ensemble, comme le font les étourneaux avant de se percher.

Bien que ces modèles soient intéressants, ils ne constituent qu'une tentative balbutiante de compréhension des comportements de groupes d'animaux qui avancent d'une manière

coordonnée. Les bancs de poissons et les nuées d'oiseaux ont des rebords très distincts, et ces modèles fondés sur le comportement des voisins n'expliquent pas cet effet. De plus, ils n'expliquent pas non plus comment il se fait que les volées puissent être plus ou moins denses, ce qui provoque les mouvements d'une nuée quand elle semble n'avoir aucune raison de prendre une direction particulière, pourquoi les nuées se séparent et se rejoignent, et enfin comment il se fait qu'une volée réagisse de manière complexe et rapide aux attaques des oiseaux prédateurs.

Les champs morphiques permettent d'envisager différemment le groupe dans son ensemble et son rapport aux champs des individus qui le composent, ainsi que leur réaction à celles de leurs voisins. Doté d'un champ morphique, un groupe peut avoir des habitudes et des modèles de réaction qui ne sont pas simplement la conséquence de la structure des systèmes nerveux de chaque membre de la volée ou de ses réactions à ses voisins. Les données montrent que les mouvements effectués par les voisins sont très importants ; c'est exactement ce à quoi on s'attendrait dans le cas d'un modèle basé sur les champs morphiques portant sur un groupe dont l'une des principales priorités est d'éviter les collisions. Mais l'approche ascendante partant de chaque individu et de ses voisins doit être complétée par un modèle descendant de champ de groupe, champ doté de propriétés propres, dont il a hérité par résonance morphique de groupes similaires par le passé et du passé du groupe lui-même.

Comme les poissons forment des bancs et les oiseaux, des bandes, de nombreuses espèces mammifères forment des troupes ou des meutes. Ces groupes se déplacent de manière coordonnée, parfois à grande vitesse, et jamais les animaux ne se heurtent. Ici aussi l'organisation du groupe peut être appréhendée en termes de champs morphiques<sup>33</sup>. Rappelons qu'il ne s'agit pas d'une *alternative* à la communication visuelle, auditive ou olfactive entre membres du troupeau. Des champs morphiques

ne remplacent pas le besoin de communication sensorielle; ils fournissent plutôt un contexte structuré dans lequel s'intègrent les communications et réactions animales.

### *L'organisation des sociétés animales*

Les bancs, bandes et troupeaux fournissent des exemples spectaculaires de coordination des activités individuelles dans un tout plus grand; mais en réalité, toutes les sociétés animales, par leur nature même, impliquent des schèmes d'organisation et de coordination. Les animaux sociaux entretiennent des relations mutuelles dans le cadre de ces structures.

Dans bien des espèces, la structure sociale est relativement simple et parfois temporaire – mâles et femelles se joignent durant la période de reproduction, coopèrent pour l'accouplement et l'approvisionnement des jeunes, puis se séparent et mènent à nouveau une vie plus ou moins solitaire. À l'autre extrémité du spectre, on trouve une grande variété de structures sociales complexes et durables (termites, chimpanzés, etc.).

Les éthologistes ont décrit en détail de nombreux schèmes d'organisation sociale: hiérarchies de dominance, notamment le *peck order* (littéralement l'ordre des coups de bec) chez les poulets, activités coopératives complexes, notamment le comportement de chasse d'une meute de loups, etc.<sup>34</sup>

Tout le monde s'accorde à reconnaître que les schèmes d'organisation de ces sociétés sont, dans une large mesure, héréditaires. Selon la théorie conventionnelle, ils sont programmés dans les gènes, et l'ordre social «émerge», en quelque sorte, des interactions entre animaux individuels. Mais cela revient, au mieux, à poser le problème en des termes différents. Comment les schèmes d'organisation sociale émergent-ils? Selon l'hypothèse qui nous occupe, ils sont imputables aux champs morphiques, lesquels sont stabilisés par résonance morphique de sociétés similaires

antérieures: les schèmes d'organisation sociale ne sont pas transmis par les gènes.

Rappelons encore que la notion de champs morphiques sociaux n'est pas une alternative aux multiples formes d'interaction et de communication entre animaux au sein du groupe. Mais un signal physique ou chimique, un geste, un appel n'ont de signification que dans le cadre d'un contexte – un fait n'est significatif qu'en vertu de sa relation avec d'autres éléments. Les champs morphiques sont ce qui sous-tend ces schèmes de relations et de sens.

De même, les champs morphiques ne sont pas des *alternatives* aux éléments physiologiques influençant le comportement, notamment les hormones. Ainsi un accroissement de la quantité d'hormones sexuelles dans le flux sanguin d'oiseaux pourra-t-il déclencher la phase d'accouplement. Mais le comportement caractéristique d'oiseaux paradant, nidifiant, incubant, et élevant leurs jeunes ne dépend pas uniquement de la chimie des hormones sexuelles: des espèces différentes ont des schèmes de comportement différents, or les hormones sexuelles sont les mêmes. En réalité, celles-ci suscitent des modifications physiologiques et biochimiques spécifiques branchant les oiseaux sur les champs morphiques du comportement d'accouplement, y compris sur les champs sociaux régissant les activités complémentaires des mâles et des femelles.

### *L'héritage culturel*

Un animal se comporte d'une manière caractéristique de son espèce et a, dans ce cadre, des habitudes et particularités propres. De même, une société animale ressemble, plus ou moins, aux autres de même espèce, tout en ayant ses coutumes, habitudes ou traditions propres. De nombreux schèmes de comportement sont liés au territoire ou micro-environnement occupé par le

groupe et sont adoptés par ses nouveaux membres, surtout les jeunes grandissant en son sein. Il existe, en effet, une sorte de mémoire sociale. Des exemples spectaculaires de comportement traditionnel sont fournis par les animaux migrateurs. Ainsi, les troupeaux de rennes suivent-ils toujours les mêmes routes de migration et retournent-ils chaque année vers les mêmes terrains de vèlement. Plusieurs espèces de canard, d'oie, de cygne migrent en bandes rassemblant des individus de tous âges et suivent des routes traditionnelles année après année; on a établi que certains oiseaux coloniaux ont utilisé les mêmes aires de ponte pendant plusieurs siècles<sup>35</sup>.

Ces schèmes de comportement de groupe ont une autonomie dépendant du groupe lui-même; ils ne se transmettent pas à un niveau individuel. Des jeunes d'un groupe, élevés au sein d'un autre de même espèce, tendent à copier les schèmes du groupe d'adoption. Ces habitudes ou traditions se développent sur plusieurs générations, *via* la participation d'innombrables individus. Ce sont des formes de transmission culturelle.

Les biologistes s'accordent sur le fait que la génétique ne peut expliquer l'héritage culturel, celui-ci dépend d'un type de transmission se déroulant au niveau du groupe.

La forme la plus simple de transmission culturelle pourrait s'expliquer en termes d'apprentissage imitatif individuel. Ainsi est-il fréquent que se développent des dialectes locaux, chez les espèces d'oiseaux qui apprennent leurs chants en écoutant ceux des adultes voisins. Mais dans la mesure où les traditions culturelles dépendent du comportement du groupe dans son ensemble, la tradition est transmise par le groupe lui-même.

Du point de vue de l'hypothèse de la causalité formative, les champs morphiques du groupe modèlent le comportement social. Dans des circonstances particulières, ils seront influencés, *via* la résonance morphique, par le comportement de tous les groupes similaires antérieurs, s'étant trouvés dans des circonstances



identiques. Mais un groupe donné se ressemblant plus à lui-même dans le passé qu'à tout autre, il sera soumis à une influence plus forte et plus spécifique de la résonance morphique de ses propres schèmes d'activité antérieurs. Cette autorésonance est le mode de transmission des traditions du groupe. Les champs morphiques du groupe contiennent une sorte de mémoire de groupe.

Nous avons vu, dans ce chapitre, comment la notion de champs morphiques sociaux permet d'appréhender les sociétés animales comme des unités morphiques sociales, des holons ou des superorganismes sociaux, et comment elle aide à comprendre la coordination du comportement des organismes individuels dans l'unité sociale: colonie, banc, meute, troupe, groupe ou couple. La transmission de ces champs sociaux se produit par résonance morphique d'unités sociales similaires antérieures; et l'autorésonance du passé d'un groupe stabilise ses caractéristiques et traditions particulières. Considérons maintenant comment ces principes s'appliquent aux sociétés et cultures humaines.



# Chapitre 14

## Les champs des sociétés et cultures humaines

Les sociétés et cultures humaines ont des schèmes caractéristiques. Dans les sociétés traditionnelles du passé, les structures sociales et culturelles préservaient leur stabilité pendant plusieurs générations, en dépit du renouvellement constant de ses membres. Les sociétés modernes ont, elles aussi, des schèmes distincts, durables ; ainsi, le mode de vie américain est-il nettement différent du polonais ou du japonais. En outre, on trouve au sein des sociétés modernes de multiples entités sociales, culturelles et religieuses spécifiques : familles, entreprises, conseils communaux, syndicats, équipes de football, forces de police, usines, églises, quatuors à cordes, clubs, écoles, partis politiques, etc. Toutes possèdent des schèmes d'organisation propres, des règles écrites ou tacites, des coutumes et des traditions.

L'existence de schèmes d'organisation sociale et culturelle est admise par chacun à des degrés divers. Nous ne pourrions fonctionner en tant que membres de groupes sociaux sans une certaine connaissance de ses us et coutumes. Examinons, dans ce chapitre, l'influence éventuelle des champs morphiques sociaux et culturels sur l'organisation de ces schèmes.

Pour ce faire, il ne suffit pas d'inventer une terminologie nouvelle. Cette approche nous permet, en effet, d'appréhender les schèmes d'organisation sociale et culturelle dans un contexte plus large qu'à l'accoutumée. Les champs morphiques sociaux et culturels sont en effet de même nature générale que les champs morphogénétiques des molécules protéiques, des saules, des embryons de poulet ; que les champs comportementaux

des castors ou des mésanges ; que les champs sociaux des termites et des bandes d'oiseaux ; que les champs mentaux propres à la pratique des mathématiques ou à l'élaboration de plans. Les modèles socioculturels humains dépendent de la causalité formative et sont soumis à la résonance morphique, qui joue un rôle essentiel dans la transmission de ces modèles.

Voyons, pour commencer, comment les théories conventionnelles des sciences sociales interprètent l'organisation des sociétés et des cultures humaines.

### *Les sociétés humaines considérées comme des organismes*

Toutes les sociétés humaines présentent, malgré leur riche diversité, des traits fondamentaux communs. Elles impliquent l'intégration d'individus dans des groupes sociaux ; elles ont un langage, des structures d'organisation familiale et sociale, des systèmes de moralité, des mythes et rituels liés, d'une certaine façon, à l'origine et à la perpétuation du groupe social ; elles ont des coutumes, des traditions, des us spécifiques ; elles imposent à leurs membres une série d'obligations, de règles et de lois ; elles fonctionnent comme des tous auto-organisateurs, plus ou moins cohérents.

Qui plus est, tous les groupes sociaux et sociétés impliquent une conscience du groupe, entité unitaire. Les individus non seulement appartiennent à des familles, tribus, clans, communautés, nations, équipes, écoles, régiments, universités, compagnies, corporations, clubs ou associations, mais encore ils *savent* qu'ils sont membres du groupe dont ils se font une certaine idée. Ils sont de même conscients de l'existence d'autres entités sociales auxquelles ils n'appartiennent pas.

L'idée que les sociétés sont des tous plus grands que la somme de leurs composantes individuelles ne semble contestée

par personne. Elle fait partie intégrante de notre bagage personnel. Le parallèle entre sociétés et organismes est si évident qu'on le retrouve dans des expressions courantes: le *corps* politique, le *bras* de la justice, la *tête* de l'État. Les économies sont elles aussi perçues comme des organismes vivants: elles se développent et croissent, elles créent des demandes, consomment des ressources, sont saines ou malades, etc. Le discours politique abonde en expressions traduisant la réalité d'entités collectives telles que les partis, les groupes de pression, les classes sociales, les syndicats, les compagnies, les corporations, les corps constituants. Des concepts aussi vagues que la volonté du peuple, l'intérêt national, les sphères d'influence et la défense du territoire ne sont pas de simples abstractions: ils jouent un rôle majeur dans l'élaboration des politiques et ont d'importantes répercussions au niveau mondial.

Partout, les visions organiques de la société ont valeur de tradition; elles prédominent même en Occident. Seul l'individualisme, qui joue un rôle majeur dans la philosophie politique depuis le XVII<sup>e</sup> siècle, les a contestées. Il s'est développé en parallèle avec la science mécaniste et la philosophie atomiste de la nature. L'individualisme représente une conception atomiste de la société. La communauté n'est pas une entité unitaire supérieure à laquelle l'individu est subordonné; c'est l'individu qui constitue la réalité primaire, et les sociétés ne sont que des rassemblements d'individus. Or, poussé à l'extrême, l'individualisme débouche sur l'anarchie pure et simple et peu sont enclins à le suivre dans cette voie. Sur un plan politique, l'individualisme implique que l'État ne doit pas interférer plus que nécessaire avec la liberté individuelle. Tel est le thème central de la tradition libérale et de ses dérivés modernes à droite. La suprématie de l'État dans le maintien de l'ordre, le respect des lois, l'imposition, les relations internationales et bien d'autres domaines est plus ou moins contestée. En pratique, les différences entre idéologies collectivistes

(socialisme) et individualistes (néolibéralisme) sont question de degré. Toute idéologie est essentiellement collectiviste, en ce sens qu'elle reconnaît que les organisations sociales (partis politiques, systèmes législatifs, armées, États-nations) sont forcément plus grandes que la somme de leurs parties.

Selon l'hypothèse de la causalité formative, toute entité sociale est organisée par des champs morphiques, lesquels sont organisés selon des hiérarchies gigognes de champs dans des champs, comme tous les systèmes organisés à tous les niveaux de complexité, des molécules aux écosystèmes.

### *L'héritage culturel*

Le mot «culture» vient du latin *colere*, labourer, cultiver; on retrouve ce sens premier dans des termes tels qu'agriculture. De même que l'agriculture implique d'imposer un ordre nouveau à la terre, qui dans son état naturel est sauvage et inculte, la culture humaine est, par implication, non naturelle. Elle n'apparaît pas spontanément chez l'enfant; elle lui est dispensée par l'enseignement. En ce sens, culture s'oppose à nature.

Mais dans un autre sens, la culture est naturelle. Aucun être humain n'existe sans une culture, comparable d'ailleurs à un organisme vivant: elle a une forme héréditaire; elle est, à des degrés variables, auto-organisatrice; elle se modifie et évolue. La même ambiguïté caractérise l'agriculture; dans un sens, elle est artificielle, mais dans un autre, les récoltes sont naturelles: elles ont une vie propre; elles se développent en accord avec les rythmes naturels du jour et de la nuit, des saisons et du climat; en outre, les récoltes et les systèmes agricoles changent et évoluent.

Les scientifiques sont presque unanimes à reconnaître que l'héritage d'une culture ne peut s'expliquer par les gènes<sup>1</sup>. Il est évident que les bébés apprennent le langage de leurs parents, naturels ou adoptifs, et assimilent leur culture. Par ailleurs, dans

une société donnée, les us et coutumes se transmettent de génération en génération, et bien que réelle, cette transmission ne peut être génétique. Les sociobiologistes eux-mêmes, pourtant chauds partisans du néodarwinisme, ne prétendent pas que les formes culturelles font l'objet d'une programmation génétique. E. O. Wilson, par exemple, confine le rôle de l'évolution génétique à l'aptitude humaine innée à développer une culture ou une autre. « Dans la mesure où les détails spécifiques de la culture ne sont pas de nature génétique, ils peuvent être extraits du système biologique et disposés à côté de lui en une sorte de système auxiliaire<sup>2</sup>. » Richard Dawkins pousse plus loin cette approche avec son concept de *mèmes*, qu'il définit comme des « unités d'héritage culturel<sup>3</sup> ». Il les compare à des gènes égoïstes :

Voici quelques exemples de mèmes : chansons, idées, slogans, modes, façons de réaliser des pots ou des arches. De même que les gènes se propagent, dans le pool génétique, de corps en corps *via* les spermatozoïdes et les ovules, les mèmes se propagent, dans le pool mémique, de cerveau en cerveau *via* un processus d'imitation au sens large du terme [...]. Ainsi que mon collègue N. K. Humphrey l'a clairement résumé : « Des mèmes devraient être considérés comme des structures vivantes, non seulement métaphoriquement mais encore techniquement<sup>4</sup>. »

Dawkins semble considérer les mèmes comme des unités d'héritage culturel atomistes, de même qu'il appréhende les gènes comme des unités d'héritage biologique atomistes ; cet aspect de son hypothèse a été vivement critiqué par les scientifiques sociaux et les anthropologues, qui envisagent, pour la plupart, les cultures en termes organiques, comme des tous aux éléments liés par des schèmes d'interconnexion cohérents. Dawkins a répondu en proposant l'existence de « complexes co-adaptés de mèmes », expression que Susan Blackmore a raccourcie en « mèmplexes<sup>5</sup> ».

Les champs morphiques possèdent certaines des caractéristiques que Dawkins attribue aux mèmes : ce sont des «structures vivantes» propagées dans les sociétés par un processus qu'on peut dire d'imitation – au sens large du terme. Pourtant, les champs morphiques culturels ne sont pas des unités culturelles atomiques susceptibles d'être déplacées et permutées au hasard ; ils sont structurés, comme les autres types de champs morphiques, selon des hiérarchies gigognes. Et ils ne sont pas uniquement transmis par imitation, mais leur acquisition est favorisée par la résonance morphique. Toutes choses égales par ailleurs, plus un champ morphique culturel a été réalisé, plus grande sera la probabilité de sa récurrence. Il deviendra de plus en plus habituel.

La vie personnelle et mentale de tout être humain est façonnée par la culture, notamment par la langue et le patrimoine culturel qu'elle véhicule ; songez, par exemple, aux différences entre des individus élevés en Allemagne ou en Italie. En outre, chaque société humaine possède des structures et des schèmes inséparables de son patrimoine culturel. Selon l'hypothèse qui nous intéresse, les enfants sont soumis, en grandissant, à l'influence de divers champs morphiques sociaux, et s'accordent à diverses chréodes culturelles, dont l'apprentissage est facilité par résonance morphique : ainsi, les petits Américains apprennent-ils à jouer au baseball, et les Anglais au cricket. Les rôles sociaux qu'assume un individu – compagnon de classe, secrétaire, gardien de but, mère, patron, ouvrier, etc. – sont façonnés par des champs morphiques stabilisés par la résonance morphique de ceux qui ont assumé ces rôles par le passé. De même, les schèmes de relation entre divers rôles sociaux – par exemple, entre ouvrier et patron – sont façonnés par les champs morphiques de l'unité sociale, maintenus par résonance du passé du groupe et d'autres groupes plus ou moins similaires.



## *Les théories d'organisation sociale et culturelle*

Au XIX<sup>e</sup> siècle, la préoccupation majeure des théoriciens sociaux était le changement social. Le siècle naissait dans la foulée des révolutions française et américaine, au milieu des premiers balbutiements de la révolution industrielle anglaise. Les changements sociaux étaient des réalités indéniables, et c'est dans ce contexte que naquit la sociologie. Pour ses fondateurs, notamment Saint-Simon et Auguste Comte, la société était un organisme en développement se prêtant à une interprétation positiviste. Non seulement il était possible de la comprendre en termes de lois sociologiques, mais encore cette connaissance permettait de contrôler le comportement humain, et en particulier de favoriser le développement du socialisme. C'est alors que Karl Marx formula sa théorie de la transformation sociale par la lutte de classes et s'efforça de discerner les lois qu'adopteraient les sociétés en développement au fil de leur progression vers l'état communiste final – société sans classes, dans laquelle disparaîtraient les tensions historiques. La lutte de classes étant le «moteur de l'histoire», l'accomplissement de cet état final marquerait la «fin de l'histoire ordinaire».

Les théories sociales n'étaient pas le monopole des socialistes et des communistes. Des théories capitalistes florissaient également, surtout en Grande-Bretagne et en Amérique, sous l'influence de Herbert Spencer. Celui-ci, qui s'intéressait essentiellement à l'évolution sociale, s'employa à populariser le concept évolutionniste en général – il employa le terme *évolution* avant Darwin. Mais si Spencer insistait sur la notion de société-organisme, il l'interprétait d'une manière individualiste paradoxale. La société est un organisme «dont la vie associative doit être soumise aux parties et non la vie des parties, au tout associatif».

Darwin et ses disciples insistèrent sur l'importance de la compétition entre organismes individuels dans la lutte pour

la survie. Le principe de la survie du plus apte, combiné à une théorie individualiste de la société, fournit une justification apparemment scientifique du capitalisme : les inégalités en matière de richesse, de position et de pouvoir sont inévitables. Ce principe n'était pas confiné à des *individus* dans une société donnée, mais étendu à des *groupes* sociaux entiers. La compétition et la lutte entre ces groupes étaient censées avoir relevé le niveau évolutif de la société dans son ensemble. Cette idée engendra une série de théories spéculatives d'évolution sociale connues sous le nom générique de darwinisme social<sup>7</sup>. Ces théories exercèrent une influence politique considérable, et furent souvent invoquées pour justifier l'impérialisme en général et l'Empire britannique en particulier. Aux États-Unis, elles fournirent une explication commode à la domination des races blanches « évoluées » aux dépens des Indiens « primitifs » ; en Australie, elles justifiaient l'appropriation par les colons des terres des aborigènes « arriérés », etc.

Différents auteurs complétèrent les détails de ce schème général avec les éléments qui leur parurent appropriés, et dans ce secteur comme dans d'autres, le darwinisme se prêta à une spéculation presque débridée.

### *Fonctionnalisme et structuralisme*

Il se produisit, dans les premières décennies du xx<sup>e</sup> siècle, une vive réaction contre ce type de spéculations de salon, et nombre de sociologues et d'anthropologues insistèrent sur la nécessité d'étudier les sociétés telles qu'elles sont *en réalité*, sans se soucier de la manière dont elles le sont devenues. Le cadre théorique le plus populaire pour ces études fut nommé fonctionnalisme, il occupa une position prédominante, sous diverses formes, jusque dans les années 1960. La première métaphore était de nature physiologique : le fonctionnement de structures telles que le cœur, le foie et les reins, sert les besoins de l'organisme

dans son ensemble et de sa conservation dans un état plus ou moins stable, de même les fonctions d'institutions et d'activités sociales servent la préservation de la société dans son ensemble, telle qu'elle existe dans son environnement.

La théorie des systèmes s'apparente au fonctionnalisme, et fournit le modèle dominant en sociologie dans les années 1950 et 1960<sup>8</sup>. Elle accentue les principes d'interaction, de feed-back et d'homéostasie. La théorie des systèmes est très influencée par la cybernétique – la théorie de la communication et du contrôle. Elle a été appliquée à l'étude des processus politiques, de l'industrialisation, des organisations complexes, etc. Elle sert de base aux modèles informatiques, désormais en usage courant dans les organisations commerciales, gouvernementales et militaires.

L'école structuraliste, qui a vu le jour au lendemain de la Seconde Guerre mondiale, présente de nombreux points communs avec le fonctionnalisme, notamment la conviction que les sociétés sont des tous organiques. Mais plutôt que d'expliquer les structures sociales et culturelles par rapport à leurs fonctions sociales, les structuralistes cherchent à discerner les structures non observables sous-tendant les phénomènes observables tels que les mythes, les systèmes familiaux, les classifications animales et végétales, les schèmes d'échange de biens. Le fonctionnalisme apparaît désormais comme une «version rudimentaire» du structuralisme, qui l'a supplanté sur différents points<sup>9</sup>.

L'approche structuraliste a exercé une influence majeure non seulement sur l'anthropologie et la sociologie, mais encore sur la linguistique, surtout à travers l'œuvre de Noam Chomsky, sur l'étude de l'art et de la littérature, et sur la manière d'appréhender la forme en biologie<sup>10</sup>. Les modèles mathématiques des champs morphogénétiques de René Thom, de Goodwin et de Webster furent élaborés dans un contexte structuraliste général.

Mais que *sont* ces structures sous-jacentes? Elles font parfois songer aux Idées ou Formes platoniciennes. Certains structuralistes semblent, en effet, appartenir à la tradition platonicienne ou

idéaliste; d'autres le nient et cherchent à réduire ces structures à des mécanismes physico-chimiques. L'anthropologue français Claude Lévi-Strauss, notamment, assimilait les structures culturelles et sociales à d'hypothétiques mécanismes du cerveau. Son propre développement intellectuel fut fortement influencé, dans les années 1940, par les travaux des pionniers de la cybernétique, de l'informatique et de la théorie de l'information; il a suggéré que l'«algèbre du cerveau» pourrait être représentée sous l'aspect d'une matrice rectangulaire de deux (ou plusieurs) dimensions, susceptibles d'être lues de haut en bas, ou de gauche à droite, à la manière d'une grille de mots croisés<sup>11</sup>. Les oppositions binaires, représentées par + et –, sont comparables aux codes binaires sur lesquels travaillent les ordinateurs. Et nous voici ramenés à la métaphore de l'ordinateur.

Le structuralisme et le fonctionnalisme ont à résoudre une sérieuse difficulté; ils impliquent, en effet, que les sociétés sont des organismes harmonieusement intégrés, et que leurs institutions servent à préserver un état plus ou moins stable. Or, maintes sociétés et institutions sociales ne sont ni harmonieuses ni équilibrées: elles se transforment. Songeons à la Russie, au Brésil, au Kenya et, en réalité, à toutes les sociétés du siècle passé. Ni le fonctionnalisme ni le structuralisme n'expliquent de manière satisfaisante de tels changements; c'est peut-être là leur principale faiblesse, et la raison majeure de leur déclin. Les explications du changement social se fondant sur les notions de lutte, de compétition, d'opposition et de conflit prônées par les marxistes et les darwiniens semblent plus plausibles que les théories fonctionnalistes d'un état social stable, ou que les théories structuralistes de schèmes immuables dans l'esprit humain. L'étude empirique du changement social, consécutif, par exemple, à l'urbanisation ou au développement rural, est devenue le sujet de préoccupation majeur de nombreux sociologues et anthropologues contemporains.

Interpréter les schèmes sociaux et culturels en termes de champs morphiques permet de préserver les intuitions importantes du fonctionnalisme et du structuralisme, tout en dépassant le dualisme platonisme-réductionnisme dont ils n'ont pas encore réussi à se dégager. Le fonctionnalisme insiste sur les interconnexions fonctionnelles entre les parties d'une société, et le structuralisme, sur les schèmes ou structures sous-jacents. Tous deux semblent éminemment compatibles avec la notion de champs morphiques<sup>12</sup>. Ces champs structurent le langage humain, la pensée, les coutumes, la culture et la société; ils organisent, en outre, les interconnexions de leurs composantes. Ils sont stabilisés par l'autorésonance du passé d'une société et par la résonance morphique de sociétés similaires antérieures. Les champs morphiques étant des structures de probabilité, les régularités sociales et culturelles devraient être de nature statistique plutôt que déterminées avec précision – ce que vérifient les faits.

Mais que dire des changements sociaux et culturels? Les champs morphiques ont, en général, un effet stabilisateur et conservateur; ils n'expliquent pas en soi l'initiative des changements. Il ne fait aucun doute que ceux-ci dépendent d'une série de facteurs: le contact ou le conflit entre sociétés, classes ou systèmes culturels différents; les modifications de l'environnement; le développement de technologies nouvelles, de la télévision aux smartphones. Ici, comme ailleurs, l'origine des nouveaux champs dépend de circonstances et de processus créatifs inexplicables en termes de répétition (*cf.* chapitre 18). Mais dès que de nouveaux schèmes d'activité sont manifestes, leur propagation et leur adaptation peuvent fort bien être facilitées par résonance morphique. Des schèmes de changement social souvent répétés – dans le processus d'urbanisation, par exemple – peuvent être façonnés par des chréodes et stabilisés par résonance morphique.

## *Esprit de groupe*

Des influences sociales intangibles sont courantes. Maintes expressions du langage quotidien s'y réfèrent : la *force* de la tradition, la *pression* sociale, le *poids* du conformisme, etc. Nous avons tous éprouvé, en l'une ou l'autre circonstance, le sentiment de honte ou de satisfaction, associé à la désapprobation ou à l'approbation sociale ; nous sommes aussi familiers des influences invisibles qu'on nomme solidarité sociale, loyauté, morale, esprit d'équipe.

Pour Émile Durkheim, l'un des fondateurs de la sociologie au XIX<sup>e</sup> siècle, de telles influences organisatrices représentaient des aspects de la *conscience collective*. Il définit celle-ci comme « l'ensemble des croyances et des sentiments communs aux membres moyens d'une société unitaire qui forme un système déterminé doté d'une vie propre ». Elle a ses « propriétés distinctives, ses conditions d'existence, et son mode de développement propres ». Elle transcende la vie des individus : « Ils passent et elle reste<sup>13</sup>. »

Sigmund Freud lui-même fut contraint de conclure à la nécessité de penser qu'il n'y avait pas seulement des esprits individuels, mais aussi des esprits collectifs :

Nous postulons l'existence d'une âme collective dans laquelle s'accomplissent les mêmes processus que ceux ayant leur siège dans l'âme individuelle [...]. Sans l'hypothèse d'une âme collective, d'une continuité de la vie psychique de l'homme, qui permet de ne pas tenir compte des interruptions des actes psychiques résultant de la disparition des existences individuelles, la psychologie collective, la psychologie des peuples ne saurait exister. Si les processus psychiques d'une génération ne se transmettaient pas à une autre, ne se continuaient pas dans une autre, chacune serait obligée de recommencer son apprentissage de la vie, ce qui exclurait tout progrès et tout développement. Et, à ce propos, nous

pouvons nous poser les deux questions suivantes : dans quelle mesure convient-il de tenir compte de la continuité psychique dans la vie des générations successives ? De quels moyens une génération se sert-elle pour transmettre ses états psychiques à la génération suivante ? Ces deux questions n'ont pas encore reçu une solution satisfaisante ; et la transmission directe par la tradition, à laquelle on est tenté de penser tout d'abord, est loin de remplir les conditions voulues<sup>14</sup>.

Freud conclut qu'une partie importante de cet héritage mental collectif faisait l'objet d'une transmission inconsciente.

William McDougall, éminent psychologue social (auteur des expériences sur la transmission du comportement appris chez les rats, cf. chapitre 9), en arriva à une conclusion semblable : les sociétés ont une autonomie se prêtant mieux à une interprétation en termes d'esprit de groupe :

Quand une société jouit d'une vie prolongée et devient hautement organisée, elle acquiert une structure et des qualités, qui sont, dans une large mesure, indépendantes des qualités des individus la composant et participant à son existence pour une brève période. Elle devient un système de forces organisé, doté d'une vie et de tendances propres, d'un pouvoir de façonner ses composantes individuelles et de se perpétuer en tant que système auto-identique soumis uniquement à un changement lent et progressif [...]. Nous pouvons décrire un esprit comme étant un système organisé de forces mentales ou finalisées et dire que, dans ce sens précis, une société humaine très fortement organisée possède un esprit collectif. En effet, les actions collectives constituant l'histoire d'une telle société sont conditionnées par une organisation qui ne peut être décrite qu'en fonction de l'esprit et qui pourtant n'est pas comprise dans l'esprit d'un quelconque individu ; la société est

plutôt constituée par le système de relations existant entre les esprits individuels, qui sont ses unités composantes<sup>15</sup>.

Ces idées ont exercé une influence considérable durant les premières décennies du XX<sup>e</sup> siècle, mais ont perdu de leur respectabilité chez les intellectuels occidentaux après la Seconde Guerre mondiale. Cela peut s'expliquer en partie par le climat de plus en plus réductionniste du monde académique, mais aussi par les manifestations terrifiantes de la psyché collective dans l'Allemagne nazie et dans d'autres mouvements nationalistes. La notion de principes organisateurs invisibles, transcendant les individus constituant une société, subsiste, mais ceux-ci sont désormais parés de termes plus neutres tels que schèmes de relations<sup>16</sup>, structures sociales, consensus social. Ces derniers sont aussi vagues que l'esprit de groupe, et soulèvent les mêmes types de problèmes : les tentatives visant à les réduire à des mécanismes du cerveau d'individus spécifiques semblent inappropriées et peu convaincantes. Quant aux interprétations en termes de Formes platoniciennes immuables, elles paraissent incompatibles avec une réalité historique mouvante. L'hypothèse de la causalité formative permet d'englober ces structures, schèmes et consensus, avec les notions d'esprit de groupe et de *conscience collective*, au sein de la notion de champs morphiques.

### *Comportement collectif*

Le comportement collectif est un terme employé par les sociologues pour désigner «la manière dont les individus se comportent au milieu de foules, de paniques, de modes, de cultes, de mouvements sociaux réformateurs et révolutionnaires, ou d'autres groupements similaires<sup>17</sup>». Il a été défini comme «le comportement d'individus soumis à l'influence d'une pulsion commune et collective, en d'autres termes, c'est le résultat d'une interaction sociale<sup>18</sup>». On a consacré de nombreuses études à la



propagation de rumeurs, de bons mots, de modes, d'hystéries collectives, d'émeutes, etc. ; pourtant aucune théorie ne permet d'expliquer ces phénomènes<sup>19</sup>.

Nous avons vu que le comportement de bancs, de bandes, de troupeaux et de hordes d'animaux suggère que des champs englobent tous les individus les composant. L'idée de ces champs d'influence peut également éclairer le comportement collectif des humains. Ainsi a-t-on souvent comparé des masses à des organismes composés, ayant leurs lois et propriétés propres. Elias Canetti a réalisé une classification utile des masses, en recensant divers types aux propriétés très distinctes. Du point de vue qui nous occupe, ceux-ci peuvent être interprétés comme des types différents de champs de foule. Un type fondamental est la masse ouverte :

Voici un phénomène aussi énigmatique qu'universel, la masse qui paraît subitement là où il n'y avait rien auparavant [...]. Dès qu'elle est constituée, elle tend à *augmenter*. Cette tendance à s'accroître est la propriété première et dominante de la masse [...]. La masse naturelle est la masse *ouverte* : son accroissement ne connaît pas de limite, en principe. Elle ignore maisons, portes et serrures ; ceux qui s'enferment à son approche lui sont suspects [...]. La masse ouverte existe aussi longtemps qu'elle s'accroît. Sa désintégration commence dès qu'elle cesse de croître<sup>20</sup>.

Canetti oppose ce type extrême de masse spontanée à la masse fermée :

Celle-ci renonce à s'accroître et s'attache surtout à durer. Ce qui frappe d'abord en elle est la *limite* [...]. La limite empêche un accroissement désordonné, mais elle est aussi un obstacle et un frein à la dispersion. Ce qu'elle sacrifie ainsi de possibilités d'augmentation, la masse le regagne en stabilité.

Elle est protégée des interventions extérieures qui pourraient lui être hostiles et dangereuses. Mais ce sur quoi elle compte tout particulièrement, c'est la *répétition*<sup>21</sup>.

Mais il y a égalité au sein des masses de ces deux types fondamentaux : « C'est en vue de cette égalité que l'on devient masse. Tout ce qui pourrait l'en détourner est négligé. » Par ailleurs, la masse a un but ou une direction. « Un but qui est donné en dehors de chaque individu et est identique pour tous, masque les buts privés, inégaux, qui seraient la mort de la masse. La direction est indispensable à sa permanence [...]. La masse subsiste aussi longtemps qu'elle a un but pas encore atteint<sup>22</sup>. »

Les foules sont temporaires, aussi peuvent-elles nous révéler certains traits de l'organisation sociale collective, qu'on a tendance à considérer comme allant de soi dans des groupes plus permanents. Les *équipes* sont un autre type de groupe temporaire, dont nous avons pour la plupart une expérience directe. Une équipe est plus structurée et plus disciplinée qu'une foule, pourtant l'individu y est subordonné au comportement collectif dirigé vers un objectif commun dans bien des cas : marquer des points.

Quand on interroge des champions sportifs sur leurs expériences en tant que membres d'équipes, certains parlent d'un « sixième sens » leur permettant de se trouver à la bonne place au bon moment ; d'autres, d'empathie et d'intuition. En général, « une force de communication incroyable se développe entre les membres d'une équipe, et l'un en arrive à anticiper les mouvements de l'autre<sup>23</sup> ».

De tels phénomènes se prêtent à une interprétation en termes d'esprit de groupe. L'alternative proposée par les champs morphiques, quant à elle, intègre le concept d'esprit de groupe tout en expliquant l'apparition d'habitudes collectives par l'autorésonance du groupe et la résonance morphique d'autres groupes lui ressemblant. Ainsi, l'équipe de football de Bordeaux ou le Boston Symphony Orchestra ont leurs traditions et leurs éthiques propres,

mais n'en présentent pas moins une ressemblance générique avec toutes les équipes de football et tous les orchestres symphoniques.

### *L'inconscient collectif*

L'inconscient collectif du psychiatre et psychologue Carl Jung présente de nombreux points communs avec le concept d'esprit de groupe, et ce que Jung nomma archétype fait songer à ce que Durkheim nommait «représentation collective<sup>24</sup>». Jung écrivit :

L'inconscient collectif est une partie de la psyché qui se distingue de l'inconscient personnel par le fait qu'il ne doit pas son existence à l'expérience personnelle et n'est donc pas une acquisition personnelle. L'inconscient personnel est constitué d'événements qui, après avoir été conscients, ont disparu de la conscience par oubli ou refoulement ; les éléments de l'inconscient collectif, eux, n'ont jamais été conscients, et n'ont donc jamais fait l'objet d'une acquisition individuelle ; ils doivent leur existence exclusivement à l'hérédité. L'inconscient personnel est composé, en majeure partie, de complexes, alors que le contenu de l'inconscient collectif est formé pour l'essentiel d'archétypes<sup>25</sup>.

Jung a élaboré ce concept, notamment, parce qu'il avait découvert des schèmes récurrents dans les rêves et les mythes, suggérant l'existence d'archétypes inconscients. Il interpréta ceux-ci comme constituant une sorte de mémoire collective innée mais s'avéra incapable d'expliquer comment se transmettait un tel héritage. Son concept est incompatible avec l'hypothèse mécaniste conventionnelle selon laquelle l'hérédité dépend d'une information encodée dans les molécules d'ADN. Même s'il était permis de supposer que les mythes d'une tribu yoruba, par exemple, pouvaient être, d'une certaine manière, encodés dans leurs gènes et que leur structure archétype pouvait être transmise à des membres ultérieurs de la tribu, comment expliquer qu'un Suisse fasse un

rêve qui paraisse issu du même archétype? La notion jungienne d'inconscient collectif paraît absurde dans le cadre de la théorie mécaniste de la vie; les partisans de l'orthodoxie scientifique actuelle ne la prennent donc pas au sérieux. En revanche, elle s'accorde parfaitement à l'esprit de la causalité formative.

Les structures de pensée et d'expérience communes à plusieurs peuples dans le passé contribuent, par résonance morphique, aux champs morphiques. Ceux-ci contiennent, en quelque sorte, les formes moyennes d'expérience antérieure définies en termes de probabilité. Cette idée correspond à la notion d'archétypes jungiens, «structures psychiques innées».

Il n'est pas d'expérience humaine, on le sait – et aucune expérience n'est d'ailleurs possible –, sans l'adjonction d'une disponibilité subjective. Mais en quoi consiste et où réside cette disponibilité subjective à l'expérience? [...] Ainsi, toute la nature de l'homme présuppose la femme et sa nature, aussi bien physiquement que psychiquement – le système vivant appelé homme est *a priori* adapté à la femme, axé sur la femme, de la même façon qu'il est préparé à vivre dans un certain monde où se rencontrent l'eau, la lumière, l'air, le sel, les hydrates de carbone, etc. La forme et la nature du monde, dans lequel l'être naît et grandit, sont innées et préfigurées en lui sous forme *d'images virtuelles*. Ainsi les parents, la femme, les enfants, la naissance et la mort sont innés en lui sous forme de disponibilités psychiques préexistantes sous forme d'images virtuelles. Ces catégories, évidemment de nature collective, sont les images des parents, de la femme et des enfants en général... Ces images virtuelles sont comme le sédiment de toutes les expériences vécues par la lignée ancestrale<sup>26</sup>.

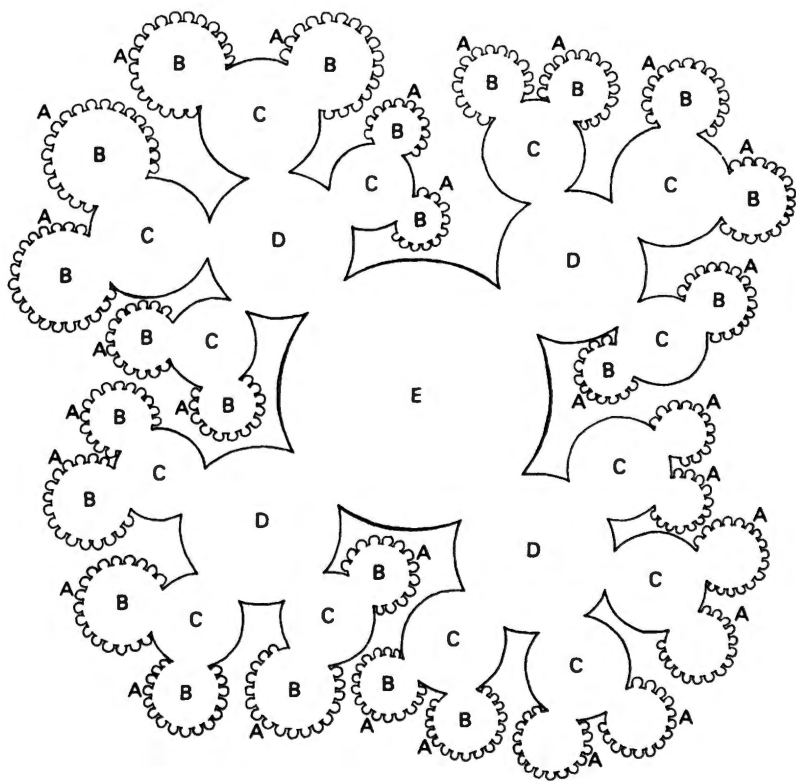


**Figure 14.1** Diagramme illustrant la structure de l'inconscient collectif selon von Franz. A, conscience de soi; B, inconscient personnel; C, inconscient de groupe; D, inconscient d'unités nationales plus vastes; E, inconscient commun à toute l'humanité, renfermant les structures archétypes universelles (d'après von Franz, 1985).

Bien que Jung ait cru l'inconscient collectif commun à toute l'humanité, il ne le considérait pas comme entièrement indifférencié. « Certes, à un niveau antérieur et plus profondément enfoui du développement psychique, [...] toutes les races humaines ont une psyché collective commune. Mais, avec l'apparition de

la différenciation des races, naissent des différences essentielles entre les psychés collectives<sup>27</sup>.»

Marie-Louise von Franz a poussé cette idée plus avant (Fig. 14.1). Au-dessous du niveau de l'inconscient personnel se trouve un «inconscient de groupe» de familles, de clans, de tribus, etc. «Nous voyons, par exemple, que les mythologies australiennes ou indiennes d'Amérique du Sud forment une "famille" plus vaste de motifs religieux relativement similaires, qu'elles ne partagent pas avec le reste de l'humanité.» Sous celui-ci se trouve «la somme des structures archétypes psychiques universelles, que nous partageons avec l'ensemble de l'humanité<sup>28</sup>».

Une telle conception s'accorde, dans l'ensemble, avec la notion de résonance morphique, dont la spécificité dépend de la similitude: des membres de groupes sociaux particuliers sont, en général, plus semblables aux membres passés de leurs groupes que de groupes sociaux de races et cultures totalement différentes; on trouve, cependant, des similitudes générales, sous-jacentes à tous les groupes humains, *via* lesquelles ceux-ci participent à un héritage humain commun.

### *La psychologie évolutionniste*

Depuis les années 1990, un mouvement interdisciplinaire prenant le nom de «psychologie évolutionniste» a établi des liens entre différentes découvertes provenant de la théorie évolutionniste, de l'anthropologie, de la psychologie, de l'archéologie et de la théorie informatique. Deux des meneurs de cette discipline, John Tooby et Lena Cosmides, ont ainsi résumé ses principes:

1. Le cerveau est un système physique. Il fonctionne comme un ordinateur doté de circuits qui ont évolué de telle sorte à générer un comportement approprié à des circonstances environnementales.
2. Les circuits neuronaux ont été conçus sous l'effet de la sélection naturelle de sorte à résoudre des problèmes

auxquels étaient confrontés nos ancêtres humains qui étaient en train d'évoluer et de devenir des *Homo sapiens*.

3. La conscience constitue une petite partie des contenus et processus du mental ; l'expérience consciente peut induire les individus en erreur et leur faire croire que leurs pensées sont plus simples qu'elles ne le sont réellement. La plupart des problèmes considérés comme faciles à résoudre sont en réalité très difficiles et sont traités par des circuits neuro-naux très complexes.
4. Différents circuits neuronaux sont spécialisés dans la résolution de divers problèmes adaptifs.
5. Les crânes modernes abritent un mental adapté à l'âge de pierre<sup>29</sup>.

L'hypothèse selon laquelle tout comportement héréditaire est génétique amène les psychologues évolutionnistes à supposer que des «circuits neuronaux» adaptifs ont été mis en place sur de très longues périodes par le biais de mutations aléatoires et de la sélection naturelle. Le mental est «tel un couteau suisse, constitué de multiples modules mentaux riches en contenu, chacun étant adapté à la résolution d'un problème spécifique auquel étaient confrontés les chasseurs-cueilleurs du Pléistocène<sup>30</sup>». Tout cela serait programmé génétiquement. Comme l'expliquent Tooby et Cosmides, «les gènes sont les moyens par lesquels des caractéristiques conceptives fonctionnelles sont dupliquées entre les parents et leur progéniture. On peut les considérer comme des particules de conception<sup>31</sup>». Puisque les mutations aléatoires et la sélection naturelle sont des processus d'évolution lents, ils peuvent n'avoir pratiquement aucun effet sur l'évolution des comportements adaptifs transmis génétiquement dans les conditions de la vie urbaine moderne au sein des sociétés technologiques. D'où l'idée que «les crânes modernes abritent un mental adapté à l'âge de pierre», puisque le processus de la sélection naturelle qui a créé les circuits neuronaux adaptifs s'est produit sur de nombreuses générations

à l'époque où nos ancêtres étaient chasseurs-cueilleurs. «Si notre mental est un ensemble de mécanismes conçus pour résoudre les problèmes adaptatifs posés par le monde créé par nos ancêtres, alors les études sur les chasseurs-cueilleurs et la primatologie deviennent des sources de connaissances indispensables pour en savoir plus sur la nature humaine moderne<sup>32</sup>.»

La psychologie évolutionniste est en accord avec la notion de mémoire collective par résonance morphique, qui attire l'attention sur les schémas ancestraux de comportement et d'activité mentale qui survivent dans le monde moderne bien après que les situations qui ont participé à leur mise en place ont évolué. Par exemple, une phobie innée des serpents pourrait être transmise génétiquement par résonance morphique sur la base des nombreuses rencontres douloureuses ou dangereuses qu'ont faites nos ancêtres humains et préhumains avec des serpents<sup>33</sup>. Il est presque inévitable qu'une grande partie de notre vie mentale et de nos schémas comportementaux héréditaires ait été influencée par les conditions de vie de nos aïeux. Par exemple, pendant des millions d'années, nos ancêtres ont été soumis à la prédation de carnivores et les enfants étaient particulièrement vulnérables. À partir de là, il est intéressant de noter que les premiers cauchemars des enfants portent souvent sur des bêtes qui les dévorent, que les jeux qui les enthousiasment le plus nécessitent des captures et des poursuites et que les histoires qu'on leur lit le soir portent sur des monstres carnivores, non humains et humains. Une étude réalisée en 1965 sur des enfants américains âgés de 5 et 6 ans a montré que leurs plus grandes peurs n'étaient pas associées à des dangers réalistes tels que des germes ou des accidents de voiture, mais à des animaux sauvages, en particulier les serpents, les lions, les tigres et les ours<sup>34</sup>.

Mais cela ne prouve pas que ces peurs soient codées dans les gènes et soient le produit de mutations aléatoires. Une mémoire collective se transmettant par résonance morphique



fournirait une explication plus simple. Le fait d'associer l'hérédité comportementale et un apprentissage facilité à la résonance morphique augmente grandement la plausibilité de la psychologie évolutionniste en tant qu'approche générale et la libère du dogmatisme mécaniste. La résonance morphique n'a pas besoin que les habitudes comportementales soient génétiquement programmées par des mutations aléatoires et par la sélection naturelle sur de nombreuses générations et donc, il n'est pas nécessaire de tenter d'expliquer tous les aspects héréditaires du comportement humain en les associant à des spéculations sur ce qui s'est passé à l'âge de pierre, ce qui laisse la place à peu, voire à pas d'évolution comportementale depuis. Les champs morphiques liés au comportement sont soumis à la sélection naturelle, mais leur évolution peut être rapide. De nouveaux modèles comportementaux qui sont le produit de la technologie moderne peuvent être transmis par résonance morphique et l'évolution comportementale peut se produire bien plus vite que tout mécanisme génétique ne le permettrait.



# Chapitre 15

## Les mythes, les rituels et l'influence de la tradition

Une interprétation des structures socioculturelles en rapport avec les champs morphiques constitue une nouvelle manière de combler le fossé qui sépare les sciences «molles» et «dures». Les champs socioculturels sont similaires par nature aux champs morphiques qui organisent les systèmes biologiques et chimiques, bien qu'on ne puisse les *réduire* à ces champs biologiques et chimiques. À l'instar des champs morphiques de systèmes à tous niveaux de complexité, les champs socioculturels sont stabilisés par la résonance morphique en provenance de systèmes similaires du passé, parmi lesquels on peut compter une autorésonance du passé de ces systèmes.

Dans ce chapitre, nous envisagerons la nature des mythes, rituels, traditions et initiations d'après le contexte de la résonance morphique.

### *Mythes et origines*

Les mythes sont des histoires des origines. Ils content les exploits de dieux, de héros, d'êtres surnaturels, et expliquent pourquoi les choses sont comme elles sont. «Étant *réel* et *sacré*, le mythe devient *exemplaire* et par conséquent *répétable*, car il sert de modèle, et conjointement de justification, à tous les actes humains<sup>1</sup>» (Mircea Eliade). Les sociétés traditionnelles ne conçoivent pas la notion d'un développement progressif : ce qui advient aujourd'hui répète ce qui est advenu autrefois, et cette répétition se réfère toujours à la première manifestation concernée, laquelle remonte aux temps mythiques des origines. Ces temps sont passés, mais aussi présents, puisque les schèmes originaux se répètent sans cesse.

Un anthropologue, qui passa la majeure partie de sa vie parmi les aborigènes du nord de l'Aranda, en Australie, en est arrivé à la conclusion suivante :

L'ancêtre *gurra* chasse, tue et mange des péramèles («bandicoot») et ses fils continuent de s'adonner à la même quête. Les hommes-larves «witchetty» de Lukara passent chaque jour de leur vie à extraire des larves des racines des acacias. [...] L'ancêtre *ragia* (prunier sauvage) se nourrit de ces baies qu'il ne cesse d'amasser dans un grand récipient de bois. L'ancêtre écrevisse continue toujours d'élever barrage après barrage en travers des flots dont il suit la course ; et il ne cessera jamais de harponner les poissons. Si on traite les mythes des Aranda septentrionaux comme un tout, on y trouvera le compte rendu détaillé de toutes les formes d'activité auxquelles se livrent encore les indigènes de l'Australie centrale. À travers ses mythes, on aperçoit l'indigène attelé à ses tâches quotidiennes : chassant, pêchant, récoltant les plantes sauvages, faisant la cuisine et façonnant divers instruments. Tous ces travaux ont commencé avec les ancêtres totémiques ; et, dans ce domaine aussi, l'indigène respecte aveuglément la tradition : il reste fidèle aux armes primitives qu'employaient ses lointains aïeux, et l'idée de les améliorer ne lui vient jamais à l'esprit<sup>2</sup>.

Cette fidélité au passé conçu comme modèle atemporel est étrangère à notre mode de pensée moderne. Pour nous, le passé est une succession de phases dans un processus historique progressif. Mais dans les sociétés traditionnelles du monde entier, l'attitude mythique prévaut. Chaque technique, règle et coutume, est justifiée par un argument simple : «Nos ancêtres nous l'ont enseignée.» Lévi-Strauss écrit :

L'histoire mythique offre donc le paradoxe d'être simultanément disjointe et conjointe par rapport au présent.

Disjointe, puisque les premiers ancêtres étaient d'une autre nature que les hommes contemporains : ceux-là furent des créateurs, ceux-ci sont des copistes ; et conjointe puisque, depuis l'apparition des ancêtres, il ne s'est rien passé sinon des événements dont la récurrence efface périodiquement la particularité<sup>3</sup>.

Voilà qui évoque une description de la résonance morphique, par laquelle des schèmes d'activité se répètent inlassablement et sont stabilisés par la résonance de tous les schèmes antérieurs similaires, en remontant jusqu'à la première manifestation de chaque champ morphique.

Une attitude moderne courante consiste à appréhender les mythes des sociétés traditionnelles comme des histoires fantaisistes, qui non seulement sont fausses mais encore entravent le progrès. Nous avons souvent tendance à prétendre que les théories scientifiques modernes, contrairement aux mythes des peuples primitifs, reflètent une image vraie et objective de l'origine de l'univers, de l'évolution de la vie et du développement de la civilisation. Cette attitude est simpliste. La science et l'histoire sont elles-mêmes influencées par la culture dominante et façonnées par les paradigmes en vigueur. Elles font intervenir des hypothèses implicites, relevant bien souvent d'habitudes profondes. Les théories scientifiques, comme les mythes, sont des constructions mentales, des tentatives visant à donner un sens au monde ; comme les mythes, elles ont une dimension culturelle. Les paradigmes scientifiques sont des concepts partagés par les membres de communautés scientifiques ; ils jouent un rôle majeur dans la définition des activités de ces communautés. Si nous les envisageons à la lumière de la causalité formative, les mythes et les paradigmes scientifiques sont formés par des champs morphiques et préservés par résonance morphique. Nous aurons l'occasion de revenir sur les paradigmes de manière plus détaillée vers la fin de ce chapitre.

Les théories scientifiques elles-mêmes ont des origines et sont souvent associées à des histoires aux connotations mythiques. Ainsi, Descartes attribue-t-il sa philosophie à une rencontre onirique avec l'Ange de Vérité; la légende populaire raconte que Newton a conçu la théorie de la gravitation – fer de lance de la physique classique – alors qu'une pomme lui tomba sur la tête; d'autres, Einstein notamment, sont dits habités par l'esprit du génie; d'autres encore, Marx, Darwin et Freud, sont souvent comparés à des prophètes de l'Ancien Testament.

La différence majeure entre les mythes traditionnels et les théories modernes du progrès réside dans le fait que ces dernières ne renvoient pas à quelque modèle prototype du passé, mais se réfèrent à des objectifs futurs, souvent perçus comme des états de paix, de prospérité, de fraternité et de sagesse. Il n'en demeure pas moins vrai que ces notions de progrès se sont développées au sein d'une culture façonnée par la tradition judéo-chrétienne, or le trait marquant de cette tradition est son mythe de l'histoire: un progrès historique mène à un terme qui recrée, en quelque sorte, le paradis originel d'avant la Chute. Ce modèle de l'histoire est lui-même un champ morphique fortement stabilisé par résonance morphique. La civilisation occidentale s'est développée, et se développe toujours, dans ce champ; la science occidentale a vu le jour dans ce même champ (chapitre 3). Dans quelle mesure les théories scientifiques modernes relatives à l'origine de l'univers et à l'évolution sont-elles des versions nouvelles de ce modèle traditionnel de l'histoire?

Le lien entre cette vision mythique de l'histoire et le développement de la science et de la technologie n'est peut-être pas immédiat. La science et l'avènement parallèle de l'intelligence rationnelle sont, somme toute, censés avoir libéré l'Homme Moderne des systèmes de croyance archaïques, perpétués par la religion. De ce point de vue, la science diffère totalement de la pensée mythique primitive: de grands hommes – Galilée,

Darwin, etc. – ont livré un combat héroïque contre les forces du préjugé religieux ; ils ont ainsi permis à l'humanité de sortir des ténèbres de la superstition et d'accéder à la lumière du savoir rationnel. Cette histoire familière n'a-t-elle pas les accents d'un mythe ?

Le développement du savoir scientifique apparaît souvent comme la preuve de l'absurdité des mythes traditionnels ; ceux-ci sont, au mieux, des contes au charme poétique. Le récit biblique de la création, en particulier au chapitre premier de la Genèse, ne peut être envisagé avec sérieux à la lumière des théories modernes de la cosmologie et de l'évolution. Selon la Bible, au début « la terre était informe et vide, et les ténèbres à la surface de l'abîme ». Dieu créa, par ordre chronologique : la lumière, le firmament, la terre, les mers, les végétaux, le soleil, la lune, les créatures peuplant la mer, les oiseaux, les reptiles, les mammifères, et enfin l'homme et la femme.

Selon la science moderne, la lumière fut la première production du Big Bang. Au fil de l'expansion de l'univers, se formèrent les galaxies et les étoiles, le système solaire, notre planète avec ses mers et ses terres, enfin, la vie émergea de la soupe primordiale, les végétaux évoluèrent, les animaux – d'abord aquatiques, puis terrestres –, les oiseaux, les reptiles, les mammifères et enfin *Homo sapiens*.

Cette séquence diffère de la version biblique à plusieurs égards, le plus marquant étant sans doute la création du Soleil et de la Lune après celle de la Terre et de sa végétation. Il va sans dire que, selon les scientifiques, la naissance du Soleil doit être antérieure – ou tout au moins simultanée – à celle de la Terre. Les opinions divergent quant à l'origine de la Lune : certains astronomes prétendent qu'elle a vu le jour en même temps que la Terre et les planètes, d'autres affirment qu'elle est apparue plus tard et pourrait même être un éclat de la Terre<sup>4</sup>. Une autre différence tient à ce que la Genèse fait apparaître

les oiseaux avant les reptiles, alors que la séquence est inversée dans la théorie évolutive.

Quoi qu'il en soit, le mythe biblique et les récits scientifiques contemporains ne sont guère dissemblables dans les grandes lignes ; ils présentent un air de famille incontestable. La vision scientifique est, bien sûr, beaucoup plus détaillée, et attribue la créativité au hasard et non à Dieu. Du fait même de leur nature – en tant que récits des origines –, ces alternatives se réfèrent pourtant, l'une et l'autre, à des événements survenus avant l'apparition de l'homme et ne pouvant donc qu'être imaginés, calculés, supputés ou modélisés. Il ne pourra jamais s'agir de comptes rendus de faits observables ou observés.

Les théories scientifiques de la création se sont développées dans la matrice culturelle judéo-chrétienne, avec sa conception paradigmatique d'un commencement, d'une Chute, d'un progrès historique vers le terme de l'histoire – un terme qui recrée, en quelque sorte, l'origine. La théorie du Big Bang et la doctrine moderne de l'évolution universelle présentent une ressemblance frappante avec le mythe fondamental de notre culture (ce n'est peut-être pas une coïncidence si, vivant dans la crainte d'un cataclysme nucléaire, nous en soyons arrivés à élaborer une histoire de la création commençant par une vaste explosion).

### *Les rituels*

Selon un sociologue, les rituels sont «des actions formelles suivant un schème donné exprimant, à travers des symboles, une signification publique ou partagée». Les symboles sont «tout geste, objet, signe ou concept remplaçant, signifiant ou exprimant quelque chose d'autre<sup>5</sup>».

Toutes les cultures ont des rituels : la fête juive de la Pâque, la messe chrétienne, le service du mariage sont des exemples religieux familiers ; la présentation annuelle du budget national,



la séance d'ouverture du Parlement, le discours d'investiture du président de la République sont des rituels politiques ; des coutumes nationales comme la nuit de Guy Fawkes en Angleterre, ou le «*thanksgiving*» en Amérique ont une qualité rituelle. La vie quotidienne, elle-même, compte maints éléments rituels plus ou moins inconscients, songeons à la manière conventionnelle de saluer les gens ou d'en prendre congé. Le terme anglais *goodbye*, par exemple, est toujours en usage même si sa signification originale s'est perdue – «*God be with you*» (que Dieu soit avec vous).

De nombreux rituels sont associés à des histoires d'origine racontant l'acte que commémore le rituel : la Pâque en Égypte, cette nuit terrible où les fils premiers-nés des Égyptiens furent massacrés ; la dernière Cène rassemblant Jésus et ses apôtres le soir du sacrifice sur la croix ; l'échec du complot des poudres de Guy Fawkes ; le dîner d'action de grâces («*thanksgiving*») des Pères pèlerins après leur première récolte dans le Nouveau Monde. D'autres rituels, notamment ceux de la naissance, du mariage et de la mort, concernent le passage d'un état d'existence à un autre. Mais tous, du fait même de leur répétition, relie, en un sens, le présent au passé. Chacun d'entre nous a un besoin du passé que les rituels aident à satisfaire.

Lévi-Strauss a résumé comme suit la relation entre rituels et temps : «Grâce au rituel, le passé “disjoint” du mythe s'articule, d'une part, avec la périodicité biologique et saisonnière, d'autre part avec le passé “conjoint” qui unit, tout au long des générations, les morts et les vivants<sup>6</sup>.»

Il a illustré ces principes à l'aide des rituels de tribus australiennes, lesquels se classent en trois catégories : les rites de contrôle, les rites historiques et les rites de deuil. Les rites de contrôle ont pour objet la régulation des phénomènes naturels et spirituels par fixation de «la quantité d'esprit ou de substance spirituelle dont on permettra la libération, dans les centres totémiques établis par les ancêtres en divers points du territoire

tribal<sup>7</sup>» (la présentation annuelle du budget national peut être considérée comme un reflet séculier d'un rite de contrôle).

Les *rites historiques* ou commémoratifs recréent l'atmosphère sacrée et bénéfique des temps mythiques – époque du «rêve», disent les Australiens – dont ils reflètent, comme dans un miroir, les protagonistes et leurs hauts faits. Les *rites de deuil* correspondent à une démarche inverse : au lieu de confier à des hommes vivants la charge de personnifier de lointains ancêtres, ces rites assurent la reconversion, en ancêtres, d'hommes qui ont cessé d'être des vivants. On voit donc que le système du rituel a pour fonction de surmonter et d'intégrer trois oppositions : celle de la diachronie et de la synchronie ; celle des caractères périodique ou apériodique qu'elles peuvent présenter l'une et l'autre ; enfin, au sein de la diachronie, celle du temps réversible et du temps irréversible, puisque, bien que le présent et le passé soient théoriquement distincts, les rites historiques transportent le passé dans le présent, et les rites de deuil le présent dans le passé, et que les deux démarches ne sont pas équivalentes : des héros mythiques, on peut vraiment dire qu'ils reviennent, car toute leur réalité est dans leur personnification ; mais les humains meurent pour de bon<sup>8</sup>.

On lie, dans toutes les cultures, l'efficacité des rituels à leur conformité aux schèmes transmis par les ancêtres : par leur nature, les formes rituelles sont hautement conservatrices. Les gestes et actions doivent être pratiqués de la manière appropriée ; les expressions rituelles sont conservées même lorsque le langage n'est plus en usage courant : ainsi la liturgie de l'Église copte recourt-elle à la langue par ailleurs morte de l'Égypte ancienne ; il n'y a guère, la liturgie romaine se fondait toujours sur le latin ; les rituels brahmaniques d'Inde sont en sanscrit, etc. Comment expliquer cela ? Pourquoi la conformité des formes rituelles

présente et passée est-elle indispensable à l'établissement d'un lien avec les ancêtres?

La notion de résonance morphique suggère une réponse naturelle à cette question. Les rituels introduisent véritablement le passé dans le présent, par résonance morphique. Plus grande sera la similitude entre les expressions présentes et passées du rituel, plus forte sera la résonance entre les participants présents et passés.

### *Les initiations*

Par définition, des formes spécifiques de comportement, de langage et de pensée, transmises par le support de la culture, ne se manifestent pas spontanément au cours de l'évolution des êtres humains. Elles s'acquièrent par processus d'imitation. Toutes impliquent une *initiation*, au sens large du terme. Cela vaut pour l'apprentissage des langues, des chants, des danses, des us et coutumes sociaux, des aptitudes physiques et mentales, des métiers, des professions, etc. L'apprentissage imitatif est, dans une large mesure, transmis de manière informelle par les parents, grands-parents et enseignants – on a tendance à le considérer comme allant de soi. Selon l'hypothèse de la causalité formative, un tel apprentissage est facilité par la résonance morphique, tant des individus faisant l'objet de l'imitation directe que de ceux ayant accompli les mêmes gestes par le passé (chapitre 10). Considérons maintenant les initiations sociales et religieuses, se déroulant au moyen de rituels qui marquent et favorisent tout à la fois, chez un individu, la transition d'un rôle social à un autre, d'un statut à un autre.

Les rituels d'initiation ont trait au franchissement de limites, notamment celles séparant l'adolescence de l'âge adulte, le célibat du mariage. Les anthropologues les incluent dans la catégorie plus vaste des rites de passage, lesquels comprennent les rituels

associés à la naissance, à la mort et au dépassement de limites spatiales ou temporelles – par exemple, le passage d'un territoire à un autre, d'une année à une autre.

Il est typique que les rites de passage se déroulent en trois phases. Tout d'abord, on se débarrasse de l'état initial : l'enfance dans les rites de maturité ; les responsabilités de la vie dans nombre de traditions funéraires, etc. Ce sont des rites de séparation : l'individu est coupé de son état initial et plongé dans un état transitoire. Cet état seuil se caractérise par le danger et l'ambiguïté : l'initié est aveuglé par un bandeau, abandonné dans une forêt, soumis à diverses épreuves déplaisantes. Un rituel d'intégration termine cette phase et met en exergue l'accession de l'individu à son nouvel état. On retrouve ces rituels dans des cultures fort différentes, ils n'en présentent pas moins maintes similitudes : bain, circoncision et mutilations diverses, franchissement de cours d'eau et d'obstacles divers – toutes activités suggérant la séparation ; en revanche, l'onction, le repas et le revêtement d'habits neufs sont autant d'actions d'intégration courantes<sup>9</sup>.

Les rituels d'initiation permettent à des individus de franchir des limites sociales ou religieuses, mais servent également à définir ces limites, à les rendre manifestes. Ainsi, les Gïsus d'Ouganda prétendent-ils initier les garçons pour en faire des hommes afin qu'ils ne demeurent pas des enfants non initiés. On note une circularité inhérente à cette procédure en ce sens que l'initiation définit les catégories mêmes qu'elle présuppose. De tels rituels ne constituent pas qu'une manière d'accéder à la maturité biologique, puisqu'ils sont imposés à des garçons se trouvant à des stades de maturité différents – l'important est plutôt le franchissement de limites culturelles.

Divers types d'initiation survivent dans les sociétés modernes – dans les rituels de mariage par exemple. Et maints types de cérémonies ont des connotations initiatiques : passage d'épreuves

et distribution de diplômes à l'école; attribution de grades universitaires; réception dans des corps professionnels; promotion d'officiers, etc.

Un thème fréquent à de nombreux rites d'initiation est la mort de l'individu à une identité sociale ou religieuse et sa naissance à une nouvelle. La personne «renaît» dans un rôle religieux ou social nouveau.

Différents rituels initiatiques traditionnels ont survécu dans nos sociétés contemporaines, par exemple le mariage. Il y a même de nombreuses pratiques apparemment modernes qui reflètent certains aspects des rites initiatiques: le passage d'examens et les remises de diplômes dans le système scolaire et universitaire, les admissions dans des corps professionnels, etc.

Les rôles sociaux sont associés à des normes, elles-mêmes associées à des schémas d'attente et à des schémas comportementaux répétitifs.

Les rôles sociaux sont associés à des normes impliquant des schèmes expectatifs ainsi que des schèmes de comportement répétitifs. La norme sociale ne reflète pas nécessairement un comportement véritable, cependant, la relation entre la norme et le comportement d'une personne assumant un rôle social précis est préservée par des mesures sanctionnant toute déviation. Dans la terminologie sociologique on dit que les normes s'acquièrent par socialisation et intériorisation. Ce dernier concept exprime «le processus par lequel un individu apprend et accepte les valeurs sociales et les normes de conduite propres à son groupe social ou à la société dans son ensemble<sup>10</sup>». Les initiations rituelles d'individus marquent des transitions vers des rôles préétablis et régis par de telles normes; la personne assume – et est façonnée par – un rôle avec ses normes inhérentes.

On pourrait dire que cette adoption d'un rôle nouveau, souvent symbolisée par le fait de revêtir de nouveaux habits, correspond au fait d'entrer dans un nouveau champ morphique,

lequel, d'une part, est socialement défini par rapport à une norme, et d'autre part, structure le comportement et l'activité mentale de l'individu. C'est en ce sens qu'il est intériorisé. Les schèmes de comportement individuels dans le cadre de rôles sociaux, ainsi que les schèmes d'expectation sociale, sont stabilisés et maintenus par résonance morphique des membres antérieurs de la société.

De même, dans les initiations religieuses – notamment la confirmation et l'ordination d'un prêtre chrétien ou d'un moine bouddhiste – une personne découvre une nouvelle manière d'être, une nouvelle norme. Son développement dans ce champ morphique peut être comparé au fait de suivre une chréode, une zone de changement canalisé (Fig. 6.2), et en réalité, maintes traditions recourent à la métaphore de la Voie ou du Chemin. Les Voies prototypes sont souvent considérées comme ayant été établies par les fondateurs de la tradition, par exemple de Bouddha, Jésus et Mahomet; l'initié, quant à lui, commence à suivre cette Voie, qui a déjà été empruntée par d'innombrables individus avant lui. Ainsi, Jésus-Christ a-t-il proclamé: «Je suis le Chemin», et les chrétiens croient que le Christ est, en quelque sorte, présent dans la vie de chacun de ses disciples, lesquels sont aidés dans leur quête par tous les disciples les ayant précédés – les Actes des Apôtres parlent de «communion des saints».

L'influence de tous les individus ayant suivi une voie est reconnue de manière explicite dans de nombreuses traditions religieuses – voire dans toutes. Selon l'hypothèse de la causalité formative, l'initié est branché par résonance morphique sur tous les individus ayant suivi cette chréode avant lui. Un exemple de ce principe nous est fourni par l'emploi des mantras dans diverses traditions orientales. Il s'agit de mots ou de phrases sacrés, transmis par le gourou au disciple au cours des rites initiatiques et de la formation spirituelle:

Les mantras n'ont de force et de sens que pour l'initié, c'est-à-dire pour celui qui a traversé l'expérience d'où est sortie

la parole ou formule mantrique, à laquelle il est indissolublement lié, dans le plus profond de son être [...]. Toutefois, ces connaissances et expériences ne peuvent s'acquérir que par un gourou expert dans la tradition vivante et après une pratique personnelle sous la forme d'un entraînement continu. C'est seulement après une telle préparation que les mantras peuvent avoir un sens, car alors seulement ils peuvent éveiller chez les initiés les forces accumulées au cours d'expériences antérieures et produire ainsi les effets en vue desquels avait été créée la parole mantrique<sup>11</sup>.

### *Traditions, écoles, styles et influences*

L'histoire des religions, de l'art, des idées et des mouvements culturels abonde en concepts tels que l'héritage, la tradition et l'influence. Les historiens décrivent l'apparition et le développement d'écoles, de sectes, de styles, de mouvements, etc., s'intégrant dans de vastes catégories telles que l'islam, le christianisme, l'Occident, l'Orient, le Moyen Âge, la Renaissance, le classicisme et le romantisme, et relèvent entre eux des schèmes de relations et d'influences.

Le sujet est trop vaste pour que nous puissions l'aborder de façon détaillée dans le cadre de cet ouvrage, mais il me paraît intéressant de faire observer qu'une interprétation en termes de hiérarchies gigognes de champs morphiques pourrait expliquer nombre de ces phénomènes. La notion de résonance morphique favoriserait, en outre, une compréhension nouvelle des héritages, traditions et influences.

Les religions peuvent être regroupées en familles, notamment le judaïsme, le christianisme et l'islam – les religions du Livre, comme les nomment les musulmans ; les religions d'origine indienne – hindouisme, bouddhisme, jaïnisme ; les religions des autochtones australiens et des Indiens d'Amérique du Nord, etc.

Les religions de chaque famille ont en commun diverses croyances et attitudes fondamentales, et il serait permis de considérer qu'elles participent à un vaste champ morphique, dans lequel s'exprimeraient les champs de religions spécifiques, par exemple l'islam. Dans ces champs, on recense des écoles ou des sectes, se subdivisant à leur tour en ordres et confessions ayant leurs traditions, croyances et pratiques propres associées à des champs morphiques caractéristiques. Il y a donc des champs dans des champs. Dans le christianisme, par exemple, l'ensemble de l'Église est conçu comme un tout organique, le corps mystique du Christ, «compagnon sacré de tous les croyants<sup>12</sup>». Celui-ci regroupe diverses traditions : orthodoxe orientale, catholique romaine et protestante ; chacune se subdivise à son tour et donne, par exemple, les ordres franciscains et jésuites dans l'Église catholique romaine. Tous ces ordres et subdivisions reconnaissent l'Église comme un tout, mais l'histoire des origines de chacun se centre sur la personne de son fondateur – saint François d'Assise ou saint Ignace de Loyola ; il en va de même pour les diverses sectes protestantes fondées par Luther, Calvin, John Wesley, etc. Tout ordre, secte et confession a ses traditions propres et ses manières spécifiques d'initier et d'incorporer de nouveaux membres. Ensuite, chaque communauté religieuse, chaque Église locale a sa vie collective et ses traditions propres. Les nouveaux membres – par naissance ou conversion – d'une Église spécifique pénètrent plus ou moins pleinement l'esprit de la tradition. Du point de vue qui nous concerne, ils s'accordent par résonance morphique aux champs et chréodes de la tradition.

Un schème similaire est apparent dans les vastes mouvements culturels tels que la Renaissance et les diverses écoles artistiques ou philosophiques qu'ils ont engendrées. Ainsi, les écoles de peinture – florentine, vénitienne, flamande – se caractérisaient par des styles, des formes artistiques, des atmosphères et un esprit tels que quiconque possédant une expérience suffisante



en la matière est aujourd'hui capable d'identifier leurs productions. Il en va de même des écoles d'architecture, de sculpture, de littérature et de musique.

Il serait possible de multiplier les exemples à l'infini. On en trouvera plusieurs dizaines dans presque tous les livres d'histoire de l'art ; on en rencontrera autant dans l'histoire des idées<sup>13</sup>. Les écoles de peinture ou de pensée sont composées d'individus ayant été incorporés en elles, souvent par un processus d'apprentissage ou de formation, et ayant ainsi adopté leur esprit<sup>14</sup>. Les influences mutuelles d'écoles différentes impliquent une *influence* – littéralement «couleur dans» – de formes, styles et esprit. De tels échanges entre traditions et la transmission au sein d'une même tradition peuvent être envisagés en termes de résonance morphique.

Cette hypothèse suggère aussi que les styles et formes artistiques représentent des champs morphiques exprimés dans les tableaux, sonnets, sonates, etc., individuels. De même que les champs morphiques d'une espèce animale s'expriment dans les animaux individuels, et de même que les individus contribuent, par effet cumulatif, au champ morphique de l'espèce, les œuvres d'art individuelles produites au sein d'une école donnée ont une influence cumulative sur les champs morphiques de l'école. Ces champs, comme les champs sociaux et culturels déjà considérés, s'expriment à travers les champs comportementaux et mentaux d'individus, et sont à leur tour influencés par leurs pensées et actions ; quoi qu'il en soit, ce sont des champs à un niveau supra-individuel possédant une vie, un esprit ou une atmosphère propres.

La notion de résonance morphique nous aide à comprendre la préservation des formes et des styles, la continuité des traditions et la transmission des influences ; mais une fois encore, elle s'avère incapable d'expliquer la créativité, l'origine de champs nouveaux.

## *Les champs de la science*

Les sciences naturelles ont toutes des principes communs et s'accordent sur l'importance de certains pères fondateurs – Galilée, Descartes, Newton. Elles se divisent en parties majeures – physique, chimie, géologie, biologie – qui se sont développées sous l'influence de grandes figures historiques (notamment Linné ou Darwin pour la biologie) et se subdivisent en branches – chimie organique, botanique... –, lesquelles englobent à leur tour une série de chapitres plus spécialisés. La botanique comprend, par exemple, la taxonomie, la mycologie, l'anatomie végétale, la pathologie végétale, la génétique végétale, etc. Celles-ci se subdivisent elles aussi en sous-chapitres spécifiques. Chacune de ces disciplines et sous-disciplines a son histoire propre et ses grands personnages, femmes ou hommes, dont les portraits trônent souvent au-dessus des bureaux d'hommes ayant suivi la même formation qu'eux. Chaque discipline a ses manuels, revues, lettres d'information, sociétés professionnelles, et conférences propres. La science est pratiquée par des communautés professionnelles, qui s'auto-organisent et assurent la formation des étudiants. Les membres de ces communautés partagent des intérêts et attitudes communs et reconnaissent leurs pairs sur base d'une formation et d'une expérience communes.

Dans le cadre qui nous intéresse, les branches de la science peuvent être perçues comme des champs morphiques. D'une part, ceux-ci englobent les membres de la communauté professionnelle et sont donc des champs sociaux coordonnant et préservant la solidarité et la cohésion du groupe: ils forment une sorte de *conscience collective*. D'autre part, ils organisent la façon dont le sujet est perçu et classé, ainsi que les manières d'appréhender les problèmes, et fournissent, en général, le cadre de pensée et de pratique propre à la discipline.

Ces champs morphiques présentent une parenté étroite avec ce que Thomas Kuhn nomme paradigmes. «Un paradigme est

ce que les membres d'une communauté scientifique possèdent en commun, et, réciproquement, une communauté scientifique se compose d'hommes qui se réfèrent au même paradigme<sup>15</sup>.» Kuhn prétend que la science normale est une activité cumulative, progressive, consistant à résoudre des énigmes dans le cadre d'un paradigme commun, mais que des révolutions scientifiques, extraordinaires et relativement rares, impliquent l'établissement d'un nouveau paradigme ou cadre de travail. Celui-ci est, tout au moins dans un premier temps, dépourvu de sens pour les scientifiques formés dans le cadre de l'ancien paradigme ; il s'ensuit une période de controverse, qui ne s'achève que lorsque les professionnels existant ont été convertis au nouveau paradigme ou sont décédés et ont été remplacés par une nouvelle génération, pour laquelle ce dernier constitue l'élément familier. Il s'opère dès lors un consensus qui sera préservé pendant une période de science à nouveau normale.

Kuhn emploie le terme *paradigme* essentiellement dans deux sens<sup>16</sup>, qu'il définit ainsi :

D'une part, il représente tout l'ensemble de croyances, de valeurs reconnues et de techniques qui sont communes aux membres d'un groupe donné. D'autre part, il dénote un élément isolé de cet ensemble : les solutions concrètes d'énigmes qui, employées comme modèles ou exemples, peuvent remplacer les règles explicites en tant que bases de solutions pour les énigmes qui subsistent dans la science normale<sup>17</sup>.

Le premier sens du terme *paradigme* est sociologique, et Kuhn suggère à titre d'alternative l'expression *matrice disciplinaire* ; pour le deuxième sens, celui d'exemple commun, il propose le qualificatif *exemplaire*<sup>18</sup>.

Il éclaire les deux sens du terme en considérant « les manuels où chaque nouvelle génération scientifique apprend la pratique de son métier<sup>19</sup> ». Cette initiation implique notamment une connaissance livresque du développement du secteur d'activité concerné :

Fait caractéristique, les manuels scientifiques contiennent juste un peu d'histoire, soit dans un chapitre d'introduction, soit, plus souvent, dans des références sporadiques aux grands héros du passé. Ces références donnent aux étudiants et chercheurs professionnels le sentiment de participation eux aussi à une longue tradition historique. Cependant cette tradition dérivée des manuels, dont les scientifiques arrivent à se sentir les participants, n'a, en réalité, jamais existé. [...] Tant par sélection que par distorsion, on y représente implicitement les savants de jadis comme attelés à un ensemble de canons fixes qui sont ceux-là mêmes que l'on juge «scientifiques» depuis la dernière révolution de la théorie et des méthodes scientifiques<sup>20</sup>.

Aussi, les manuels et les traditions historiques qu'ils impliquent doivent-ils être réécrits après chaque révolution scientifique. Réécrite de cette manière, la science en arrive à nouveau à paraître essentiellement cumulative.

Kuhn poursuit en précisant que la communauté scientifique n'est pas la seule qui tend à percevoir son passé comme un développement linéaire vers son état actuel privilégié : la tentation d'écrire l'histoire à rebours est très répandue. Les scientifiques sont cependant plus vulnérables à cette tentation, d'une part, parce que les résultats de la recherche scientifique ne révèlent aucune dépendance immédiate et évidente par rapport à leur contexte historique, et d'autre part parce qu'en période de science normale, la position contemporaine paraît tellement rassurante. Multiplier les détails historiques relatifs au présent ou au passé ne ferait que révéler le rôle de l'idiosyncrasie, de l'erreur et de la confusion humaines :

Pourquoi monter en épingle ce que la science a pu écarter au prix de ses efforts les plus dignes et les plus opiniâtres ? La dépréciation du fait historique est profondément et sans doute fonctionnellement intégrée à l'idéologie de la profession

scientifique, cette même profession qui accorde tant de valeurs au détail des faits d'un autre genre<sup>21</sup>.

L'intégration de cette perspective quasiment mythologique ne constitue toutefois qu'un aspect de l'initiation professionnelle, laquelle recourt surtout aux travaux pratiques – résolution de problèmes et expériences en laboratoire. L'étudiant progressant de sa première année à sa thèse de doctorat, et au-delà, les problèmes qui lui sont soumis deviennent de plus en plus complexes et parfois sans précédents. Ils n'en continuent pas moins à être modélisés en fonction des réussites antérieures. Ces modèles sont des paradigmes, du type qualifié d'exemplaire. Le savoir n'est pas transmis exclusivement *ex cathedra*, l'étudiant acquiert aussi une connaissance tacite, fruit de la pratique. Du fait de cette expérience, il développe une aptitude à percevoir des similitudes entre des problèmes nouveaux et des exemples familiers : « Il considère les situations devant lesquelles il se trouve placé comme scientifique sous la même forme que les autres membres de son groupe de spécialistes. Ce ne sont plus pour lui les mêmes situations que celles qu'il avait rencontrées au début de sa formation<sup>22</sup>. »

Cette façon de voir « acquise » influence non seulement la perception des problèmes, mais encore la perception sensorielle. Ainsi, un novice regardant des photographies de chambre à image y verra-t-il un rassemblement chaotique de gouttelettes alors qu'un physicien des particules y distinguera des traces d'électrons, de particules alpha, etc. De même, un novice examinant au microscope des tissus végétaux n'y verra qu'une confusion de couleurs, de lignes et de taches alors qu'un anatomiste des végétaux y distinguera des cellules de types spécifiques, ainsi que des noyaux, des chloroplastes, et d'autres structures, encore, au sein de ces dernières.

La vision de Kuhn du développement scientifique, en termes de périodes de tradition ponctuées de ruptures révolutionnaires,

connaît maints parallèles dans l'histoire de l'art, des idées, de la pensée politique, et d'autres secteurs de l'activité humaine. Son métaparadigme a déjà été largement repris. Ainsi lit-on dans un ouvrage récent consacré à l'histoire de l'art :

Nous savons maintenant que le progrès scientifique nécessite plus qu'une simple «addition» à une connaissance existante et plus qu'une accumulation systématique de réussites. Nous savons également, depuis le passage au modernisme, que le progrès n'est pas composé, comme on l'a cru autrefois, de l'accumulation de données s'inscrivant dans des catégories existantes : il s'effectue par sauts vers de nouveaux systèmes ou catégories. L'art n'est pas une manière de décrire le monde tel qu'il est, c'est une invitation à regarder le monde d'une certaine manière<sup>23</sup>.

Ces parallèles sont presque inévitables, Kuhn ayant lui-même emprunté aux historiens de la culture leur perception de la périodisation en termes de ruptures révolutionnaires de style, de goût, de structure institutionnelle<sup>24</sup>. Il a d'ailleurs attiré l'attention sur les similitudes entre le recours aux paradigmes comme exemples pour résoudre des problèmes en science et définir des styles en art. «Je suppose, par exemple, que certaines difficultés notoires qui entourent la notion de style en art disparaîtraient si l'on pouvait considérer que les tableaux se modèlent les uns sur les autres plus qu'ils ne se conforment à certains canons abstraits<sup>25</sup>.»

Interpréter les paradigmes en termes de champs morphiques ne revient pas seulement à substituer un terme à un autre ; cela permet de situer les intuitions de Kuhn dans le contexte plus large de la causalité formative, tant dans les cultures humaines qu'à travers l'ensemble du domaine naturel. La stabilisation de ces champs par résonance morphique favorise la compréhension de la continuité et du conservatisme des traditions scientifiques. Tout nouveau membre initié dans une communauté professionnelle de scientifiques est soumis, par résonance morphique,

à l'influence des autres membres de la communauté – jusqu'aux fondateurs de la tradition – et assimile les habitudes propres à celle-ci.

Une fois encore, l'apparition de nouveaux champs morphiques, de nouveaux paradigmes, ne s'explique pas entièrement en fonction de ce qui est survenu dans le passé. Les nouveaux champs sont les produits d'insights, de sauts intuitifs, d'impressions, d'hypothèses ou de conjectures. Ce sont, en quelque sorte, des mutations mentales. De nouvelles associations ou de nouveaux schèmes de connexion apparaissent de manière soudaine par une sorte de «gestalt switch». Les scientifiques parlent souvent «d'écailles qui sont tombées de leurs yeux» ou d'un «éclair» qui a «inondé de lumière» une énigme jusque-là obscure, révélant ses éléments sous un jour nouveau qui, pour la première fois, permet sa résolution. L'illumination se produit parfois durant le sommeil. Voici, à titre d'exemple, la célèbre description par le chimiste Friedrich Kekulé du rêve qui lui a permis de découvrir la structure de l'anneau de benzène :

Je tournai ma chaise vers le feu et m'assoupis. Les atomes continuaient de gambader devant mes yeux. Cette fois les petits restaient modestement au fond. Mon regard mental, aiguisé par des visions répétées de cette sorte, pouvait maintenant distinguer de plus grandes structures de conformation multiple; de longues rangées parfois étroitement ajustées; le tout avec des ondulations et contorsions de serpent. Mais soudain, que se passe-t-il? L'un des serpents a saisi sa queue, et la forme s'est mise à tourbillonner de façon moqueuse sous mes yeux. Comme en un éclair je m'éveillai<sup>26</sup>.

Voici en quels termes le mathématicien Henri Poincaré a décrit l'origine d'une de ses découvertes fondamentales, la théorie des fonctions fuchsiennes :

Depuis quinze jours, je m'efforçais de démontrer qu'il ne pouvait exister aucune fonction analogue à ce que j'ai appelé

depuis les fonctions fuchsiennes [...]. Un soir je pris du café noir, contrairement à mon habitude; je ne pus m'endormir: les idées surgissaient en foule; je les sentais comme se heurter, jusqu'à ce que deux d'entre elles s'accrochassent, pour ainsi dire, pour former une combinaison stable. Le matin, j'avais établi l'existence d'une classe de fonctions fuchsiennes [...]. Je n'eus plus qu'à rédiger les résultats, ce qui ne me prit que quelques heures<sup>27</sup>.

Un autre grand mathématicien, Karl Gauss, expliqua comment il avait, en définitive, démontré un théorème sur lequel il travaillait sans succès depuis quatre années:

Enfin il y a deux jours, j'ai réussi non à force de grands labeurs mais, pour ainsi dire, par la grâce de Dieu. Comme dans un éclair brusque l'énigme s'est résolue [...]. Pour ma part je suis incapable de dire quelle sorte de fil reliait ce que je savais antérieurement à ce qui a rendu possible mon succès<sup>28</sup>.

Le naturaliste Alfred Russel Wallace a découvert le principe de la sélection naturelle, indépendamment de Darwin, grâce à une illumination soudaine qui lui vint alors qu'il souffrait d'une grave crise de malaria dans les Indes orientales hollandaises<sup>29</sup>. Et Kuhn d'en tirer la conclusion suivante: «Aucun des sens habituels du terme *interprétation* ne convient à des éclairs d'intuition qui donnent naissance à un nouveau paradigme<sup>30</sup>.»

Mais décrire de telles intuitions créatives ne contribue pas à les expliquer. Nous voici donc ramenés au mystère des origines.



# Chapitre 16

## L'évolution de la vie

### *La foi évolutionniste*

La notion d'évolution sous-tend dans une large mesure les théories politiques, économiques et sociales modernes; elle imprègne la géologie et la biologie et est récemment devenue le fondement même de notre cosmologie. En réalité, elle conditionne notre manière de penser dans presque tous les secteurs. Mais il ne s'agit pas uniquement d'un mode de pensée prédominant: cette notion exerce un attrait intuitif profond.

Cet état de fait est dû, notamment, à l'unité originale de cette théorie, qui explique la diversité du monde par rapport à une source commune. À la plus grande échelle, tout dans l'univers prend son origine ultime dans l'explosion primordiale du Big Bang. Le Soleil a émergé du même nuage galactique que les étoiles de notre galaxie; la Terre du même disque de matière tournoyant que nos planètes sœurs. Toutes les formes de vie sont censées provenir d'une forme ancestrale commune, peut-être même d'une cellule primale unique. Nous sommes donc reliés à toutes les choses vivantes, et en définitive à tout ce qui est dans l'univers.

Un des grands thèmes des mythes de création traditionnels est la division d'une unité primale en parties multiples, le Un devenant Multiple. Il est clair que les théories évolutionnistes modernes remplissent ce rôle mythique.

La notion d'évolution présente un autre aspect séduisant par sa connotation spirituelle: elle établit le principe d'une créativité continue dans l'univers, la vie et l'humanité. Le processus

créatif n'est pas propre à un passé distant, au temps mythique des origines; il existe et existera de toute éternité. Notre fascination pour les innovations et la créativité humaine est une de nos manières d'expérimenter l'évolution comme une notion vivante, comme plus qu'une simple idée, comme une foi qui n'est pas simplement une affaire de croyance, mais de confiance. La foi évolutionniste, comme les autres, possède une qualité autosatisfaisante, et permet de procéder à des innovations à un rythme toujours plus rapide, tout au moins dans les secteurs scientifiques, technologiques et économiques.

Même ceux qui rejettent la notion de foi aveugle en un progrès matériel, ou qui craignent que les avances de la technologie n'entraînent des désastres planétaires, ne rejettent pas la notion fondamentale de développement évolutif. Ils insistent, au contraire, pour que le progrès matériel s'accompagne d'un progrès dans les secteurs politiques, sociaux, moraux et spirituels.

Même si ses adeptes ne reconnaissent la nature essentiellement religieuse ou idéologique de la foi évolutionniste, celle-ci éveille en eux des sentiments relevant de la ferveur religieuse, et comme toutes les fois religieuses traditionnelles, l'évolution fait l'objet d'interprétations différentes selon les sectes et les écoles de pensée<sup>1</sup>.

Dans le cadre de la biologie, comme dans les autres secteurs, les débats relatifs à la nature de l'évolution ont le plus souvent été conduits dans un esprit sectaire – et le sont toujours à l'heure actuelle: les néodarwiniens s'opposent aux néolamarckiens, les gradualistes aux saltationnistes, les sociobiologistes aux marxistes, etc. Les passions éveillées sont parfois intenses<sup>2</sup>. La vérité elle-même semble l'enjeu du débat, et les opposants (quels qu'ils soient) propagent des théories profondément erronées, généralement dangereuses dans leurs implications politiques, sociales ou religieuses.

Les diverses interprétations de l'évolution sont, en réalité, étroitement liées aux systèmes sociaux, politiques ou religieux. Ainsi, une école de biologie japonaise insiste-t-elle sur l'importance de la

coopération de groupes d'organismes dans le processus évolutif, alors que les néodarwiniens mettent l'accent sur la compétition individuelle. Les deux factions s'accusent mutuellement de ne propager que les idéologies sociales de leur propre culture<sup>3</sup>. De même, les sociobiologistes se concentrent-ils sur les gènes égoïstes compétitifs; leurs adversaires de gauche voient dans cette attitude un reflet des doctrines politiques de la droite<sup>4</sup>, et prônent, bien évidemment, leur idéologie collectiviste. Pour les matérialistes, l'ensemble du processus évolutif est dépourvu de finalité et résulte d'interactions entre le hasard aveugle et la nécessité<sup>5</sup>; les panthéistes vantent la spontanéité et la puissance créatrice de la nature<sup>6</sup>; enfin, les théistes pensent que la nature elle-même est, en un certain sens, issue de l'être divin et que le processus évolutif a une finalité spirituelle<sup>7</sup>.

Les diverses écoles de pensée s'adressent souvent des critiques véhémentes, se reprochant leurs présupposés. Le reproche est fondé, mais en est-il une qui y échappe?

Darwin lui-même a appuyé ses idées sur des suppositions aujourd'hui contestées. Je vous propose de les passer en revue, d'une part parce qu'une telle démarche nous aidera à préciser la majeure partie des controverses évolutionnistes ultérieures, et d'autre part parce que ce contexte historique contribuera à une meilleure compréhension des implications de l'hypothèse de la causalité formative. Nous considérerons ensuite l'évolution des champs morphiques, et le rôle éventuel de la résonance morphique dans les phénomènes d'atavisme et d'évolution parallèle.

### *L'ambiguïté de Darwin*

La vision évolutionniste de Darwin s'appuie sur une conviction puissante de la nature autonome, spontanée et créative de la nature. Pour Darwin, la nature était vivante, et pour être créative, elle devait être indépendante du Dieu transcendant de la théologie protestante du XIX<sup>e</sup> siècle. Dès l'instant où il niait

l'intervention créative de ce Dieu traditionnel comme puissance créatrice externe, il ne lui restait qu'à adopter la doctrine du matérialisme<sup>8</sup>. Il tenta en conséquence de vider le fonctionnement de la nature de tout mystère, réduisant chaque chose à l'opération de lois et de hasard aveugles. Il inclut dans ces lois certains principes sociaux et économiques de l'Angleterre victorienne, notamment le principe de population de Malthus, et la valeur de la compétition individuelle et de l'accomplissement de soi ; il prôna aussi une sorte d'utilitarisme de bon sens.

L'attitude de Darwin à l'égard de la nature était ambiguë. Son sentiment qu'elle était vivante semble avoir été l'une de ses intuitions primaires, pourtant il le nia en permanence, ou tout au moins le relégua dans les tréfonds de son inconscient. Matérialiste, il postula en se fondant sur des principes théoriques que la nature était morte. Cette ambiguïté ne lui échappait pas :

Dans le sens littéral du mot, il n'est pas douteux que le terme *sélection naturelle* ne soit un terme erroné... [car] *sélection* implique un choix conscient [...]. On a dit que je parle de la sélection naturelle comme d'une puissance divine [...]. Il est aussi fort difficile d'éviter de personnifier le nom *nature*, mais par *nature* j'entends seulement l'action combinée et les résultats complexes d'un grand nombre de lois naturelles et par *lois*, la série de faits que nous avons reconnus. Au bout de quelque temps, on se familiarisera avec ces termes et on oubliera ces critiques inutiles<sup>9</sup>.

Le modèle fondamental du processus évolutif de Darwin fut le développement, influencé par l'homme, des multiples lignées et variétés d'animaux domestiqués et de végétaux cultivés. Se fondant sur l'expérience d'éleveurs et d'agriculteurs, il conclut que trois principes fondamentaux déterminaient la transformation évolutive : la variabilité spontanée des organismes vivants et la tendance des jeunes à ressembler à leurs parents ; les effets

de l'environnement et de l'habitude; la sélection. Considérons ces trois points, un à un, et voyons comment les réévaluer à la lumière de la causalité formative.

### *Variation spontanée*

Darwin a cité de multiples exemples de variation spontanée: perte ou gain de structures entières (vertèbres, pétales, mamelons et jusqu'à des membres); modifications soudaines et spectaculaires des schèmes de croissance et de développement, et bien d'autres types de variation (de couleur, de schème, de comportement). Il a montré comment les éleveurs ont, maintes fois, sélectionné de telles variantes comme base d'une nouvelle lignée ou variété: songeons à l'apparition spontanée du mouton ancon (Fig. 16.1) ou à celle de brugnons à partir de pêches<sup>10</sup>.

Les biologistes, spécialisés dans ce secteur de recherche, ont identifié d'innombrables exemples de sauts ou discontinuités spontanés; de nouveaux types émergent directement d'anciens sans passer par une série de formes intermédiaires<sup>11</sup>. On parle alors de mutations (du latin *mutare*, changer). L'étude de la transmission de telles variations discontinues est la base même de la génétique, depuis Mendel. Il est apparu, au cours du siècle dernier, que des mutations peuvent impliquer, au niveau génétique, des changements allant de la perte ou du gain de chromosomes *via* des modifications à grande échelle de la structure chromosomique, à des modifications de paires basiques simples de molécules d'ADN.

Le terme *mutation* sert aujourd'hui couramment à désigner de telles modifications génétiques, en particulier au sein des molécules d'ADN; ce qui semblerait impliquer que la variation spontanée d'organismes peut être réduite à la variation spontanée des gènes. Un organisme mutant est celui chez qui *s'expriment* ces modifications, et cette expression intervient dans le contexte de son développement et comportement coordonnés. Ainsi,

des mutations génétiques chez la mouche du vinaigre favorisant l'apparition de quatre ailes au lieu de deux (Fig. 5.6) altèrent-elles la morphogenèse d'un segment complet de la mouche, mais nous l'avons vu le gène mutant ne contient ni ne programme ce développement. Souvenez-vous de l'analogie du téléviseur : la mutation d'un condensateur dans le circuit de réglage peut l'amener à capter une autre chaîne, mais le programme de cette dernière n'est pas pour autant encodé dans le condensateur mutant. Darwin lui-même était conscient de ce qu'il nommait le «pouvoir coordinateur» commun à tous les êtres organiques, que l'hypothèse de la causalité formative attribue aux champs morphiques. Darwin, lui, attribuait cette «puissance coordinatrice et réparatrice» au *nîsus formativus*, la pulsion formative postulée par les vitalistes du début du XIX<sup>e</sup> siècle. Ainsi sous sa propre plume :

Nous pouvons en inférer que lorsqu'une partie quelconque est ou fortement augmentée de grosseur, ou tout à fait supprimée par la variation et la sélection continues, le pouvoir coordinateur de l'organisation doit constamment tendre à ramener peu à peu l'harmonie entre toutes les parties<sup>12</sup>.

Depuis Darwin, d'éminents biologistes voient dans ces mutations à grande échelle l'explication la plus probable de la manière dont de nouveaux types d'organismes peuvent voir le jour<sup>13</sup>. Le généticien Richard Goldschmidt, notamment, a exprimé cette vision sous une forme quelque peu extrémiste :

Les espèces et les catégories supérieures voient le jour par phases macro-évolutives uniques en tant que systèmes génétiques tout à fait nouveaux. Le processus génétique impliqué consiste en une réorganisation des chromosomes, laquelle résulte en un système génétique nouveau. [...] Ce système génétique nouveau [...] produit une modification du développement qualifiée de mutation systémique. [...] Les faits relatifs au développement, en particulier ceux issus de

l'embryologie expérimentale, permettent à d'énormes changements de se produire en une seule fois<sup>14</sup>.

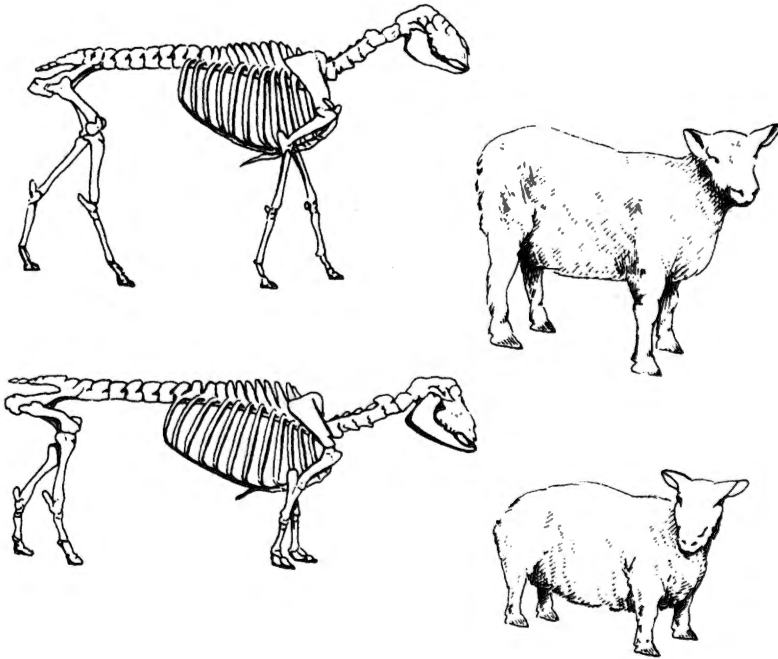


**Figure 16.1** Mouton normal (en haut) comparé au mouton ancon ou «loutre», avec leur squelette respectif (d'après Stanley, 1979). Cette lignée est issue d'une mutation soudaine, et n'est pas le fruit d'une évolution *via* des formes intermédiaires. Darwin l'a décrite comme suit : «En 1971, il naquit au Massachusetts un agneau mâle avec les jambes courtes et tordues et le dos allongé comme un basset. C'est avec cet unique animal que fut créée la race semi-monstrueuse des moutons loutres ou ancons : ces moutons ne pouvant franchir les clôtures on pensa qu'il y aurait quelque avantage à les élever. [...] Les moutons ancons [...], réunis avec d'autres moutons dans les mêmes enclos, se rassemblent entre eux en se séparant du reste du troupeau.» (Darwin, 1868, p. 107 et 110)

Goldschmidt baptisa ces organismes mutants : « monstres bienheureux ». Une telle insistance sur les modifications à grande échelle réduit le rôle créatif de la sélection naturelle dans le processus évolutif et fournit, par là même, matière à controverse. Elle intègre la source principale de créativité évolutive à l'organisation vivante elle-même : de nouveaux types d'organismes apparaissent spontanément, voilà tout. Darwin savait que c'était vrai pour les végétaux et les animaux domestiqués et que telle était l'origine de maintes lignées et variétés établies. Mais il estima qu'il en allait tout autrement dans l'évolution naturelle, et préféra mettre l'accent sur le pouvoir créatif de la sélection naturelle. La variation spontanée, source de nouveauté évolutive, reste un trait essentiel de sa théorie, il s'employa pourtant à minimiser son rôle ; la manière la plus simple d'y parvenir consistait à se concentrer sur de petites variations plutôt que sur de grandes. Plus elles étaient petites, se disait Darwin, moins elles paraissaient mystérieuses, et plus sa théorie devenait scientifique.

### *Les effets de l'habitude*

À l'époque de Darwin, les caractéristiques acquises étaient supposées transmissibles. Darwin cita d'ailleurs maints exemples allant en ce sens<sup>15</sup>. Il était donc lamarckien, moins en raison de l'influence de Lamarck sur sa pensée que du fait que tous deux considéraient la notion de transmission des caractéristiques acquises comme relevant du bon sens. Cette vision était si familière qu'elle paraissait aller de soi<sup>16</sup>. Comme nous l'avons vu au chapitre 8, l'hypothèse de la causalité formative attribue la transmission d'habitudes acquises de forme et de comportement à la transmission de champs morphiques par résonance morphique.

Lamarck insista fortement sur le rôle du comportement dans l'évolution : le développement d'habitudes nouvelles en réponse à des besoins favorise l'usage ou le non-usage d'organes, qui sont en



conséquence renforcés ou affaiblis. Ce processus entraîne, en l'espace de plusieurs générations, des modifications structurales qui deviennent, en définitive, héréditaires. L'exemple le plus célèbre, évoqué par Lamarck, est celui de la girafe :

Relativement aux habitudes, il est curieux d'en observer le produit dans la forme particulière et la taille de la girafe : on sait que cet animal, le plus grand des mammifères, habite l'intérieur de l'Afrique, et qu'il vit dans des lieux où la terre, presque toujours aride et sans herbage, l'oblige de brouter le feuillage des arbres, et de s'efforcer continuellement d'y atteindre. Il est résulté de cette habitude soutenue depuis longtemps, dans tous les individus de sa race, que ses jambes de devant sont devenues plus longues que celles de derrière, et que son col s'est tellement allongé, que la girafe, sans se dresser sur ses jambes de derrière, élève sa tête et atteint à six mètres de hauteur<sup>17</sup>.

Sur ce point aussi, Darwin est en accord avec Lamarck, et il fournit divers exemples des effets héréditaires des modes de vie. Ainsi, les volatiles domestiques, les canards et les oies ont-ils presque perdu l'habitude et la force de voler. Comparant soigneusement les squelettes de lignées domestiquées à ceux d'espèces sauvages originales, il a montré que s'était produite une réduction générale du poids et de la taille des os des ailes ainsi qu'un allongement des os des pattes par rapport au reste du squelette ; il a attribué cette évolution au résultat indirect de l'action des muscles sur les os : « Certaines parties du squelette de nos animaux anciennement domestiqués ont été, sans aucun doute, modifiées en poids et en grosseur, par les effets de l'accroissement ou de la diminution d'usage<sup>18</sup>. » Il a supposé que des principes similaires s'étaient exprimés dans des conditions naturelles : les autruches, par exemple, ont peut-être perdu la force de voler par non-usage des ailes et développé des pattes plus fortes par usage accru de celles-ci au fil des générations<sup>19</sup>.

Darwin était en réalité très conscient de la puissance de l'habitude, laquelle était pour lui synonyme de nature. «La nature, en rendant l'habitude omnipotente, et ses effets héréditaires, a adapté le fuégien au climat et aux productions de son misérable pays», écrivit-il succinctement<sup>20</sup>. Francis Huxley a résumé comme suit l'attitude de Darwin :

Une structure était pour lui une habitude, et une habitude impliquait non seulement un besoin interne mais des forces externes auxquelles l'organisme devait s'adapter pour le meilleur ou le pire [...]. En un sens, il aurait pu intituler son livre *L'Origine des habitudes* plutôt que *L'Origine des espèces*. Comme tant d'autres, il n'a jamais très bien su ce qu'était une espèce<sup>21</sup>.

Maints biologistes reconnaissent, avec Darwin, l'importance des effets cumulatifs de l'habitude, et les autruches demeurent leur exemple favori. Ces oiseaux naissent avec des callosités au croupion, à la poitrine et au pubis aux endroits précis qui reposent sur le sol quand ils sont assis (Fig. 16.2). Il est aisé de supposer que leurs ancêtres ont développé ces callosités du fait de leur tendance à s'asseoir d'une manière spécifique; au fil des générations, cette mutation s'est accentuée et est, en définitive, apparue même chez les embryons.

Les sangliers d'Afrique ont, eux aussi, des callosités héréditaires aux genoux – ils ont l'habitude de s'agenouiller en fourrageant dans la terre<sup>22</sup>. Il en va de même des chameaux. De tels effets se retrouvent chez l'homme, comme l'a montré Darwin :

Chacun sait qu'un travail pénible épaissit l'épiderme des mains; et lorsque nous voyons que chez les enfants, longtemps avant leur naissance, l'épiderme est plus épais sur la plante de leurs pieds que sur toutes les autres parties de leur corps... nous sommes tout naturellement conduits à l'attribuer aux effets héréditaires de l'usage ou d'une pression longtemps continués<sup>23</sup>.

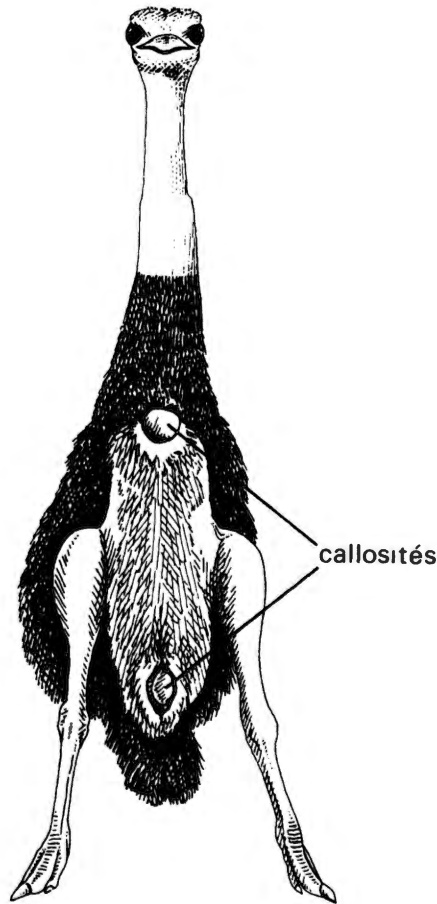


**Figure 16.2** Autruche vue de face, avec les callosités  
sur lesquelles elle repose quand elle s'assied  
(cf. Duerden, 1920).

De telles notions lamarckiennes exercent une séduction immédiate et semblent en parfait accord avec le sens commun. Le problème est que nul n'a été capable de proposer un mécanisme plausible expliquant comment ces caractéristiques acquises pouvaient se transmettre matériellement. Darwin a fait une

tentative en ce sens : il a suggéré que toutes les unités du corps émettent de minuscules gemmules de « matière formative » ; celles-ci sont dispersées dans le corps, se multiplient et se rassemblent en bourgeons ou en éléments sexuels *via* lesquels ils se transmettent à la progéniture<sup>24</sup>. Cette théorie n'a jamais tellement retenu l'attention, et paraît aujourd'hui bien improbable. Des tentatives modernes visant à expliquer l'hérédité lamarckienne en fonction de la transmission d'un matériel génétique spécifiquement modifié de diverses parties du corps aux cellules germinatives n'ont pas remporté plus de succès.

Les généticiens mendéliens n'ont cessé, depuis Weismann, de nier la possibilité d'un tel héritage. Comment expliquer alors les callosités innées de l'autruche ? La sélection naturelle de mutations fortuites est la réponse toute faite des néodarwiniens ; mais comme l'a fait observer C. H. Waddington :

Pouvons-nous vraiment nous satisfaire d'une théorie qui suggère qu'une modification héréditaire est apparue, par hasard, pour produire des callosités au bon endroit, et que l'habitude de s'asseoir des autruches n'a nullement influencé ce phénomène<sup>25</sup> ?

Waddington a démontré, à la faveur de ses expériences sur la mouche du vinaigre, que des caractéristiques acquises étaient effectivement transmissibles. Il a expliqué cet effet en termes de chréodes ou de zones de développement canalisé (Fig. 6.2) et a qualifié d'assimilation, le processus génétique (Fig. 8.3) :

Nous constaterons, après un certain temps, que le canal menant à la condition adaptée est mieux défini que le canal principal, et aussi que le développement l'empruntera plus facilement. Le seuil entre l'alternative adaptée et la voie principale originale sera abaissé. Si cet abaissement est suffisant, l'alternative deviendra la voie principale, et l'assimilation génétique sera complétée<sup>26</sup>.

Il a tenté d'expliquer cet effet en termes de sélection et d'accumulation de gènes mutants dans la population, et a ainsi fourni une explication néodarwinienne apparemment orthodoxe – explication largement reprise par les théoriciens modernes de l'évolution. Des études récentes n'ont cependant pas permis de la confirmer – l'effet, se produisant même en l'absence de sélection génétique favorable aux mouches à quatre ailes, semble donc plus lamarckien que Waddington ne le supposait.

Comme nous l'avons vu au chapitre 8, l'hérédité des caractéristiques acquises était auparavant problématique du point de vue mécaniste. Les néodarwiniens comme les néolamarckiens faisaient une supposition classique : l'hérédité est explicable par les gènes chimiques ; par conséquent, les changements héréditaires doivent être liés à des changements au niveau des gènes. Cependant, depuis le début du <sup>xxi</sup><sup>e</sup> siècle, la reconnaissance de l'hérédité épigénétique permet d'avancer de nouvelles explications : ce ne sont pas des changements dans les gènes eux-mêmes, mais dans leur manière de s'exprimer qui peuvent devenir héréditaires, par exemple à travers des modifications protéiniques dans les chromosomes ou à travers la méthylation de l'ADN.

La notion de causalité formative avance une autre manière par laquelle les caractéristiques acquises peuvent être transmises, c'est-à-dire par les champs morphiques, qui sont transmis non pas génétiquement, mais par résonance morphique. Du fait de la répétition, de nouveaux schémas développementaux et comportementaux deviennent de plus en plus habituels. En effet, les organismes peuvent hériter d'habitudes comportementales et d'une évolution corporelle, comme le supposaient Lamarck et Darwin.

## *La sélection naturelle*

Que la sélection naturelle joue un rôle dans le processus évolutif paraît indiscutable : d'innombrables espèces, et en réalité des écosystèmes entiers, se sont éteintes, tandis que d'autres ont subsisté. Des processus naturels – compétition entre organismes, bouleversements climatiques et écologiques, catastrophes globales débouchant sur des extinctions massives – ont exercé, en un sens, un effet sélectif. La sélection naturelle élimine les organismes et les espèces qui ne sont pas adaptés à leur environnement, pour l'une ou l'autre raison.

Darwin a cependant attribué à la sélection naturelle un rôle plus positif et créatif :

On peut dire, par métaphore, que la sélection naturelle recherche, à chaque instant et dans le monde entier, les variations les plus légères ; elle repousse celles qui sont nuisibles, elle conserve et accumule celles qui sont utiles ; elle travaille en silence, insensiblement, partout et toujours, dès que l'occasion s'en présente pour améliorer tous les êtres organisés relativement à leurs conditions d'existence organique et inorganique<sup>27</sup>.

Cette idée est plausible dans la mesure où elle s'applique au développement de variétés, races et sous-espèces localement adaptées ; elle n'a jamais été vraiment contestée, tout au moins en tant qu'explication partielle de l'adaptation évolutive. Mais les lamarckiens, comme Darwin lui-même, ont insisté aussi sur l'importance des effets héréditaires des modes de vie. Le problème majeur, auquel Darwin et les darwiniens se sont trouvés confrontés, est lié à la justification de l'origine des espèces elles-mêmes, ou des genres, familles et ordres supérieurs d'organisation vivante. La notion selon laquelle ces processus évolutifs à grande échelle se sont manifestés peu à peu, sur de très longues périodes, a été sans cesse remise en question. Comment des structures aussi complexes

que les yeux, les ailes et les plumes pourraient-elles avoir connu une évolution progressive avant d'être devenues des tous fonctionnels? Pourquoi les végétaux et les animaux se classent-ils en types distincts – fougères, conifères, insectes, oiseaux – au lieu de s'étaler en un spectre continu de formes vivantes?

Les archives fossiles ont toujours paru mieux s'accorder à l'idée que l'apparition de formes de vie nouvelles fut soudaine, ou tout au moins rapide. Mais Darwin et les darwiniens ont expliqué ces discontinuités dans les archives fossiles par leur manque d'harmonie et leurs imperfections. Cet argument, contesté depuis l'époque de Darwin, fut attaqué dans les années 1980 par d'éminents paléontologues :

Les archives fossiles – réserve riche en informations longtemps inexploitées – nous contraignent à réviser la vision conventionnelle de l'évolution. Il apparaît que des myriades d'espèces ont habité la terre pendant plusieurs millions d'années sans connaître d'évolution notoire. D'autre part, des transitions évolutives majeures ont eu lieu au cours d'épisodes de changement rapide, de nouvelles espèces émergeant rapidement d'anciennes. Bref, l'évolution s'effectue par coups et à-coups<sup>28</sup>.

L'adhésion de Darwin et des néodarwiniens à la doctrine du changement progressif est sans grand rapport avec des évidences empiriques : cette controverse masque, en réalité, une question dogmatique majeure. L'objectif principal de Darwin était de substituer des processus naturels spontanés à la notion de création divine. La théologie conventionnelle de son époque justifiait les adaptations complexes des végétaux et des animaux par l'intervention d'une intelligence divine ; Darwin postula, à la place, la notion de sélection naturelle. La controverse se poursuit, les partisans du «dessein intelligent» mettant en avant des versions moléculaires de l'ancien «argument téléologique<sup>29</sup>».

Pour éviter de devoir recourir à Dieu pour expliquer les sauts créatifs soudains, Darwin leur nia toute signification quelconque dans l'évolution de la vie, ou tout au moins minimisa-t-il leur importance. Ce refus acquit, chez lui, valeur de dogme scientifique. La plupart de ses partisans ont adopté cette attitude, résumée par Richard Dawkins dans les termes suivants :

Dans le cadre de la lutte contre le créationnisme, gradualisme est plus ou moins synonyme d'évolution. Si vous rejetez la notion de progression vous rejetez cela même qui rend l'évolution plus plausible que la création. La création est un cas particulier de saltation – le *saltus* est le grand saut du rien vers la vie moderne accomplie. Quand vous songez à ce que Darwin dut combattre, est-il étonnant qu'il revînt constamment au thème du changement lent et progressif?<sup>30</sup>

Le remplacement de la notion de conception divine par celle de sélection naturelle a développé chez les darwiniens une habitude intellectuelle, évoquant celle, aujourd'hui dépassée, de la théodicée, qui s'employait à justifier les voies divines par les hommes. Selon ce type de théologie, Dieu, étant un être parfait et omniscient, doit avoir créé le meilleur des mondes, donc tout ce qui advient doit avoir une raison providentielle, même si celle-ci n'est pas apparente de prime abord. Les darwiniens, confrontés à un trait quelconque d'une espèce, lui supposent une raison d'être, ou une valeur adaptative, puis spéculent sur les pressions sélectives susceptibles de lui avoir donné naissance. Il est, en réalité, impossible de vérifier la validité de telles spéculations ; ce sont des sortes de fables : Comment le rhinocéros a-t-il acquis sa corne ? Comment le paon a-t-il reçu sa queue ? etc. Un des attraits du darwinisme est qu'il permet d'inventer une série infinie d'histoires. Mais, aussi variées et ingénieuses qu'elles soient, toutes se fondent sur la même morale du succès compétitif, et toutes s'intègrent dans un monde monotone, utilitaire.



Darwin, avec sa modestie habituelle et désarmante, reconnut qu'il avait exagéré le rôle de la sélection naturelle :

Toutefois je n'ai pu m'affranchir suffisamment de l'influence de mon ancienne croyance, alors généralement admise, à la création de chaque espèce dans un but spécial ; ce qui m'a conduit à supposer tacitement que chaque détail de conformation, les rudiments exceptés, devrait avoir quelque utilité spéciale, bien que non reconnue. Avec cette idée dans l'esprit, on est naturellement entraîné à étendre trop loin l'action de la sélection naturelle dans le passé ou dans le présent<sup>31</sup>.

Parmi ceux qui ont accepté la notion de sauts soudains, certains y ont vu l'expression même de la puissance créative de la nature, sinon de Dieu<sup>32</sup>. Mais d'autres les ont perçus comme le pur fruit du hasard, et les ont assimilés aux petites mutations fortuites sur lesquelles se fonde la théorie darwinienne. La différence entre le rôle évolutif de grands ou de petits changements fortuits devient alors une simple question de degré. Pourtant d'autres encore affirment que les mutations se produisent dans le cadre de schèmes de développement et de comportement limitant les changements susceptibles de survenir. Un cheval mutant peut avoir des orteils supplémentaires, par exemple, mais n'aura jamais d'ailerons, de plumes ou de fleurs.

Un des plus ardents partisans de Darwin, T. H. Huxley, l'a très tôt mis en garde contre son insistance sur le changement progressif :

La position de M. Darwin aurait été encore plus forte, nous semble-t-il, s'il ne s'était embarrassé de l'aphorisme *Natura non facit saltum*, si fréquent dans ses pages. Nous croyons que la nature fait des bonds de temps à autre, et l'acceptation de ce fait n'est nullement dénuée d'importance<sup>33</sup>.

Darwin ne tint pas compte de l'avertissement, et sa théorie fit, en conséquence, l'objet d'une controverse permanente. Ainsi qu'il

le dit, avec un certain emportement, après plusieurs années de débats: «Il en est cependant qui croient encore que des espèces ont subitement donné naissance, par des moyens encore inexplicables, à des formes nouvelles totalement différentes<sup>34</sup>.» Ce qui est aussi vrai aujourd'hui qu'il y a un siècle quand parut *L'Origine des espèces*.

Nous avons vu que si Darwin et les néodarwiniens ont accordé une telle importance aux changements progressifs, c'est qu'ils désiraient rendre le processus évolutif aussi lumineux que possible, et ne laisser aucune latitude à l'activité créatrice de Dieu. L'inconvénient des dogmes gradualistes est qu'ils sont en conflit avec les archives fossiles, suggérant que de grands changements évolutifs sont intervenus de manière soudaine, ainsi qu'avec le fait bien établi que des mutations brusques, ayant des effets à grande échelle, surviennent bel et bien, notamment chez le mouton ancon, décrit par Darwin lui-même (Fig. 16.1) et chez les mouches du vinaigre mutantes (Fig. 5.6 et 8.2).

La notion d'une évolution biologique impliquant à la fois des sauts soudains et des changements progressifs semble mieux correspondre aux faits qu'une insistance dogmatique sur le seul gradualisme. Elle s'accorde, en outre, avec ce que nous savons de l'évolution dans d'autres sphères – notamment de l'évolution de la science elle-même. De nouvelles théories et de nouveaux paradigmes voient le jour à la suite de sauts intuitifs soudains; puis, la recherche reprend sa progression relativement graduelle et cumulative, dans le cadre de ce champ scientifique et de ce paradigme nouveaux qui deviennent bientôt habituels.

La notion d'évolution par sélection naturelle ne fait pas exception à la règle. Nous avons vu au chapitre précédent qu'elle vint à Wallace comme une illumination soudaine, au cours d'une crise de malaria sous les tropiques; elle vint à Darwin lui-même de manière soudaine. En 1837, il se convertit à l'évolutionnisme et renonça à son ancienne croyance en la constance de l'espèce,

puis «tout m'apparut soudain sous un jour nouveau<sup>35</sup>». Enfin, le 28 septembre 1838, vint le moment crucial de l'illumination. Selon les propres mots de Darwin :

Quinze mois après avoir commencé mon enquête systématique, j'ai eu l'occasion de lire, pour me distraire, l'article de Malthus sur la population. Bien préparé à apprécier la notion de lutte universelle pour l'existence – ayant patiemment observé les habitudes des animaux et des végétaux – il m'apparut brusquement que, dans ces circonstances, les variations favorables tendraient à être préservées et les défavorables éliminées. Il s'ensuivrait la formation d'une espèce nouvelle. Je tenais enfin une théorie sur laquelle travailler<sup>36</sup>.

Après cette intuition essentielle, la théorie de Darwin mûrit pendant plusieurs années avant d'être publiée, en 1859, sous le titre *L'Origine des espèces*. Ainsi, l'évolution intellectuelle de Darwin semble-t-elle avoir connu, comme le processus évolutif en général, des sauts soudains aussi bien que des adaptations et changements progressifs.

### *L'évolution des champs morphiques*

Il y a évolution à tous les niveaux d'organisation – des atomes aux galaxies. À chaque niveau, les systèmes organisés – molécules d'insuline, mouches du vinaigre, schèmes instinctifs de nidification des guêpes, bandes d'oiseaux, sociétés tribales et théories scientifiques – sont des tous : gestalts, unités morphiques, holons. L'hypothèse de la causalité formative implique inévitablement une liaison étroite entre le processus évolutif et l'évolution des champs morphiques. Cette vision a quatre conséquences majeures.

Premièrement, l'apparition de schèmes d'organisation nouveaux – nouveaux types de cristaux, par exemple, nouvelles classes d'organismes (notamment mammifères), nouvelles théories

scientifiques – est liée à l'apparition de champs morphiques nouveaux. Nous discuterons au dernier chapitre des sources créatives éventuelles des champs nouveaux; le point important, dans la discussion qui nous occupe, est que l'apparition de champs nouveaux implique inévitablement un saut ou une discontinuité. Ces champs sont des *touts*, et du fait même de leur intégrité irréductible, doivent apparaître soudainement. Des *touts* à tous les niveaux de complexité, comme les quanta de la physique quantique, existent ou n'existent pas; par nature, ils ne peuvent voir le jour progressivement.

Bien entendu, de nouveaux champs morphiques impliquent, outre cette discontinuité, une continuité avec ce qu'il advint auparavant. Tous les nouveaux champs englobent des unités morphiques de niveau inférieur, antérieures à leur apparition; ces holons de niveau inférieur sont les parties mises en relation dans la nouvelle synthèse. Ainsi, de nouveaux types de molécules comprennent des atomes – notamment de carbone et d'oxygène – ayant évolué il y a plusieurs milliards d'années. Il est probable que, lorsque apparurent les cellules à noyaux, celles-ci intégraient des cellules microbiennes préexistantes<sup>37</sup>. On retrouve maints éléments de la forme reptile ancestrale dans le schéma corporel des premiers oiseaux. De nouveaux instincts englobent des éléments comportementaux existant depuis d'innombrables générations. De nouvelles théories incluent des idées préexistantes – ainsi, la théorie de l'évolution par sélection naturelle fut-elle une synthèse conceptuelle intégrant les notions de transformation évolutive et de lutte pour la survie. En général, de nouveaux schèmes en reprennent d'anciens; quoi qu'il en soit, ils sont nouveaux et voient le jour de façon soudaine; ils ont une globalité et une intégrité s'accordant mal à la notion d'apparition progressive.

Deuxièmement, les champs morphiques sont soumis à la sélection naturelle. Les champs de schèmes d'organisation

non viables ne seront pas stabilisés par résonance morphique. Seuls les schèmes capables de survivre sont susceptibles d'être préservés, et plus leurs répétitions seront fréquentes, plus les champs morphiques deviendront forts en raison de l'effet cumulatif de la résonance morphique, et donc plus probable sera la récurrence des schèmes. La sélection naturelle favorise plus certaines habitudes que d'autres ; et plus une habitude s'avère heureuse, plus elle est stabilisée par résonance morphique. Dans le secteur de la biologie, ce processus intervient dans l'évolution de la dominance et dans la tendance qu'ont les schèmes les plus courants de forme et de comportement à s'imposer – dans le langage de la génétique on parle de dominance du type sauvage (*cf.* chapitre 8).

Troisièmement, cette hypothèse autorise une hérédité des caractéristiques acquises qui ne dépend pas de la modification sélective des gènes, comme c'est le cas des théories néolamarckiennes, ni même de l'hérédité épigénétique à travers des changements chimiques dans les chromosomes, mais qui se fonde sur des modifications transmissibles des champs morphiques en réponse aux habitudes dans la vie. L'hérédité des champs morphiques par la résonance morphique en provenance d'anciens organismes similaires permet aussi que de nouveaux schémas développementaux ou comportementaux se propagent plus rapidement que par l'hérédité génétique conventionnelle. Un exemple allant dans ce sens nous est fourni par les mésanges européennes qui ont pris l'habitude d'ouvrir des bouteilles de lait ou par les chevaux qui se sont adaptés aux fils de fer barbelés.

Quatrièmement, les champs morphiques connaissent une différenciation ou spécialisation : certaines versions des schèmes généraux qu'ils organisent deviennent plus probables que d'autres. En réalité, le processus évolutif semble, dans une large mesure, impliquer l'apparition de variations sur des thèmes morphiques fondamentaux. Les animaux et végétaux domestiqués fournissent

une illustration claire de ce principe : songez, par exemple, aux variations sur le thème du chien représentées par des lignées telles que le bouledogue et le dachshund.

De nombreux paléontologues ont déduit des archives fossiles que, lorsque apparaissent de nouvelles lignées évolutives, de nouveaux schémas corporels fondamentaux –, il se produit souvent «au début de leur phylogénie une radiation intense de types, une “phase explosive”, et seul un nombre limité de branches continue à se développer, à un rythme plus lent<sup>38</sup>». Un exemple nous est fourni par la radiation adaptative des mammifères après l'extinction soudaine des dinosaures, il y a quelque soixante millions d'années. La plupart des ordres mammifères ont vu le jour il y a environ douze millions d'années : carnivores, baleines, dauphins, rongeurs, marsupiaux, fourmiliers, chevaux, chameaux, éléphants, chauves-souris, etc. En réalité, la plupart des formes mammifères fondamentales apparues en ces temps existent toujours<sup>39</sup>.

Dans de tels embranchements évolutifs à quelque niveau que ce soit – ordres, familles, genres ou espèces –, il est plus probable que les diverses versions alternatives d'un champ fondamental commun aient vu le jour par saltation. Nombre des nouvelles variantes sont peut-être apparues à la suite de modifications chromosomiques et de mutations génétiques ; certaines peuvent s'être stabilisées à la suite d'accidents historiques s'étant produits, par exemple, dans de petites populations isolées ; d'autres peuvent avoir évolué en réponse à des conditions de vie et d'autres encore, progressivement, à la manière darwinienne classique. Mais quelle que fût leur mode d'apparition, si elles se sont avérées viables et se sont reproduites avec succès, leurs versions caractéristiques des champs morphiques fondamentaux auront été progressivement renforcées par résonance morphique.

Aucune de ces considérations ne nie le rôle de la sélection naturelle au niveau génétique ; des organismes, dont la constitution génétique est associée à des schèmes d'organisation plus

viables, seront favorisés par sélection naturelle, et il se produira donc des modifications de fréquences génétiques au sein des populations, comme le supposent les néodarwiniens. Néanmoins, selon l'hypothèse présente, l'évolution implique, plus qu'un changement dans les fréquences génétiques, une sélection naturelle et une stabilisation de schèmes d'organisation engendrés par les champs morphiques. Ces champs eux-mêmes évoluent. Leur expression est influencée par les conditions et modes de vie, ainsi que par les mutations génétiques.

Cette hypothèse, aussi surprenante soit-elle, s'accorde, dans l'ensemble, avec la pensée de Darwin, notamment avec son insistance sur la force de l'habitude. Elle s'en distingue toutefois, puisqu'elle accepte les notions de changements soudains aussi bien que celles de changements progressifs et laisse ouverte la question de la créativité.

### *Extinction et atavisme*

D'innombrables espèces se sont éteintes pour des raisons diverses – modifications climatiques, catastrophes à l'échelle globale, etc. Des écosystèmes complexes sont morts. Des langages et cultures humains ont disparu, et maintes aptitudes et éléments culturels se sont perdus. Qu'est-il advenu de leurs champs morphiques?

Selon l'hypothèse de la causalité formative, ces champs existent toujours, mais ne peuvent plus s'exprimer n'ayant plus de support auquel s'accorder. Même les champs des dinosaures sont potentiellement présents ici et maintenant, mais ils ne disposent plus de systèmes de branchement appropriés, tels que des œufs de dinosaures vivants, susceptibles de les éveiller par résonance morphique.

Si, pour quelque raison que ce soit – mutation génétique, stress environnemental inhabituel, etc. –, un système vivant entre en

résonance avec les champs d'un type ancestral ou éteint, ceux-ci pourraient s'exprimer à nouveau, et des structures archaïques, réapparaître soudain<sup>40</sup>. Un tel phénomène est, en réalité, bien connu, et est souvent qualifié de retour, d'atavisme ou de pas en arrière.

Darwin attira l'attention sur maints exemples de retour bien connus des éleveurs de plantes : « Chez tous nos végétaux cultivés, on remarque quelque tendance au retour, vers ce qui était, ou tout au moins, ce qu'on présume avoir été leur état originel<sup>41</sup>. » Une tendance similaire a souvent été observée chez des animaux domestiques ayant renoué avec une existence sauvage. Les porcs redevenus sauvages « ont repris le pelage foncé, les fortes soies et les crocs du sanglier ; les jeunes revêtent également la livrée du marcassin, avec ses raies longitudinales. [Darwin conclut plus loin :] Dans ce cas, comme dans beaucoup d'autres, nous ne pouvons que dire que les changements d'habitudes ont probablement favorisé une tendance, inhérente ou latente dans l'espèce, à revenir à l'état primitif<sup>42</sup> ».

De tels phénomènes sont étroitement liés à ce que les généticiens nomment « la dominance du type sauvage » ; en termes de résonance morphique, les champs du type sauvage ancestral ont eu une existence plus longue et ont été plus fortement stabilisés que ceux des formes domestiquées, il en résulte qu'ils tendent à prédominer à moins d'en être empêchés par la sélection humaine.

Darwin croyait que l'atavisme sous-tendait nombre des mystères de la variation spontanée, et il conclut sa discussion du sujet en disant que le germe « est bourré de caractères invisibles... éloignés de nous par des milliers de générations – caractères, qui, comme ceux qu'on trace sur le papier avec une encre sympathique, sont toujours prêts à être évoqués sous l'influence de certaines conditions connues ou inconnues<sup>43</sup> ».

Un exemple frappant d'atavisme est la naissance occasionnelle de bébés dotés de queues, ou l'apparition de pattes arrière chez



des baleines et d'ailes chez des insectes non ailés<sup>44</sup>. Un des cas les mieux documentés est l'apparition d'orteils surnuméraires chez les chevaux. Les chevaux modernes représentent l'aboutissement d'une tendance évolutive à la réduction du nombre d'orteils: ils n'en ont qu'un. Le sabot est l'ongle de l'orteil. Leurs ancêtres putatifs en avaient trois ou quatre, il y a plus de vingt millions d'années et plus loin encore dans le temps, leurs géniteurs devaient en compter cinq, comme les mammifères originaux. Les chevaux modernes ne développent que des vestiges des deuxième et quatrième métacarpes sous forme de stylets perchés au-dessus du sabot.

Des chevaux ayant des métacarpes surnuméraires apparaissent de temps en temps et intriguent depuis l'époque de Jules César. Un examen attentif de ces mutants a révélé que, dans la plupart des cas, le métacarpe surnuméraire est une réplique du troisième métacarpe fonctionnel, mais certains chevaux renouent avec leurs ancêtres lointains, un de leurs stylets, voire les deux, devenant des métacarpes complets avec sabot (Fig. 16.3)<sup>45</sup>.

Chez les ancêtres reptiliens des oiseaux, les os reliant le genou à la cheville, le tibia et le péroné, étaient de longueur égale, et la cheville était formée d'une série de petits os. Chez la plupart des oiseaux modernes, y compris les coqs, le péroné est réduit à un stylet et les os de la cheville embryonnaire sont fondus au tibia en développement (Fig. 16.4). On a observé, à la faveur d'expériences simples et ingénieuses sur des embryons de poulet, la réapparition du schéma archaïque. On a obtenu cet effet en insérant une petite plaque de mica entre le tibia et le péroné à un stade précoce du développement embryonnaire. Le péroné s'est développé complètement, et les os de la cheville sont demeurés séparés<sup>46</sup>.

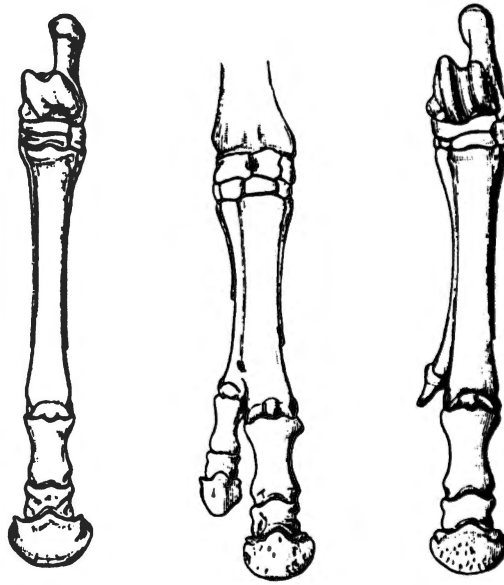


**Figure 16.3** À gauche, orteil d'un cheval normal – les vestiges des deuxième et quatrième métacarpes forment les stylets (cf. Fig. 4.4). Au centre, mutant à orteil surnuméraire formé par duplication du troisième métacarpe; les stylets sont toujours présents. À droite, mutant atavique chez lequel un stylet a produit un orteil surnuméraire (d'après Marsh, 1892).

L'exemple le plus curieux est, sans doute, le développement de dents à partir de tissu embryonnaire de poulet. L'archéoptéryx, généralement considéré comme le premier oiseau fossile, possédait des dents, mais on n'en a plus trouvé trace chez aucun autre oiseau fossile de ces soixante derniers millions d'années. Des chercheurs ont prélevé de l'épithélium des lames branchiales embryonnaires de poulets (les structures qui donnent naissance aux mâchoires chez les vertébrés) et l'ont cultivé en laboratoire avec du tissu embryonnaire de souris capable de former l'os et la dentine des dents, mais pas l'émail. Cette combinaison de tissus a produit des

dents avec de l'émail de poulet<sup>47</sup>. Ces dents ne ressemblaient pas à celles des souris, mais si l'on en croit Stephen Jay Gould, à «la forme réelle des dents latentes d'un oiseau<sup>48</sup>».

L'hypothèse de la causalité formative suggère que des phénomènes d'atavisme comparables devraient s'observer dans les domaines sociaux et culturels. Certes, cette possibilité a été évoquée par tous ceux qui, à travers les âges, ont craint un effondrement de la civilisation et un retour de l'ordre social vers un état primitif ou barbare. Il n'en demeure pas moins que des schèmes ancestraux éteints ont pu réapparaître au cours de l'évolution sociale et culturelle sous des formes moins spectaculaires: d'aucuns comme des réveils délibérés, d'autres de manière inconsciente. Voici sans conteste un champ de spéculation fertile.

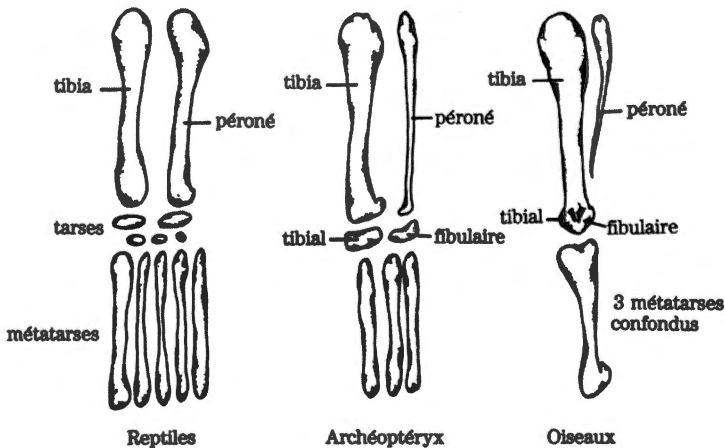


**Figure 16.4** Comparaison des parties inférieures des membres postérieurs des reptiles, de l'archéoptéryx et des oiseaux modernes. Remarquez la réduction de la taille du péroné et du nombre d'os tarsaux et métatarsaux chez l'archéoptéryx; ces derniers vont jusqu'à se fondre chez les oiseaux (d'après Hall, 1984).

## *Convergences évolutives*

Les phénomènes d'atavisme suggèrent que des champs morphiques peuvent «sauter» d'une espèce passée à une espèce présente en franchissant des espaces spatiaux et temporels. Mais pourquoi les champs sauteraient-ils uniquement des ancêtres vers leurs descendants? Pourquoi ne sauteraient-ils pas de côté? – en quelque sorte, d'un groupe ou type d'organismes vers un autre, même si ces organismes vivent sur des continents différents. Une telle transmission pourrait survenir par résonance morphique, si des organismes d'une espèce s'accordaient aux champs morphiques d'une autre par mutation génétique ou influence environnementale. Ce processus permettrait une sorte de plagiat morphique, même en l'absence de toute connexion matérielle, spatiale ou temporelle, entre organismes copieurs et organismes copiés. Les champs morphiques ne sont pas soumis à un copyright évolutif.

Sur le plan humain, maints schèmes sociaux et culturels similaires semblent avoir vu le jour indépendamment dans différentes régions du monde. Des inventions et découvertes scientifiques ou technologiques similaires sont relativement courantes – songeons à l'invention indépendante du calcul différentiel par Newton et Leibniz.

Ces parallèles s'expliquent parfois par la «diffusion», en d'autres termes par un transfert *via* des moyens de communication normaux. D'autres apparaissent lorsque des individus ou groupes sociaux indépendants sont confrontés à des problèmes similaires et trouvent des solutions semblables. Il est probable que les solutions heureuses sont favorisées par sélection naturelle.

La notion de résonance morphique complète ces explications classiques. La diffusion serait aidée par une résonance morphique facilitant le processus d'apprentissage (chapitre 10). La confrontation à des problèmes similaires favoriserait un branchement sur des solutions auxquelles d'autres sont déjà arrivés ailleurs. Et, un

schème d'activité productif aura, à force de répétition, une tendance accrue à s'imposer par résonance morphique. Ainsi serait-on en droit d'escompter que des champs morphiques sociaux et culturels se transmettent d'un groupe à l'autre, par diffusion et par sauts, du fait d'une sorte d'action à distance.

Le plagiat morphique – un groupe d'organismes adoptant les champs morphiques d'un autre par résonance morphique – fut peut-être fréquent au cours de l'évolution biologique. Il pourrait sous-tendre le phénomène d'évolution parallèle, dans lequel des schèmes similaires apparaissent dans des espèces végétales et animales étroitement apparentées. Il arrive aussi qu'on observe des similitudes frappantes chez des organismes non apparentés – on parle alors de convergence évolutive.

Richard Dawkins a fait valoir que, sur base de données statistiques et selon les suppositions néodarwiniennes classiques :

Il est infiniment peu probable qu'une voie évolutive serve deux fois en restant parfaitement identique. Et il serait tout aussi improbable, pour les mêmes raisons statistiques, que deux lignées évolutives, convergent exactement au même point d'arrivée à partir d'origines différentes. Par conséquent, la puissance de la sélection naturelle est attestée de manière d'autant plus frappante qu'on trouve chez les animaux réels de nombreux exemples dans lesquels des lignées évolutives indépendantes semblent avoir convergé, à partir d'origines très différentes, vers ce qui a toute l'apparence d'être le même point d'arrivée<sup>49</sup>.

Dans le règne végétal, les exemples les plus familiers d'évolution parallèle concernent les formes des feuilles – on retrouve souvent des schèmes très similaires dans des genres et familles distincts. Les ressemblances sont si frappantes que maintes espèces et variétés sont en réalité nommées d'après la forme de leurs feuilles, empruntées, pour ainsi dire, à d'autres types de plantes : les salicacées sont des arbres dont les feuilles ont la forme de celles du saule ;

les ilicacées, des plantes dont les feuilles ont la forme de celles du houx, etc.

On observe parfois une évolution parallèle remarquable, dans des régions géographiques particulières. F. W. Went a attiré notre attention sur le cas d'arbustes de Nouvelle-Zélande aux branches entrelacées et aux petites feuilles sphériques.

Cette tendance à la divergence (à peine connue dans les autres régions du monde) est frappante en Nouvelle-Zélande : elle concerne environ cinquante espèces d'arbustes, divisées en plus de vingt et une familles, aux branches interlacées, tortueuses, et aux feuilles atrophiées. Nombre de ces arbustes se ressemblent tellement, quand ils ne sont pas fleuris, qu'il n'est même pas possible de différencier les diverses familles<sup>50</sup>.

Il est étrange de constater que, dans la plupart des cas, cette habitude de croissance n'apparaît que chez les jeunes arbustes – sorte de phase juvénile – puis cède la place à l'habitude de croissance typique du genre ; dans d'autres espèces, elle apparaît uniquement dans la phase mûre, et pas dans la juvénile.

Went a étudié avec attention l'explication classique attribuant cette habitude à une adaptation à l'environnement favorisée par sélection naturelle. Il a démontré qu'elle ne s'accordait pas aux faits. Premièrement, il ne peut s'agir d'une protection des végétaux contre les herbivores, la Nouvelle-Zélande étant la seule région géographique étendue où on ne rencontre pas de grands herbivores. Deuxièmement, l'habitude n'apparaît qu'à certains stades de croissance et ne s'est pas entièrement imposée. Troisièmement, seules certaines espèces l'ont adoptée et pas d'autres formes voisines survivant aussi bien en Nouvelle-Zélande. Enfin, cette habitude «concerne des arbustes vivants dans des habitats si différents, qu'il ne peut s'agir d'une adaptation à l'environnement<sup>51</sup>».

Ce phénomène curieux ne se limite pas à la Nouvelle-Zélande, on le retrouve dans d'autres régions. Ce parallélisme est si

frappant que Went estima une explication en termes de mutations au hasard hautement improbable. Il conclut qu'il suggérait une sorte de «transmission non sexuelle de caractéristiques». Pour justifier son hypothèse, il est allé jusqu'à avancer que des segments entiers de chromosomes peuvent, en quelque sorte, être transférés physiquement d'un genre, ou d'une famille, à l'autre<sup>52</sup>. Cependant, ce mécanisme hypothétique ne pourrait opérer que sur de petites distances, or on relève de nombreux exemples de parallèles semblables dans des régions fort éloignées les unes des autres, et ce tant dans les règnes végétaux qu'animaux.

Ainsi trouve-t-on, chez les papillons, d'innombrables similitudes dans les schèmes de coloration des ailes, tant au sein d'une famille qu'entre familles différentes (Fig. 16.5). Certaines sont des cas connus de mimétisme – la sélection naturelle les favorisera si, par exemple, une espèce d'apparence similaire vivant dans le même environnement est protégée de ses ennemis par un goût déplaisant. Les prédateurs tendent à éviter aussi bien les insectes désagréables au goût que ceux qui les imitent. Mais d'autres cas ne se prêtent sans doute pas à une telle interprétation, en particulier lorsque les espèces apparemment semblables existent en des régions différentes<sup>53</sup>.



**Figure 16.5** Trois espèces de papillons sud-américains se caractérisant par leur grand mimétisme. Ils appartiennent à des familles distinctes. Leurs couleurs sont identiques : noir, blanc et orange brillant (partie en pointillé) (d'après Hardy, 1965).

On pense que les deux principales branches de mammifères, à savoir les placentaires et les marsupiaux, même s'ils se sont éloignés de leur ancêtre protomammifère commun il y a plus de soixante millions d'années, présentent des exemples frappants de convergence. Les marsupiaux d'Australie ont donné ailleurs naissance à une multitude de formes similaires aux mammifères placentaires, par exemple des versions à poche des fourmiliers, des taupes, des écureuils volants, des chats et des loups (Fig. 16.6 et 16.7). Le même phénomène s'est produit en Amérique du Sud, où des marsupiaux ont indépendamment donné naissance à un ensemble de formes parallèles. Parmi les mammifères placentaires, il existe de nombreux exemples frappants d'évolution parallèle, par exemple chez les porcs-épics d'Amérique du Sud et de l'Ancien Monde. Ils se ressemblent tellement qu'on a même suggéré qu'ils aient traversé l'Atlantique sur des radeaux faits avec de la végétation<sup>54</sup>.

L'évolution convergente de structures similaires chez des organismes par ailleurs extrêmement différents est encore plus mystérieuse. Les yeux des vertébrés, par exemple, présentent maintes caractéristiques communes avec ceux de céphalopodes, tels que la pieuvre. Ils présentent aussi des différences, la plus frappante étant que la rétine des vertébrés est inversée – les nerfs menant des cellules photoélectriques pointent vers la lumière – alors que la rétine des céphalopodes ne l'est pas.

On sait beaucoup moins que des yeux similaires à des caméras sont indépendamment apparus du fait de l'évolution chez plusieurs autres groupes, y compris les polychètes, un groupe de vers annélides marins, qui sont de proches parents des vers de terre. Des yeux similaires sont également apparus de manière indépendante chez trois groupes d'escargots. Plus surprenant encore, des yeux de type caméra sont apparus indépendamment chez un groupe d'organismes beaucoup plus primitifs, des sortes de méduses appelées cubozoaires, qui n'ont pas de cerveau et qui, pourtant, présentent manifestement une acuité visuelle et un comportement sophistiqué<sup>55</sup>.



## L'ÉVOLUTION DE LA VIE

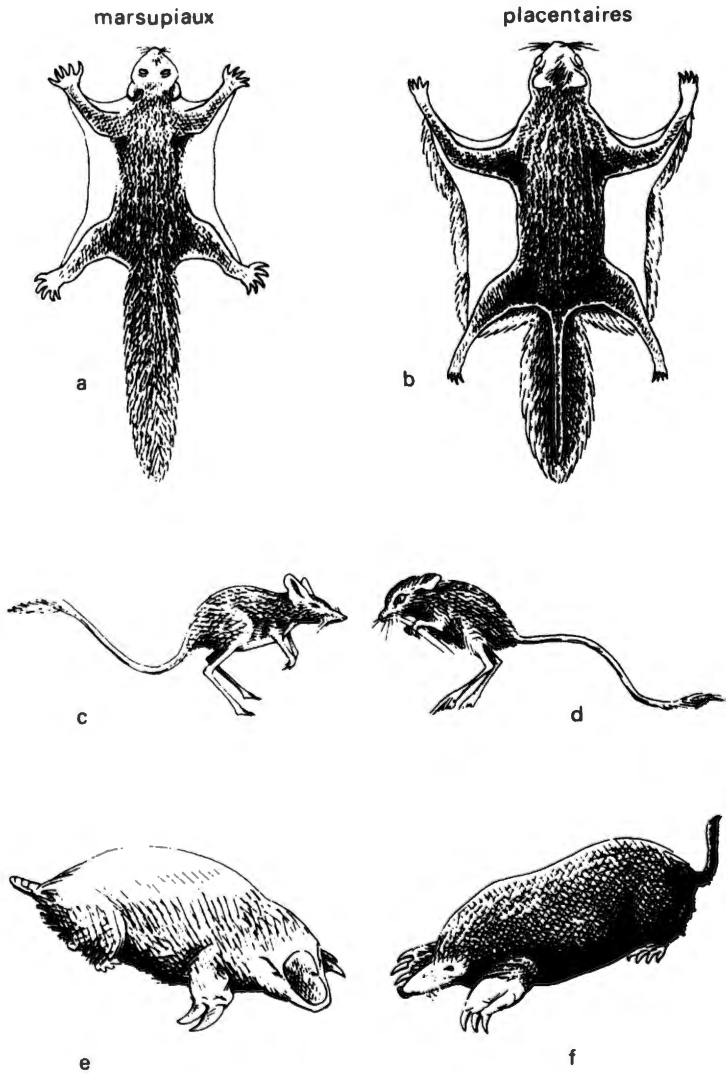


**Figure 16.6** Exemples d'évolution parallèle. a et b, phalanger volant de la famille des marsupiaux et écureuil volant de la famille des placentaires; c et d, gerboises marsupiale et placentaire; e et f, taupes marsupiale et placentaire (d'après Hardy, 1965).

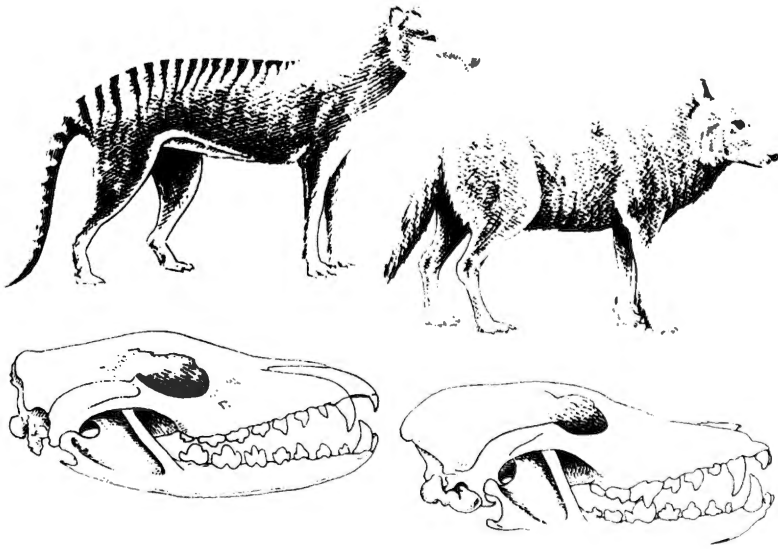


Figure 16.7 Autre exemple d'évolution parallèle. En haut, à gauche, le loup de Tasmanie, un marsupial ; en haut, à droite, le loup familier de la famille des placentaires. En bas : leurs crânes respectifs.

Dans son livre *Life's Solution*, Simon Conway Morris, un biologiste évolutionniste de Cambridge, a rassemblé une série sans précédent de cas d'évolution convergente dans la faune comme dans la flore, au niveau des molécules, des organes, de la morphologie et du comportement. Il conclut que «la convergence est omniprésente et les contraintes de la vie rendent l'émergence de diverses propriétés biologiques très probable, voire inéluctable<sup>56</sup>».

L'explication néodarwinienne classique de ces parallélismes et convergences est double : premièrement, ils ont évolué sur base de mutations au hasard préservées par des pressions sélectives similaires ; deuxièmement, des convergences vers des points d'arrivée similaires résultent de contraintes structurelles similaires : il n'existe peut-être qu'un nombre limité de façons de concevoir un œil. Ainsi que Dawkins l'a dit :

Pareilles ressemblances superficiellement convergentes [...] fournissent des démonstrations très impressionnantes de l'aptitude de la sélection naturelle à élaborer des systèmes bien conçus. [...] La règle de base est que, si un certain agencement est assez bon pour s'être développé une fois, le même principe de conception (mais pas le même agencement) est assez bon pour se développer une fois de plus, à partir d'origines différentes, en des parties différentes du règne animal<sup>57</sup>.

Mais que sont ces «bons agencements» et que sont ces «principes de conception» – les «principes» des porcs-épics, par exemple? La vision mécaniste ne permet pas de les expliquer (cf. chapitres 5 et 6). Selon l'hypothèse qui nous occupe, ils sont inhérents aux champs morphiques. Cette hypothèse n'est pas vraiment en contradiction avec l'explication classique, elle la prolonge plutôt. La sélection naturelle joue toujours un rôle important, mais n'est plus la grande puissance créatrice de toutes les formes de vie, plus le principe explicatif ultime qui remplace le Dieu de la théologie naturelle du XIX<sup>e</sup> siècle. Les agencements des organismes vivants ne leur sont pas imposés de l'extérieur par Dieu ou la sélection naturelle – mais sont inhérents aux organismes eux-mêmes. Ils émergent de champs morphiques, qui ne sont pas encodés dans les gènes mais transmis par résonance morphique. En général, ils se transmettent à des organismes ultérieurs de la même espèce, mais il arrive qu'ils soient captés par des organismes d'espèces très différentes, et apparaissent sous des formes mutantes. Si ces mutants plagiaires sont favorisés par sélection naturelle, leurs formes tendront à se répéter encore et encore et à devenir, par résonance morphique, des caractéristiques habituelles des espèces plagiaires.

Conway Morris a tiré par convergence une conclusion similaire et considère que l'évolution convergente est un retour répété aux «attracteurs» de fonctionnalités<sup>58</sup>.

Pour arriver aux mêmes fins, il faut emprunter divers chemins, qui seront parfois extrêmement différents. De la même manière, il est très rare que la convergence soit tellement exacte que l'on ne puisse distinguer l'organisme ou la structure. Discerner les nuances parmi les différences et les chemins empruntés est en soi très instructif au sujet du processus évolutionniste<sup>59</sup>.

La notion de causalité formative éclaire d'un jour nouveau l'évolution biologique et élargit, dans une mesure considérable, le concept de sélection naturelle pour y inclure la sélection naturelle des champs morphiques. Elle met en exergue le rôle de l'habitude, en accord avec Darwin, et explique la transmission d'habitudes par résonance morphique, non seulement *au sein* d'une espèce mais encore vers *d'autres* espèces. Elle favorise donc une nouvelle compréhension des phénomènes d'atavisme et d'évolution parallèle et convergente. La discussion s'est toutefois limitée, dans ce chapitre, à quelques aspects de l'évolution des formes végétales et animales. Il devrait être possible d'étendre cette interprétation, d'une part à l'évolution cellulaire et moléculaire, et d'autre part à l'évolution des instincts, des sociétés animales, des associations symbiotiques, des écosystèmes, ainsi que des sociétés et cultures humaines. L'hypothèse de la causalité formative en est toujours à un stade précoce de son développement, et ses implications évolutionnistes dans ces secteurs n'ont pas encore fait l'objet d'études approfondies.

## Chapitre 17

### La causalité formative dans l'évolution cosmique

#### *La science, Dieu et les origines de l'univers*

D'après la science moderne, l'univers a commencé très petit et très chaud, puis il s'est agrandi très rapidement ; depuis, il est en expansion et se refroidit. Cette théorie ébranle les fondements de la science, parce que la physique est remplie d'hypothèses fondées sur l'éternité (chapitres 1 et 2). Dans ce chapitre, j'aborde la survie des idées obsolètes au sujet de l'éternité dans la réflexion des physiciens et j'explore à quoi pourrait véritablement ressembler la physique évolutionniste.

La première version du récit scientifique de la création a été proposée en 1927 par Georges Lemaître, un astronome belge, qui s'est rendu compte que l'univers était en expansion et qui comparait son commencement à «l'œuf cosmique explosant au moment de la création». Einstein était révolté par cette idée, bien que les équations de Lemaître fussent basées sur la théorie de la relativité générale du génie de la physique, ainsi que sur la découverte alors récente du fait que certaines galaxies étaient en recul par rapport à nous. Après la détection du fond diffus cosmologique en 1965, cette théorie est devenue la nouvelle orthodoxie, et on l'appelle aujourd'hui le Big Bang.

Jusqu'au XX<sup>e</sup> siècle, la science n'avait pas de récit de la création propre. Pour les Pères fondateurs du XVII<sup>e</sup> siècle, l'univers était une grande machine créée environ six mille ans auparavant, à peu près sous la même forme, qui était gérée mécaniquement depuis, par des lois mathématiques érigées et mises en œuvre

par Dieu. Copernic, Kepler, Galilée, Descartes et Newton ne considéraient absolument pas que l'univers était un organisme en évolution soumis à «une complexification de tous les systèmes connus», comme l'a expliqué l'astrophysicien Eric Chaisson. L'univers était une machine créée par Dieu et ses origines ont été laissées à la religion, bien que Dieu ait été ainsi relégué au rang de fabricant de machine.

Le Dieu de l'univers mécaniste était très différent du Dieu imaginé par les philosophes médiévaux, dont le plus influent était saint Thomas d'Aquin, qui a vécu au XIII<sup>e</sup> siècle. D'Aquin, qui suivait les traces d'Aristote, considérait l'univers comme un organisme, ainsi que tous les êtres vivants qu'il contenait. Les étoiles, les planètes, la Terre et toutes les espèces de la faune et de la flore étaient des êtres vivants, animés par des âmes. Non seulement Dieu avait à l'origine créé l'univers, mais en plus, il le préservait et il sous-tendait toutes les formes de vie existantes. La révolution scientifique du XVIII<sup>e</sup> siècle a mis fin à cette philosophie ancienne de la nature et a provoqué l'émergence d'une nouvelle théologie mécaniste, adoptée plus volontiers par les théologiens protestants.

Certains protestants, en particulier William Paley, utilisaient la métaphore de la machine comme argument justifiant l'existence de Dieu. Ils considéraient que Dieu était le bâtisseur intelligent de la machine-monde et de tous les animaux et toute la végétation qu'il contenait. Mais Charles Darwin a rejeté la conception de Paley dans sa théorie de l'évolution. Pour lui, c'était la nature qui était à l'origine des nouvelles formes de vie, influencée par la sélection naturelle.

Ironiquement, les conflits entre la théorie évolutionniste et la religion fondamentaliste ne proviennent pas tant de la Bible que de cette théologie mécaniste. Dans le premier chapitre du livre de la Genèse, Dieu n'est pas décrit comme le créateur intelligent des animaux et des végétaux. Il est plutôt dit qu'il a fait appel à eux, dans la terre et dans les mers, créatures

vivantes capables donc de se propager d'elles-mêmes : « Et Dieu dit : Que les eaux foisonnent d'une profusion d'êtres vivants, et que les oiseaux volent au-dessus de la terre, sous le firmament du ciel » (Genèse 1:20).

Au début du XIX<sup>e</sup> siècle, des physiciens tels que Pier Simon Laplace ont tenté de se débarrasser de toute forme de récit de la création en postulant que l'univers était éternel : selon eux, il y avait toujours eu la même quantité de matière et d'énergie qu'aujourd'hui et les lois qui le régissent étaient immuables. Laplace et ses amis athées considéraient que Dieu était « une hypothèse inutile », mais ils avaient quand même besoin d'un esprit transcendant flottant en tant que source de l'ordre mathématique universel. À l'inverse, les confrères rationalistes des athées, les déistes, pensaient que Dieu était un créateur intelligent, dont l'esprit mathématique transcendantal préservait l'ordre mécanique des choses, mais qu'il n'intervenait pas dans sa création, à l'inverse du Dieu du judaïsme, du christianisme et de l'islam. Toutefois, les athées comme les déistes convenaient que l'univers fonctionnait de manière totalement mécanique.

En 1859, la théorie de la sélection naturelle de Darwin et Wallace a inscrit de force l'évolution biologique dans le cadre d'un univers mécanique. Et dans les années 1930 et 1940, les néodarwiniens ont inscrit leur théorie de l'évolution génétique dans le contexte d'un univers qui était encore mécanique. Le néodarwinisme demeure la branche orthodoxe de la biologie et considère toujours la physique non évolutionniste comme allant de soi. Cependant, l'évolution biologique n'est plus une exception face au reste de la nature : elle fait partie d'un univers évolutionniste. L'hypothèse de la causalité formative, à l'inverse de la théorie mécaniste, s'appuie sur l'idée selon laquelle toute la nature est évolutionniste.

Dans les anciens mythes de la Création, le Créateur ne se contentait pas de donner des ordres au monde ; il était la source de la puissance, du souffle, de la vie et de l'énergie. Dans les

philosophies tantriques de l'Inde, le principe directeur de l'univers, Shiva, est en interaction continue avec Shakti, le principe féminin de l'énergie active. Dans les Églises orthodoxe et catholique, ainsi que dans la plupart des Églises protestantes, Dieu n'est pas une unité indifférenciée, mais une trinité créatrice. Dans la Sainte Trinité, composé du Père, du Fils, ou Logos, et du Saint-Esprit, la métaphore primordiale est celle d'un Dieu porteur du verbe. Les mots énoncés ne peuvent devenir réalité sans le souffle qui les porte. Le souffle est le sens fondamental de l'esprit, comme dans l'inspiration et l'expiration. Le père est la source du principe formatif, le Logos, ainsi que du principe énergétique, l'Esprit, le souffle de la vie.

En physique moderne, les principes de la forme, tel le Logos, sont les lois mathématiques de la physique, s'exprimant dans la nature par l'intermédiaire des influences formatives des champs, tels que la gravité et l'électromagnétisme dans les champs de matière de la théorie quantique. Le principe comparable à l'Esprit est l'énergie, la base de toute activité, le mouvement et le changement. Depuis son commencement, l'univers s'agrandit, gonfle, comme si un souffle créateur était derrière.

### *L'évolution des champs connus de la physique*

Le rêve – irréalisé – d'Albert Einstein fut d'élaborer une théorie unitaire du champ : théorie permettant aux champs fondamentaux de la physique – gravitationnel, électromagnétique, quantique – d'être rapportés à un champ fondamental unique. L'objectif ultime consistait à trouver un ensemble d'équations permettant de prévoir toutes les caractéristiques des différents types de champ. Cette vision continue à séduire maints physiciens théoriques. Si ce but était atteint – si les physiciens comprenaient «les lois fondamentales de la création et l'évolution ultérieure de l'univers<sup>1</sup>» –, la physique théorique aurait



rempli sa mission. Selon les croyances de certains physiciens théoriques, notamment Stephen Hawking<sup>2</sup>, le bout du chemin serait alors en vue.

On a déjà réalisé un pas en direction d'une théorie unitaire du champ avec l'unification du champ électromagnétique et du champ d'«interaction faible» associé aux particules telles que les électrons et les neutrons. Ces dernières années, plusieurs approches unificatrices ont vu le jour dans le cadre de la physique des particules à haute énergie. Un type de schème conceptuel est connu sous le nom de grandes théories unitaires; un autre est nommé supersymétrie. Le physicien Paul Davies dit à ce sujet :

Ces investigations pointent irrésistiblement dans une direction : toute la nature est, en définitive, contrôlée par les activités d'une *superforce* unique. Celle-ci aurait le pouvoir de donner naissance à l'univers et de le doter de lumière, d'énergie, de matière et de structure. Mais elle serait plus qu'un simple agent créatif. Elle représenterait un amalgame de matière, d'espace-temps et de force dans un cadre intégré et harmonieux conférant à l'univers une unité insoupçonnée à ce jour<sup>3</sup>.

Une hypothèse suggère que les divers champs et forces émergent de onze dimensions, dix spatiales et une temporelle.

Les sept dimensions supplémentaires nous sont invisibles, mais manifestent leur existence sous forme de *forces*. Ce que nous considérons, par exemple, comme une force électromagnétique est, en réalité, une dimension spatiale invisible, mais active. La géométrie des sept dimensions supplémentaires reflète les symétries inhérentes aux forces. Il s'ensuit qu'il n'existe aucun champ de force, mais un espace-temps vide à onze dimensions enroulé en schèmes. Le monde, semble-t-il, peut être plus ou moins bâti au moyen d'un néant structuré<sup>4</sup>.

Jusqu'à fin 1984, une théorie de la «supergravité», incluse dans ce cadre à onze dimensions, connut les faveurs d'éminents théoriciens, qui voyaient en elle l'approche la plus prometteuse d'une ultime Théorie du Tout. Mais depuis fin 1984, une approche nouvelle ne faisant état que de dix dimensions, la théorie des supercordes, a rapidement gagné les faveurs des milieux scientifiques. Elle ne traite plus les particules comme des points, mais comme des «cordes» en vibration et en rotation. Certaines théories des supercordes parlent de cordes ouvertes, aux extrémités lâches; d'autres postulent des cordes fermées, formant en quelque sorte une boucle. Ces théories impliquent une «profonde généralisation du cadre de la théorie du champ conventionnelle<sup>5</sup>».

Ces nouvelles théories du champ intègrent une conception d'un champ unitaire original, dont la nature unitaire est manifeste à des énergies ultra-élevées, telles celles qui s'exprimèrent brièvement au début de l'univers. L'univers prenant de l'expansion, les champs connus de la physique se séparèrent, un à un, du champ unitaire, qui n'en continue pas moins à exister, même si sa nature unitaire n'est plus manifeste (Fig. 17.1). Les champs s'individualisant, l'énergie engendra la matière: «Peu à peu, les particules, qui formèrent en définitive toute la matière de l'univers, acquirent leur identité présente. C'est également à ce stade que naquirent les galaxies<sup>6</sup>.»

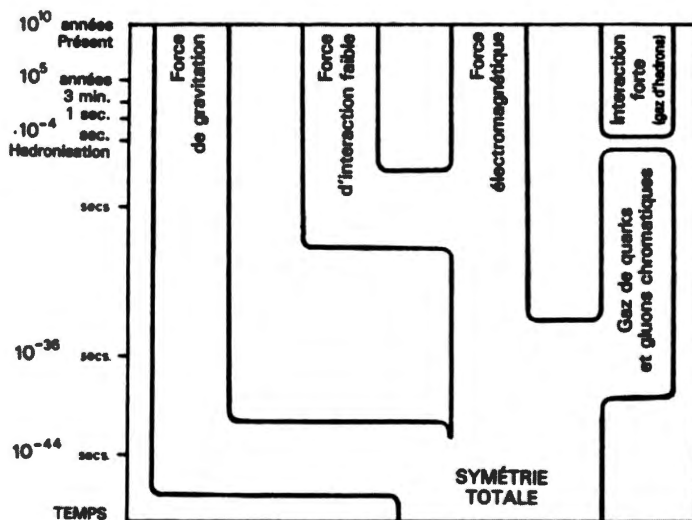


Figure 17.1 Arbre évolutif des champs de la nature sous-tendant les quatre types de force connus. Selon les théories du champ modernes, au début des temps, les champs de la nature, qui nous apparaissent aujourd'hui distincts, étaient unis ; les champs connus de la physique sont apparus par ruptures de symétrie successives (d'après Pagels, 1985).

Bien que les physiciens abordent l'évolution des champs fondamentaux de la nature, la plupart d'entre eux demeurent convaincus qu'une fois qu'ils auront expliqué l'origine des champs et particules fondamentaux, tout le reste ne sera qu'une question de détail. Le cosmologiste Lee Smolin exprime ainsi cette attitude :

Douze particules et quatre forces. C'est tout ce dont nous avons besoin pour expliquer le monde connu dans son intégralité. Nous comprenons également très bien la physique fondamentale de ces particules et forces. Cette compréhension s'exprime sous la forme d'une théorie qui explique toutes ces

particules et toutes ces forces, à l'exception de la gravité. On l'appelle modèle «standard de la physique des particules», ou «modèle standard» tout court<sup>7</sup>.

Smolin part de l'hypothèse stupéfiante que tous les phénomènes associés à la chimie, à la vie et à l'esprit sont explicables une fois qu'il existe une théorie exhaustive des particules fondamentales. En bref, on a une nouvelle mouture des anciennes idées atomistes ou réductionnistes. L'esprit évolutionniste de la cosmologie du Big Bang n'a pas encore pénétré la physique très en profondeur.

### *Les univers mathématiques*

L'hypothèse d'après laquelle l'univers serait régi par des lois figées et des constantes fondamentales demeure presque toujours incontestée en physique théorique et en cosmologie. De ce postulat a découlé une élaboration baroque de théories spéculatives et invérifiables.

D'après le principe anthropique cosmologique, le fait que les «lois» et «constantes» de la nature soient idéales pour que la vie puisse émerger au moins sur cette planète démontre un effet de sélection très fort parmi toutes les valeurs possibles des constantes. Une réponse consiste à suggérer qu'un créateur cosmique ait conçu les lois et constantes de la nature au moment du Big Bang, afin qu'elles soient idéales pour l'émergence de la vie. Mais le fait de faire appel à un créateur intelligent est contraire à l'esprit athéiste d'une grande partie de la science moderne. Et cet esprit mathématique distant est très éloigné de la foi des croyants religieux, dont le Dieu prend part à la vie de l'univers dans sa continuité. Le Dieu procédant à des ajustements cosmiques représente une forme moderne de déïsme, croyance en un Dieu rationnel qui a conçu l'univers et en est à l'origine, mais qui a ensuite tout laissé fonctionner mécaniquement sans avoir besoin d'intervenir.

Au lieu de cela, beaucoup de cosmologistes préfèrent l'idée selon laquelle il existe d'innombrables univers en plus du nôtre, chacun ayant différentes lois et constantes. Dans ces modèles de «multivers», le fait que nous occupions un univers parfait pour nous n'est qu'un effet de la sélection humaine. C'est le seul univers que nous puissions observer, précisément parce que c'est le seul qui convienne à notre existence<sup>8</sup>.

L'un des principaux attraits du multivers est qu'il semble éliminer Dieu, mais sans y réussir. Comme l'a expliqué le philosophe Robin Collins: «Puisque, dans les traditions théistes du monde, Dieu est considéré comme infini et infiniment créateur, il tombe sous le sens que la Création reflète ces attributs et par conséquent, que la réalité physique dépasse de très loin l'existence d'un seul univers<sup>9</sup>.» Mais la théorie du multivers est devenue populaire parmi les cosmologistes aussi pour des raisons théoriques. D'abord, les modèles décrivant une période ultrarapide d'expansion dans les stades préliminaires du Big Bang suggèrent que si cette période d'expansion a pu engendrer un univers, le nôtre, elle a également pu en engendrer beaucoup d'autres, et continuer de plus belle. Ce modèle, appelé «inflation éternelle», crée continuellement des univers «de poche», le nôtre n'étant que l'un d'entre eux<sup>10</sup>.

L'autre raison théorique expliquant la popularité du multivers est la théorie des supercordes. Mais il s'avère que cette théorie à dix dimensions, ainsi que son pendant à onze dimensions, la théorie M, engendre beaucoup trop de solutions possibles, qui correspondraient à une très grande diversité d'univers. D'après certaines estimations, on obtiendrait au moins  $10^{500}$  univers possibles, tous ayant différentes constantes fondamentales.

Certains théoriciens vont plus loin encore. Max Tegmark, un cosmologiste, propose que tout univers mathématiquement possible existe quelque part. Selon lui, il n'est pas nécessaire de limiter les mathématiques aux supercordes ou à la théorie M<sup>11</sup>.

Toutes ces spéculations partent du principe que les lois et constantes sont intégrées à chacun des univers au moment de son origine. Mais comment un univers s'en «souvient-il»? Comment «sait-il» quelles sont les lois et constantes qui le régissent, à défaut d'autres lois et constantes appartenant à d'autres univers? Cela semble impliquer une forme de mémoire, mais les physiciens sont réticents à l'idée d'admettre une telle possibilité. La question reste sans réponse. Comme l'explique un autre cosmologiste, Martin Rees, «les mécanismes permettant “d'intégrer” les lois et constantes basiques dans un nouvel univers échappent manifestement à notre entendement<sup>12</sup>».

Inutile de dire que ces spéculations ne plaisent pas à certains physiciens et cosmologistes. L'idée qu'il existe un grand nombre, voire un nombre infini d'univers inobservés, et ce, sans aucune preuve, semble aller à l'encontre de tous les critères de vérifiabilité scientifique. Même les tests réalisés au sein de notre propre univers sur certaines des prédictions des supercordes et d'autres théories associées n'ont pas donné de bons résultats. Lee Smolin résume ainsi la situation en 2006 :

Ce n'est pas une exagération de dire que des centaines de carrières et des centaines de millions de dollars ont été consacrées au cours des trente dernières années à la recherche de signes d'une grande unification, et de l'existence d'une supersymétrie et de dimensions supérieures. Malgré ces efforts, on n'a trouvé aucun élément attestant de l'une ou l'autre de ces hypothèses. Une confirmation de n'importe laquelle de ces idées, même si elle ne pouvait être considérée comme une confirmation directe de la théorie des cordes [supercordes], serait la première indication qu'au moins certaines parties de la formule tout compris dont a besoin la théorie des cordes nous ont rapprochés de la réalité, au lieu de nous en éloigner<sup>13</sup>.

Certains physiciens qui rejettent la théorie du multivers accordent leur confiance non pas à un Dieu créateur, mais à ce

qu'ils appellent une «théorie finale», c'est-à-dire une formule mathématique prédisant le moindre détail de notre univers actuel, y compris les prétendues constantes de la nature. L'unicité de l'univers serait une conséquence nécessaire des mathématiques. Mais ce rêve platonicien ultime n'a pas été réalisé; et même si cela arrivait, il faudrait quand même se demander d'où provient cette formule mathématique et comment il se fait qu'elle existe.

Le point commun entre toutes ces théories est une croyance en la primauté des mathématiques. Même pour ceux qui acceptent une théorie du multivers et qui sont prêts à croire en un nombre infini d'univers inobservés en plus du nôtre, une question demeure: au bout du compte, qu'est-ce qui sous-tend tous ces univers et leur donne vie? La réponse serait une formule mathématique censée échapper à l'espace-temps et transcendant tous les univers qu'elle régit. En d'autres termes, il s'agit d'une nouvelle forme de pythagorisme ou de platonisme d'une extravagance ultime. Et ensuite, cela soulève une autre question: comment une formule mathématique peut-elle aboutir à un monde? Comme l'a exprimé Stephen Hawking, «qu'est-ce qui insuffle la vie à ces équations et crée un univers qu'elles puissent régir?<sup>14</sup>»

### *Existe-t-il un dessein derrière l'évolution?*

Paul Davies a suggéré une alternative radicale à ces spéculations platoniciennes. Au lieu d'être régi par des structures mathématiques inchangées échappant à l'espace-temps, l'univers mettrait en place ses lois et constantes dans le cadre du processus évolutionniste. Davies suggère que cela se passe en fonction d'un but, d'un dessein, à savoir l'apparition de la vie et de l'esprit, par exemple les nôtres. Selon lui, la physique théorique n'empêche pas que des influences causales agissent rétrospectivement. Certaines interprétations de la théorie quantique considèrent que la rétro-causalité va de soi et montre même que l'esprit des observateurs,

dans la manière dont ils décident de faire des expériences, peut avoir des influences par causalité inversée sur le comportement de la lumière ou des électrons. Davies va même jusqu'à suggérer que des influences en provenance d'esprits conscients des milliards d'années dans l'avenir ont eu un impact sur les tout premiers stades de l'univers en concevant ses lois et constantes de manière à ce que ces esprits puissent plus tard émerger, à travers une boucle causale<sup>15</sup>.

Davies admet que certains des maillons de son argumentaire sont très faibles. Mais il montre avec courage que l'évolution cosmique n'a pas besoin d'être figée dans sa nature et ses potentialités par des principes platoniciens échappant à l'espace-temps, ni par des lois et constantes intégrées au moment du Big Bang, mais qu'elle pourrait dépendre de principes organisateurs au sein même de la nature. Selon la théorie de Davies, ce principe organisateur intègre ce qui s'est passé bien après le Big Bang.

### *La causalité formative et l'évolution de la physique*

L'hypothèse de la causalité formative ne saurait expliquer les origines de l'univers, mais au lieu de supposer que toutes les «lois» et «constantes» ont été figées au moment du Big Bang, elle constate que les régularités de la nature sont des habitudes en évolution, qui sont toutes sujettes à la sélection naturelle. Ce sont les habitudes qui survivent et deviennent plus probables qui sont compatibles avec les autres habitudes et qui sont adaptées à leur environnement. De même que la sélection naturelle permet que des adaptations biologiques soient comprises sans avoir besoin de recourir au dessein intelligent, la sélection naturelle d'habitudes physiques et chimiques permet que la cohérence de la nature soit comprise sans recourir au dessein intelligent de «lois» et «constantes», et sans qu'il y ait besoin de l'existence de milliards d'univers supplémentaires.



En supposant qu'aux stades préliminaires de la formation du cosmos, on ait trouvé des vibrations évanescentes et chaotiques, seules celles qui étaient capables de former des schémas reproductibles et stables ont pu devenir des particules quantiques, capables de persister grâce à l'autorésonance. À mesure que l'univers a refroidi, des structures plus complexes, telles que les atomes, sont devenues possibles et là encore, seules les structures vibratoires stables ont pu persister, se développer grâce à l'autorésonance et se propager grâce à la résonance morphique. Au cours de ce processus, les propriétés des particules quantiques et des atomes ont donné naissance aux « constantes physiques » telles que la charge de l'électron et la masse des protons et électrons. Ces « constantes » semblent immuables, parce qu'elles expriment des habitudes profondément ancrées établies très tôt dans l'histoire de l'univers. Elles n'ont pas été déterminées par des principes mathématiques transcendants. En d'autres termes, ce sont des formes stables d'organisation physique qui ont donné naissance aux « constantes physiques », et non l'inverse.

Cette hypothèse implique toujours que les mathématiques jouent un rôle essentiel, toutefois beaucoup plus limité que dans les philosophies platoniciennes. Seules certaines structures vibratoires qui se répètent par autorésonance sont possibles. Par exemple, au niveau des orbitales des électrons, les orbitales stables contiennent un nombre fixe de longueurs d'onde : 1, 2, 3, 4, etc. Ce sont les mêmes principes qui régissent les ondes stationnaires émises par une corde à piano tendue et qui donnent naissance aux notes fondamentales et à leurs harmoniques. Ces principes sont au cœur du pythagorisme, mais s'appliquent aux structures des particules quantiques et des atomes, non pas parce qu'ils sont dictés par des lois mathématiques échappant à l'espace-temps, mais parce qu'ils émergent des propriétés inhérentes des ondes et des vibrations quand elles sont en résonance, ce qui produit des ondes stationnaires.

La physique réussit particulièrement bien à gérer des systèmes physiques simples quand le nombre de structures possibles est très faible et peut être prédit relativement facilement à partir de principes mathématiques premiers. Avec les formes plus complexes, la prévisibilité mathématique échoue face à l'explosion des combinaisons (chapitre 7). Toute tentative de calcul des formes de molécules protéiniques, de cellules ou d'organismes de manière ascendante est vouée à l'échec, car il y a énormément de possibilités et en s'appuyant seulement sur le hasard, il n'y a aucune raison pour que l'une se réalise plutôt que toutes les autres. C'est là qu'intervient la causalité formative.

### *La résonance morphique entre les planètes*

Une extension naturelle de l'approche des champs morphiques consisterait à considérer les écosystèmes vivants comme des organismes complexes dotés de champs morphiques qui abritent des communautés d'organismes et ainsi de considérer que des planètes entières sont des organismes dotés de champs morphiques caractéristiques, tout comme les systèmes solaires, les étoiles, les galaxies et les amas de galaxies.

On en sait peu sur les systèmes planétaires dans d'autres parties de l'univers, car la plupart sont indétectables par les instruments astronomiques de notre époque. Toutefois, grâce à l'utilisation de méthodes principalement indirectes, en 2009, plus de trois cents planètes avaient été détectées autour d'étoiles autres que notre Soleil. La plupart sont des géantes gazeuses, comme Jupiter, mais cela peut simplement refléter le fait que les grandes planètes sont plus faciles à détecter. Un astrophysicien, Alan Boss, estime qu'il pourrait y avoir cent milliards de planètes uniquement dans notre galaxie<sup>16</sup>. Peut-être elles aussi appartiennent-elles à des types distincts, associés à des champs morphiques caractéristiques. Notre système planétaire, Gaïa, n'est peut-être pas unique; et s'il en existe d'autres similaires, alors

le champ de notre système planétaire est peut-être influencé par la résonance morphique provenant de ces autres systèmes, et réciproquement. Il pourrait en aller de même pour les autres planètes : elles aussi pourraient représenter des « espèces » existant ailleurs, par exemple une espèce Mercure, une espèce Vénus, une espèce Saturne, etc. Bien sûr, dans d'autres systèmes stellaires, il pourrait exister beaucoup d'autres genres de planètes qui n'existent pas dans le nôtre.

L'éventualité de l'existence d'autres planètes, similaires aux nôtres, soulève un certain nombre de questions. Si de telles planètes existent, peut-être la Terre suit-elle une voie de développement préétablie et stabilisée par résonance morphique, et peut-être l'ensemble du processus d'évolution biologique est-il organisé par une chréode ancienne.

Par ailleurs, il est possible que la Terre soit la première planète sur laquelle est apparue la vie telle que nous la connaissons : en ce cas, il n'y aurait pas de chréode évolutive préétablie, mais une nouvelle chréode en développement. Si des formes de vie similaires sont apparues ensuite sur d'autres planètes similaires, ou si d'aucunes y apparaissent à l'avenir, peut-être leur cours évolutif général sera-t-il influencé par l'évolution sur notre planète.

Si un schème d'organisation nouveau apparaît sur terre – disons, un nouveau type de molécule, ou de comportement animal – mais existait déjà à des milliards d'exemplaires, ailleurs, ses champs morphiques devraient être stabilisés – pour autant que, comme postulé, la résonance morphique ne s'épuise pas avec la distance. Et cette résonance de fond gagnerait encore en force, du fait du développement de la résonance morphique des nouveaux schèmes d'organisation terrestres. Aucune vérification empirique de l'hypothèse de la causalité formative ne permettrait toutefois de le vérifier, toutes dépendant de la découverte de *modifications* de la force des champs morphiques.

Par ailleurs, l'incapacité de démontrer par l'expérience les effets de la résonance morphique pourrait signifier que l'hypothèse est fausse. Les lois et champs de la nature sont peut-être immuables, comme il est coutume de le supposer.

En revanche, si les expériences, ou ne fût-ce que quelques-unes, fournissaient des résultats positifs, on pourrait en déduire que la résonance morphique s'épuise et devient négligeable à des distances astronomiques, ou encore que ces nouveaux schèmes d'activité ont vu le jour sur terre. On se trouverait alors en présence d'un processus évolutif vraiment créatif, ne répétant pas seulement – tout au moins dans les détails – ce qui est advenu ailleurs.

Ce que nous savons du reste de l'univers donne à penser que des schèmes d'organisation similaires apparaissent régulièrement à travers toute l'étendue de l'espace. Ces schèmes sont apparents au plus haut niveau d'organisation (galaxies, étoiles), ainsi qu'au plus bas – les spectres de lumière émis par les étoiles sont dus à des processus atomiques identiques à ceux du Soleil et de la Terre. Nous pourrions en conclure qu'ils obéissent tous à des lois universelles immuables, ou en déduire, au contraire, que ces similitudes sont maintenues par résonance morphique sur des distances astronomiques. Peut-être existe-t-il un réseau universel de résonance morphique reliant galaxies, étoiles et atomes. Et si tel est le cas, il serait raisonnable d'imaginer un réseau universel de résonance entre molécules, cristaux et formes de vie.

Quand on considère les effets éventuels de la résonance morphique sur des distances astronomiques, on est inévitablement amené à se demander à quelle vitesse se propage son influence. Il y a au moins trois réponses possibles. Soit, elle se propage à une vitesse propre – laquelle peut être supérieure ou inférieure à celle de la lumière. Soit, elle se propage à la vitesse de la lumière. Soit, ses effets sont, d'une certaine manière, analogues

aux corrélations non locales de la théorie quantique, qui sont, en un sens, instantanées. Il nous est impossible, à l'heure actuelle, d'opter pour l'une de ces réponses.

### *La matière noire et l'énergie noire*

Les champs morphiques pourraient-ils nous aider à comprendre les structures les plus grandes de l'univers, à savoir les galaxies et amas de galaxies? Pour l'instant, leur comportement pose un problème apparemment insoluble.

Dans les années 1930, Fritz Zwicky, un astrophysicien suisse, a étudié les mouvements des galaxies au sein des amas galactiques. Il a constaté que ces amas ne pouvaient former un tout uni sous l'effet de la gravitation normale. Effectivement, les galaxies qu'ils contenaient s'attiraient trop fortement. La force qui les unissait semblait être des centaines de fois supérieure à ce que l'on pouvait expliquer au vu de la matière visible qu'elles contenaient<sup>17</sup>.

Les résultats obtenus par Zwicky ont été ignorés pendant des décennies, mais ont commencé à être pris au sérieux quand on a remarqué que les orbites des étoiles au sein d'une galaxie ne pouvaient être expliquées par l'attraction gravitationnelle de la matière au sein de cette galaxie. Une trop grande force s'exerçait sur les étoiles. Des astronomes ont cartographié l'origine des influences gravitationnelles pour expliquer le mouvement des étoiles et ont découvert que cette matière putative ne correspondait pas à la structure familière en forme de disque de la galaxie. Au lieu de cela, il y avait une distribution approximativement sphérique de la matière invisible, c'est-à-dire de la matière sombre, qui s'étendait bien au-delà des contours de la galaxie lumineuse, formant un vaste nuage ou halo s'étalant dans l'espace intergalactique<sup>18</sup>.

La matière sombre contribue à expliquer les structures des galaxies et les rapports intergalactiques au sein des amas, mais le prix à payer est élevé, car nul ne sait ce qu'est la matière

sombre. Sa nature est littéralement obscure. Des théories qui tentent de l'expliquer incluent un nombre considérable de trous noirs inobservés ou d'autres objets massifs, ou encore d'énormes quantités de particules indétectées appelées wimps (particules massives à interaction faible).

Au milieu des années 1990, les problèmes auxquels étaient confrontés les astronomes ont empiré de manière spectaculaire. Des observations détaillées de supernovæ dans des galaxies distantes ont montré que l'expansion de l'univers accélérât, contrairement aux attentes. En effet, la gravitation aurait dû la ralentir. Quelque chose d'autre devait expliquer cette accélération. Les physiciens ont été forcés de conclure qu'il doit exister une force d'antigravité, appelée «énergie sombre», qu'ils imaginaient comme étant une «pression négative» de l'espace vide, ou un champ invisible imprégnant l'univers.

Aujourd'hui, on estime que l'énergie sombre représente environ 74 % de la masse de l'univers et la matière sombre environ 22 %. Seuls 4 % environ de notre univers seraient constitués de la matière que nous connaissons, par exemple les atomes, les étoiles, les galaxies, les nuages gazeux et les planètes. Loin de fournir une explication suffisamment complète de l'univers, la physique moderne a révélé que nous ne comprenons que très peu de choses.

### *Les champs morphiques des galaxies*

Si l'évolution des galaxies est soumise à l'influence des champs morphiques, des galaxies appartenant à un genre similaire sont en résonance et sont caractérisées par des schémas organisationnels et comportementaux reproductibles et habituels. Ces schémas organisateurs ne sont pas simplement gravitationnels. Les galaxies sont remplies de plasma à travers lequel circulent des courants électriques<sup>19</sup> associés à de gigantesques champs magnétiques, s'étalant sur des milliers d'années-lumière<sup>20</sup>.

Les champs morphiques des galaxies et des amas galactiques les influencent depuis les stades préliminaires de leur évolution et impliquent qu'il n'est pas nécessaire de tenter d'expliquer leurs structures et leurs activités au vu des forces gravitationnelle et électromagnétique seules. Les champs morphiques pourraient fournir une explication plus simple au comportement des galaxies et amas galactiques que l'hypothèse de la matière sombre. Faisons une analogie avec une volée d'oiseaux. Si quelqu'un tentait de comprendre de quelle manière la volée restait unie en s'appuyant sur la gravité, cette personne s'apercevrait bientôt que cette force est bien trop faible pour expliquer les attirances mutuelles des oiseaux et leurs mouvements coordonnés. Elle pourrait donc proposer qu'il existe une énorme quantité de matière sombre à l'intérieur et autour de la nuée, et que cela ait engendré une force suffisamment importante pour que les oiseaux forment un tout uni. Mais cette théorie ne semblerait convaincante que si les véritables causes formatives agissant sur la nuée étaient insoupçonnées et ignorées.

Si la physique était vraiment évolutionniste, plutôt que platonicienne, l'évolution des particules fondamentales ainsi que des plus grandes structures de l'univers pourrait être associée à des champs formatifs et à des habitudes ; alors, certains des problèmes les plus insolubles auxquels la physique moderne se heurte se dissoudraient.

### *L'autorésonance universelle*

En physique, au XIX<sup>e</sup> siècle, on considérait que la résistance de la matière et des mouvements allait de soi. Ainsi, on imaginait que les atomes étaient éternels et que la quantité totale de masse et d'énergie était toujours la même. Et que tout était régi par des lois mathématiques immuables (chapitre 2). Or, la cosmologie évolutionniste soulève, outre la question de l'évolution

des champs de la nature, celle de savoir pourquoi tout durerait, persisterait ou se continuerait.

Le concept de champs morphiques aide à comprendre la répétition des schèmes d'organisation à tous les niveaux de complexité. Il suggère aussi une explication de la persistance de tout système particulier dans l'espace et le temps : ses champs morphiques sont stabilisés par la résonance cumulative de ses états antérieurs. Or, un système ressemble généralement le plus à ce qu'il était dans un passé immédiat, donc l'autorésonance la plus spécifique sera celle de ses états les plus récents.

De même, la persistance de photons d'énergie lumineuse en mouvement dépendrait peut-être d'une autorésonance avec leur mouvement vibratoire antérieur. Il semble que ce processus puisse se poursuivre à l'infini : la lumière nous parvenant de galaxies lointaines renferme des souvenirs de celles-ci, telles qu'elles existaient il y a plusieurs millions d'années-lumière. Nous recevons toujours la lumière d'étoiles mortes depuis longtemps. On croit ainsi que la radiation d'arrière-fond cosmique a vu le jour lors du Big Bang et n'a cessé son expansion depuis lors.

L'univers contient des structures d'activité à tous les niveaux de complexité et d'amplitude – des particules subatomiques aux amas de galaxies. *Ex hypothesi*, toutes sont associées à des champs morphiques caractéristiques. Peut-être serait-il bon d'envisager l'univers comme un organisme englobant tout. Ainsi, l'ensemble de l'univers aurait, par analogie avec tous les types d'organismes qu'il renferme, un champ morphique incluant, influençant et interconnectant les champs morphiques des organismes qu'il renferme.

Si un tel champ universel existe, ses propriétés et sa structure seront façonnées par résonance morphique. Mais l'univers est, par définition, unique. Il pourrait, en principe, être influencé par la résonance morphique d'autres univers antérieurs. Nous ne disposons cependant d'aucun moyen de savoir s'il y en eut jamais



d'autres – cette question paraît donc insoluble. Quoi qu'il en soit, le champ universel sera soumis à la résonance morphique de ses états antérieurs – en remontant jusqu'à l'origine – et en particulier de son passé immédiat. Cette autorésonance aiderait à comprendre la continuité de l'univers, ainsi que celle des systèmes matériels qu'il englobe. Leur propre persistance, comme nous l'avons vu, peut dépendre de l'autorésonance de leurs états antérieurs ; mais l'autorésonance du champ universel dans lequel ils s'intègrent et à travers lequel ils s'interconnectent, peut aider à soutenir leurs positions, leurs mouvements et leurs interactions. Voici qui suggère une interprétation plus profonde du phénomène d'inertie.

Bien que la résonance morphique puisse contribuer à expliquer la répétition des formes à tous les niveaux de complexité, elle ne peut expliquer ses origines. On en revient encore à la question de la créativité, qui est le sujet du dernier chapitre.



# Chapitre 18

## La créativité au sein d'un monde vivant

### *Le mystère de la créativité*

L'évolution est le fruit d'une interaction entre les habitudes et la créativité. S'il n'y avait que des habitudes, rien de vraiment nouveau ne se produirait même si l'on pouvait mélanger, recombinaison les vieilles habitudes. Et s'il n'y avait que la créativité, on assisterait à un étalage éblouissant de nouveauté, sans aucune stabilité.

Selon l'hypothèse de la causalité formative les régularités de la nature dépendent d'habitudes et la répétition des schèmes d'organisation – formation de molécules d'hémoglobine, croissance du blé, instincts de nidification des oiseaux – de champs morphiques maintenus par la résonance morphique de systèmes similaires antérieurs. Mais cela n'explique pas l'apparition de *nouveaux* schèmes d'organisation – qu'il s'agisse d'un nouveau cristal, d'un nouvel instinct ou d'une nouvelle théorie scientifique. Ces nouveaux schèmes sont organisés par de nouveaux champs morphiques. D'où proviennent ces derniers? Comment sont-ils créés?

La créativité est un mystère profond précisément parce qu'elle implique l'apparition de schèmes n'ayant pas d'existence antérieure. Nous avons toujours tendance à vouloir tout rapporter à des causes préexistantes: la cause renferme en quelque sorte l'effet; l'effet suit la cause. Si nous appliquons cette façon de penser à la création d'une nouvelle forme de vie, d'une nouvelle œuvre d'art, ou d'une nouvelle théorie

scientifique, nous sommes contraints de conclure que le nouveau schème d'organisation était déjà, en un certain sens, présent. Il constituait une possibilité latente qui s'est concrétisée dès que les circonstances se sont avérées appropriées. La créativité est ainsi la manifestation ou la découverte de cette possibilité préexistante. En d'autres termes, le nouveau schème n'est nullement créé, il se manifeste dans le monde physique, auquel il était jusqu'alors immanent.

C'est, en essence, la théorie platonicienne de la créativité. Toutes les formes possibles existent de toute éternité en tant que Formes intemporelles, ou que potentialités mathématiques implicites aux lois éternelles de la nature : «Le possible aurait été là de tout temps, fantôme qui attend son heure; il serait donc devenu réalité par l'addition de quelque chose, par je ne sais quelle transfusion de sang ou de vie», ainsi que le dit Henri Bergson<sup>1</sup>. Il poursuit en précisant que cette conception est inhérente aux philosophies européennes traditionnelles :

Les anciens [...], parce que plus ou moins platoniciens, se figuraient que l'Être était donné une fois pour toutes, complet et parfait, dans l'immuable système des Idées : le monde qui se déroule à nos yeux ne pouvait donc rien y ajouter; il n'était au contraire que diminution ou dégradation; ses états successifs mesureraient l'écart croissant ou décroissant entre ce qu'il est, ombre projetée dans le temps, et ce qu'il devrait être, Idée assise dans l'éternité [...]. Les modernes se placent, il est vrai, à un tout autre point de vue. Ils ne traitent plus le Temps comme un intrus, perturbateur de l'éternité, mais volontiers ils le réduiraient à une simple apparence. Le temporel n'est alors que la forme confuse du rationnel. Ce qui est perçu par nous comme une succession d'états est conçu par notre intelligence, une fois le brouillard tombé, comme un système de relations. Le réel devient encore une fois l'éternel, avec cette seule différence

que c'est l'éternité des Lois en lesquelles les phénomènes se résolvent, au lieu d'être l'éternité des Idées qui leur servent de modèle<sup>2</sup>.

La philosophie platonicienne et les théories de la physique mécaniste furent conçues dans le cadre d'un monde qui n'évoluait pas. Des Formes ou lois éternelles paraissaient logiques dans un univers éternel. Mais l'évolution, processus de développement créatif, vint tout remettre en question. Nous ne pouvons ignorer plus longtemps la possibilité que la créativité soit réelle; tout n'est peut-être pas préétabli; peut-être de nouveaux schèmes d'organisation apparaissent-ils au fur et à mesure que progresse le monde. Tout phénomène nouveau est, tautologiquement, possible puisque seul le possible peut advenir. Mais nous ne devons pas attribuer à ces possibilités, inconnues jusqu'à leur concrétisation, une réalité préexistante transcendant le temps et l'espace.

Nous considérerons, dans ce chapitre, plusieurs façons d'envisager la créativité du processus évolutif, précisons toutefois qu'aucune ne lève le voile du mystère. L'approche platonicienne nous met face aux interrogations inhérentes à un domaine transcendant fait de possibilités latentes. En revanche, si nous acceptons l'idée d'une créativité immanente au processus évolutif, comment l'expliquer? Nous pouvons l'attribuer à Dieu, à des esprits intelligents (notamment des anges), à des déesses, à la Nature elle-même, au hasard, à la vie ou encore aux champs. Nous n'aurons pas répondu à la question de savoir pourquoi ceux-ci seraient capables de créer de nouveaux schèmes d'organisation: tôt ou tard, nous atteignons les limites de notre intelligence. Nous les atteindrons plus tôt si nous attribuons la créativité à des puissances divines ou surhumaines, ou encore au hasard, que si nous acceptons la notion de capacités créatives inhérentes aux champs morphiques. Mais quoi qu'il en soit, nous les atteindrons.

Considérons, pour commencer, la créativité sous l'angle de la philosophie mécaniste, qui vit le jour au XVII<sup>e</sup> siècle, et interrogeons-nous sur le bouleversement radical provoqué par la théorie de l'évolution.

### *Comment l'évolution rend la vie à la nature*

Quand la théorie mécaniste est apparue au XVII<sup>e</sup> siècle, elle considérait la nature comme inanimée, inconsciente, machinale, répétitive et non créative. À l'inverse, Dieu était la seule source de toutes les lois de la nature, de toute la matière et des mouvements, et de toutes les formes visibles dans la faune et la flore. La nature n'avait ni liberté ni créativité. La nature n'était pas *créatrice*, elle était *créée*.

Au Moyen Âge, avant l'avènement de la philosophie mécaniste, la nature était considérée comme vivante, à l'instar du monde et de tous les êtres qu'il renfermait. Ceux-ci avaient une vie et des desseins internes propres. Personnifiée, la nature était la Grande Mère. «Dépersonnifiée» par la théorie mécaniste, la Mère devint matière en mouvement, toujours source et substance de toute chose, mais privée de vie ou de spontanéité. Elle était désormais régie par les lois éternelles du Père céleste. En réalité, la philosophie mécaniste traitait l'ensemble du monde matériel comme s'il était mort<sup>3</sup> ; il n'avait pas de vie propre (cf. chapitres 2 et 3). Les desseins apparemment finalisés des structures de fleurs ou d'organes (œil, instincts de nidification des oiseaux...) reflétaient, comme tous les aspects du monde naturel, l'intelligence créatrice suprême du Dieu du monde machine.

À l'inverse, la théorie de l'évolution par la sélection naturelle reconnaissait la créativité au sein de la nature. Pour Charles Darwin, l'origine de la créativité évolutionniste ne se trouvait pas en dehors de la nature, dans les éternelles formes et projets d'un Dieu ayant fabriqué une machine, le Dieu de la

théologie naturelle de Paley (chapitre 3). L'évolution de la vie s'est déroulée spontanément, à *l'intérieur* de la matière. C'est la nature elle-même qui a créé les myriades de formes de vie.

Darwin ne put s'empêcher de personnifier la nature. Ainsi sa théorie nous dit-elle que la Mère nature, et non le Père céleste, est source de toute vie. La Grande Mère est d'une rare fertilité, mais elle est aussi cruelle et terrible, dévorant sa progéniture. Cet aspect de la Nature impressionna profondément Darwin, et il en fit, avec la sélection naturelle, la puissance créatrice primaire, «une puissance toujours prête à l'action<sup>4</sup>».

À la lumière de la théorie darwinienne de l'évolution, la nature devient créatrice et acquiert quelques attributs de la Déesse Mère archaïque – du ventre de laquelle toute vie est issue et à laquelle toute vie retourne. «Dépersonnifiée», elle peut être nommée nature, ou matière, ou vie, ou évolution émergente. La créativité évolutive peut donc être attribuée à la Grande Mère elle-même, ou aux abstractions «dépersonnifiées» qui la remplacent et desquelles émergent de nouvelles formes de vie.

Dans le matérialisme dialectique, par exemple, la source créatrice de toute chose est nommée matière et connaît un développement continu, spontané, dialectique, résolvant les conflits et contradictions en synthèses successives. Il est toutefois évident que la «matière» possède, en ce sens, des propriétés créatrices prodigieuses dont était dépourvue la matière newtonienne; les atomes «boules de billards» permanents n'avaient pas le pouvoir de créer des cellules, des girafes ou les théories philosophiques de Marx et Engels. Même les atomes dynamiques, auto-organiseurs de la physique quantique moderne, n'ont pas un tel pouvoir créateur. Et si nous élargissons la signification du terme *matière* pour y inclure la matière telle que les physiciens la conçoivent mais aussi les champs, l'énergie, et en fait toute la réalité physique, nous pourrions tout aussi bien la

nommer nature. Celle-ci ne serait pas la nature inanimée, non créatrice de la physique newtonienne, mais la nature créatrice d'un monde en évolution.

Henri Bergson a attribué cette créativité à *l'élan vital*. Il nia, comme les darwiniens, les marxistes et autres partisans de l'évolution émergente, que le processus évolutif fût conçu et planifié à l'avance dans l'esprit éternel d'un Dieu transcendant ; il le jugeait plutôt spontané et créatif :

Il y a plus et mieux (dans la nature) qu'un plan qui se réalise. Un plan est un terme assigné à un travail : il clôt l'avenir dont il dessine la forme. Devant l'évolution de la vie, au contraire, les portes de l'avenir restent grandes ouvertes. C'est une création qui se poursuit sans fin en vertu d'un mouvement initial. Ce mouvement fait l'unité du monde organisé, unité féconde, d'une richesse infinie, supérieure à ce qu'aucune intelligence pourrait rêver, puisque l'intelligence n'est qu'un de ses aspects ou de ses produits<sup>5</sup>.

Selon cette théorie néodarwinienne, l'évolution est un vaste processus créateur, spontané. Comme le dit le biologiste moléculaire Jacques Monod, dans l'ouvrage qu'il consacra à la vision du monde néodarwinienne, *Le Hasard et la nécessité*, « l'émergence évolutive, grâce précisément au fait qu'elle prend sa source dans l'imprévisible essentiel, est créatrice de nouveauté *absolue*<sup>6</sup> ». Ce que Bergson attribue à *l'élan vital*, Monod l'attribua aux inépuisables ressources du hasard<sup>7</sup>, exprimées *via* des mutations fortuites dans l'ADN.

Dans cette optique, le rôle créateur du hasard, de l'indéterminé, est exprimé dans sa relation avec la nécessité, qui est, elle, déterminée. Ici encore, il est intéressant de considérer ce qu'il advient quand on personnifie ces principes abstraits. De même que la nature devient la Grande Mère, ceux-ci prennent vie sous la forme de déesses. Dans l'Europe préchrétienne, la Nécessité était un nom du Destin ou de la Destinée, souvent représentée



par les Trois Parques, déesses infernales qui tissent, dévident et coupent le fil de vie, dispensant aux mortels leur destinée dès leur naissance. Cette image antique se retrouve, d'une manière assez littérale, dans la pensée néodarwinienne. Le «fil de vie», qui détermine la destinée génétique d'un organisme, n'est autre que l'ADN hélicoïdal présent dans les chromosomes filamenteux.

Par ailleurs, le Hasard est un autre nom de la déesse Fortune. La Roue de Fortune dispense aussi bien prospérité qu'infortune. Elle est la patronne des joueurs ; on la connaît aussi sous le nom de Dame Chance<sup>8</sup>. La déesse Fortune est aveugle. Il en va de même du hasard :

Le hasard *seul* est à la source de toute nouveauté, de toute création dans la biosphère. Le hasard pur, le seul hasard, liberté absolue mais aveugle, à la racine même du prodigieux édifice de l'évolution : cette notion centrale de la biologie moderne n'est plus aujourd'hui une hypothèse, parmi d'autres possibles ou au moins concevables. Elle est la *seule* concevable, comme seule compatible avec les faits d'observation et d'expérience. Et rien ne permet de supposer (ou d'espérer) que nos conceptions sur ce point devront ou même pourront être révisées<sup>9</sup>.

Cependant, le monde matériel, domaine sur lequel le hasard et la nécessité exercent leur emprise, n'est qu'un aspect de la vision mécaniste. L'autre, est le domaine platonicien des Formes, des lois ou des formules mathématiques éternelles. Certains biologistes préfèrent situer la source de toute nouvelle forme de vie dans ce domaine, plutôt que l'attribuer à un hasard aveugle. L'évolution des dinosaures, de l'astérie ou des palmiers est une manifestation d'archétypes non matériels préexistants, lesquels n'évoluent pas, transcendant le temps et l'espace. Ce sont des Idées dans l'esprit de Dieu, ou – si nous excluons la notion de divinité – des entités dotées d'une existence indépendante inexplicable par rapport à quoi que ce soit.

Ainsi le néodarwinisme mène-t-il à une impasse. Si la créativité évolutive dépend de la manifestation de Formes ou principes d'ordre éternels, elle n'est pas une véritable créativité, mais une manifestation de schèmes existant de toute éternité dans un domaine non matériel. Si elle dépend d'un hasard aveugle, elle est essentiellement inintelligible, et son mystère est insondable.

En Europe, le domaine transcendant est, par tradition, la sphère d'action du Père céleste et le domaine matériel, celle de la Grande Mère. Par cette personnification, l'approche platonicienne met l'accent sur le principe créateur, rationnel, mâle; l'approche matérialiste, sur les aspects de créativité non rationnels, féminins. Ces archétypes personnifiés représentent-ils une manière plus profonde de comprendre le mystère de la créativité que les abstractions «dépersonnifiées» de la pensée moderne? Ou ces abstractions impersonnelles représentent-elles une forme plus élevée de compréhension dépassant les modes de pensée primitifs, caractéristiques des mythes et de la religion? C'est, de toute évidence, une question d'opinion; mais quelle que soit notre position, les façons archaïque et moderne d'expliquer la créativité montrent des parallèles frappants.

Il nous est difficile de progresser plus dans le cadre du néodarwinisme. La philosophie évolutionniste de l'organicisme nous permet, en revanche, d'aller plus loin. Les principes organisateurs de la nature ne dépassent pas son cadre – ils ne se situent pas dans un domaine transcendant, mais en son cœur même. Non seulement le monde évolue dans l'espace et le temps, mais encore ces principes organisateurs. Selon l'hypothèse de la causalité formative, ce sont des champs morphiques, ayant une mémoire inhérente.

Dans l'ensemble, les champs ont hérité de maintes propriétés que les philosophies prémécanistes de la nature attribuaient, par tradition, aux âmes. Les théories du champ représentent une autre

façon de rendre vie à la nature. Voyons maintenant comment la créativité s'exprime dans le cadre de champs morphiques *existants*, puis comment de *nouveaux* champs morphiques peuvent voir le jour.

### *Champs, âmes et magie*

La philosophie mécaniste du XVII<sup>e</sup> siècle et les mécanistes modernes rejettent l'idée que le monde et tous les êtres vivants qui l'habitent sont animés, en d'autres termes organisés par des âmes, anima ou psychés non matérielles. Cette notion antique fut développée de façon systématique et détaillée par Aristote et les néoplatoniciens. Elle imprégna les philosophies médiévale et renaissante, et persiste de nos jours dans la tradition vitaliste de la biologie. La philosophie holistique de l'organicisme l'a ravivée, au cours des soixante dernières années, et lui a conféré une forme évolutionniste moderne. Dans ce processus, la notion d'âmes-principes organisateurs finalisés a cédé la place à des concepts de champs organisateurs, de relations organisatrices, de principes auto-organiseurs, d'esprit dans la nature, de schèmes connecteurs, d'ordre impliqué, d'information et de principes organisateurs aux noms divers.

Du point de vue mécaniste, l'animisme traditionnel et l'organicisme moderne impliquent une projection erronée des qualités et desseins de la vie humaine sur le monde inerte qui nous entoure. C'est l'«erreur pathétique». Selon Monod, la croyance animiste, dans laquelle il englobe l'organicisme et le matérialisme dialectique, «consiste en une projection dans la nature inanimée de la conscience qu'a l'homme du fonctionnement intensément téléonomique de son propre système nerveux central<sup>10</sup>».

Ce type de projection déboucherait inévitablement sur une illusion si la nature est, en réalité, inanimée et mécaniste. Mais c'est faire une pétition de principe, car cela n'explique ni le fonctionnement intensément téléonomique de notre système

nerveux, ni la téléonomie de tous les organismes vivants, ni les propriétés auto-organisatrices des systèmes naturels à tous les niveaux de complexité.

Il est ironique de noter que l'approche mécaniste semble *plus* anthropomorphique que l'animiste. Elle projette un type particulier d'activité humaine – la construction et l'utilisation de machines – sur l'ensemble de la nature. La théorie mécaniste tire sa plausibilité du fait que les machines *ont* des schèmes finalisés, ayant leur source dans les esprits vivants – les esprits des humains.

En réalité, la physique classique abonde en termes impliquant diverses correspondances entre la vie humaine et le domaine naturel – ces associations animistes ont longtemps été plus ou moins inconscientes. Je songe notamment à des termes tels que *lois, force, travail, énergie, attraction*. La physique quantique y a malicieusement ajouté la notion de *charme*. En biologie orthodoxe, nous trouvons aussi des termes explicatifs fondamentaux, n'appartenant pas, à proprement parler, au monde inanimé: *fonction, adaptation, sélection, information, gènes égoïstes, programmes génétiques*, etc.

La science mécaniste s'est développée dans un contexte animiste, dans un monde où la magie était toujours prise au sérieux. Diverses conceptions magiques anciennes sont étonnamment similaires à des éléments essentiels de la physique classique et moderne. À cet égard, la réflexion suivante de l'anthropologue James Frazer est particulièrement intéressante:

Quoique les applications de cette philosophie primitive soient nombreuses [...], les principes fondamentaux sur lesquels elle est basée peuvent se ramener à deux. Le premier est que l'effet ressemble à la cause qui le produit; le deuxième, que des choses qui ont été jadis en contact et ont cessé de l'être continuent à avoir l'une sur l'autre la même influence que si leur contact avait persisté. Du premier de

ces principes le sauvage déduit qu'il peut produire ce qu'il désire, en l'imitant ; du second, il déduit qu'il peut influencer de loin, à son gré, toute personne et tout objet dont il possède une simple parcelle<sup>11</sup>.

Ces deux mêmes principes jouent un rôle essentiel en physique classique, et à la lumière de la non-localité inhérente à la théorie quantique, le second a pris une signification nouvelle.

Les physiciens, comme les magiciens de Frazer, tirent leur force de l'imitation de la nature, mais en règle générale, ils ne procèdent pas en fabriquant des modèles physiques, par exemple des poupées de cire, mais en utilisant les mathématiques et l'informatique. Les physiciens réalisent des *modèles* mathématiques de processus naturels – constructions mentales dans un espace mathématique imaginaire. Tous leurs modèles ne sont pas couronnés de succès. Mais ceux qui le sont semblent correspondre, de mystérieuses façons, à divers aspects du monde physique. Ces modèles se trouvent au cœur de toutes les technologies modernes. Et à la lumière de la non-localité ou de l'intrication inhérentes à la théorie quantique, la mécanique du contact prend une nouvelle ampleur.

Le monde du physicien, comme celui du magicien, abonde en connexions invisibles traversant un espace apparemment vide. Aujourd'hui, cependant, les champs, et non un quelconque éther, sont censés être le milieu des sympathies secrètes de la nature.

Selon les anciennes philosophies animistes, l'*anima mundi*, l'âme du monde, et les âmes de tous les êtres étaient immuables. Elles influençaient la matière à laquelle elles étaient associées, mais celle-ci ne modifiait pas leur nature : elles n'évoluaient pas, mais demeuraient immuables. Il n'y a guère, les champs de la physique étaient encore perçus de manière assez semblable. Ils étaient immuables : leur nature n'était pas modifiée par l'énergie qu'ils renfermaient et organisaient ni par ce qu'il advenait en eux. Aujourd'hui, on considère qu'ils évoluent : ils ont une histoire.

Comme nous l'avons vu au chapitre 17, les théories contemporaines de l'évolution des champs physiques chevauchent inconfortablement deux paradigmes très différents : la conception traditionnelle de lois mathématiques éternelles et l'idée d'un univers, vaste organisme en évolution. Les mathématiques sont-elles les structures d'une grande théorie unitaire ou d'une théorie de tout ce qui est plus réel que les champs à travers lesquels elles se manifestent dans l'espace et le temps ? Ou les champs sont-ils plus réels que les mathématiques qui les décrivent et les modèlent ?

Si les lois mathématiques sont plus réelles que les champs, la réalité ultime se situe dans le domaine transcendant d'Idées ou de lois éternelles. C'est ce que croient la plupart des physiciens.

En revanche, si les champs sont plus réels que les mathématiques utilisées pour les modeler, nous nous trouvons dans un univers en évolution dont les principes organisateurs évoluent parallèlement.

### *Les champs morphiques créatifs*

L'évolution de champs organisateurs n'est pas une notion familière. Elle est étrangère aux animismes traditionnels, aux traditions de la physique, ainsi qu'à la philosophie mécaniste. En effet, si les champs évoluent, il n'est plus logique de les expliquer en termes d'essences ou de lois immuables et le concept de hasard aveugle ne permet plus d'expliquer l'apparition de telles structures organisatrices intégrées.

Avant d'explorer plus en détail les rôles éventuels des champs morphiques dans la créativité évolutive, rappelons les propriétés hypothétiques de ces champs à tous les niveaux de complexité :

1. Ce sont des tous auto-organiseurs.
2. Ils ont à la fois un aspect spatial et un aspect temporel ; ils organisent des schèmes spatio-temporels d'activité vibratoire ou rythmique.

3. Ils attirent les systèmes soumis à leur influence vers des formes et des schèmes d'activité caractéristiques, dont ils organisent la manifestation et préservent l'intégrité. Les finalités ou objectifs vers lesquels les champs morphiques attirent les systèmes soumis à leur influence sont nommés *attracteurs*. Les canaux qu'empruntent généralement les systèmes pour atteindre ces *attracteurs* sont appelés «*chréodes*».
4. Ils relient et coordonnent les unités morphiques, ou *holons*, qu'ils englobent, lesquels sont à leur tour des *touts* organisés par des champs morphiques. Les champs morphiques renferment d'autres champs morphiques en une hiérarchie *gigogne* ou *holarchie*.
5. Ce sont des structures de probabilités, et leur activité organisatrice est *probabiliste*.
6. Ils ont une mémoire innée dispensée par *autorésonance* avec le propre passé d'une unité morphique et par *résonance* morphique avec tous les systèmes similaires antérieurs. Cette mémoire est *cumulative*. Plus un schème d'activité particulier est répété, plus il tend à devenir *habituel*.

Nous avons considéré, pour l'instant, l'expression de ces propriétés aux niveaux moléculaire et cristallin, dans la morphogénèse des végétaux et des animaux, dans le comportement animal et humain, dans l'apprentissage humain et la mémoire, dans l'organisation sociale et culturelle, ainsi que dans le processus évolutif. Pour l'instant, la question de la créativité reste ouverte. Examinons maintenant la manière dont la créativité s'exprime dans les champs morphiques existants, nous verrons ensuite comment des champs nouveaux pourraient voir le jour.

Le type de créativité s'exprimant dans le cadre de champs morphiques préexistants est une créativité d'ordre inférieur. Les points terminaux ou objectifs ou *attracteurs* définis par les champs

demeurent immuables ; la nouveauté se situe dans les manières de les atteindre. Ce type de créativité est couramment exprimé par des termes tels que : *adaptabilité*, *flexibilité*, *ingéniosité* et *ressource*. L'apparition de champs entièrement nouveaux, avec leurs objectifs ou attracteurs nouveaux, implique un ordre de créativité ou d'originalité supérieur. Certains préféreraient, certes, restreindre l'emploi du terme *créativité* à ce dernier sens, plus fort. Mais le discours contemporain l'emploie souvent dans un sens large et général, englobant les sens fort et faible. La discussion qui suit adopte cet usage général.

Les biologistes développementaux ont créé la notion de champs morphogénétiques essentiellement parce que les organismes sont aptes à préserver leur intégrité et à retrouver leur forme, même en cas de lésions ou de destruction de l'une ou l'autre de leurs parties (Fig. 5.3). Le champ contient, en quelque sorte, la forme ou le schème de l'ensemble de l'unité morphique et attire le système se développant ou se régénérant. Si le processus de développement est détourné de son cours normal, il peut y revenir – comme une boule poussée sur le versant d'une colline peut rouler vers la vallée et rejoindre la voie de changement canalisé habituelle, dans le modèle de chréode de Waddington (Fig. 6.2).

En cas de régulation et de régénération, le processus de développement s'adapte toujours de façon à retrouver une structure d'activité plus ou moins normale, par une route plus ou moins nouvelle. En d'autres termes, le processus de développement renferme un élément de nouveauté ou de créativité. La manière dont se régénère un œil de triton après prélèvement chirurgical du cristallin en est un exemple frappant. Le cristallin se forme, au cours du développement embryonnaire normal, à partir d'un repli du tissu cutané embryonnaire recouvrant l'œil en développement, mais après prélèvement du cristallin d'un œil formé, un nouveau cristallin se régénère à partir du bord de l'iris (Fig. 18.1).



La manière dont les organismes en développement répondent aux mutations génétiques est une autre illustration du principe de régulation. Les organismes mutants ne sont pas simplement le produit de gènes mutants : ils résultent de processus de développement s'étant adaptés aux nouvelles conditions internes de manière à produire des organismes entiers, intégrés, même si ceux-ci sont anormaux sur plusieurs points. Dans la mesure où les mutations au hasard sont sources de créativité évolutive, la créativité n'est pas inhérente aux changements chromosomiques et génétiques mais plutôt aux manières dont les organismes y réagissent et s'y adaptent : c'est une expression de l'activité organisatrice des champs morphiques.

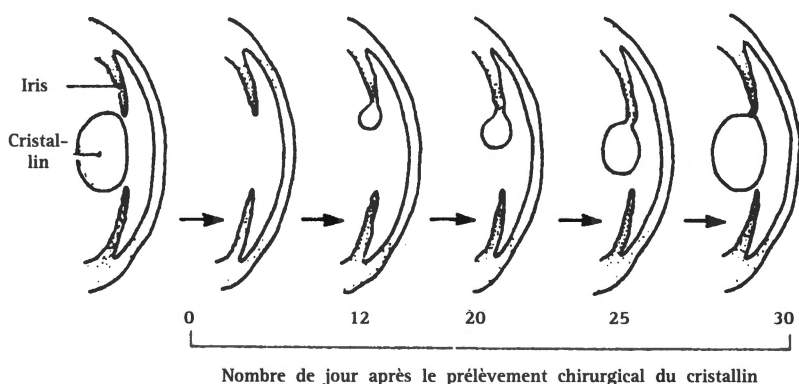


**Figure 18.1** Régénération du cristallin à partir du bord de l'iris d'un triton, après prélèvement chirurgical du cristallin originel (cf. Needham, 1942).

Charles Darwin reconnaissait explicitement ce genre de principe organisateur holistique, qu'il qualifiait de «force coordinatrice» :

Quand une partie ou un organe soit s'accroît grandement, soit disparaît complètement du fait de la variation et de la sélection continue, la force coordinatrice de l'organisation tendra continuellement à recréer l'harmonie entre toutes les parties<sup>12</sup>.

Les changements environnementaux, comme les mutations génétiques, imposent de nouvelles nécessités aux organismes. La nécessité est mère de l'inventivité : mais les inventions elles-mêmes sont produites par les organismes. L'ajustement de la forme et de la fonction des végétaux et des animaux aux conditions de vie – leur *adaptation* à l'environnement – se produit de multiples façons ; plus ces adaptations finalisées, qui impressionnent tant Lamarck et Darwin, se répètent, plus elles tendent à devenir héréditaires et habituelles ; elles constituent donc une source majeure de créativité dans le processus évolutif.

Nous trouvons de même, dans le cadre du comportement, des aptitudes à s'ajuster créativement aux mutations génétiques, aux lésions et aux modifications de l'environnement. Les animaux nés avec des corps anormaux survivent parfois en ajustant leurs mouvements et leur comportement. Les créatures qui ont perdu un membre, ou une autre structure, s'ajustent souvent au dommage de manière plus ou moins efficace : ainsi, un chien apprendra-t-il à courir sur trois pattes, et un aveugle à trouver son chemin en se fiant à ses autres sens. Les dommages infligés aux nids de termites sont réparés. Les animaux ou individus désireux de se rendre en un endroit précis trouveront le moyen de contourner les obstacles placés sur leur chemin et atteindront leur but par une route différente. En général, les animaux et les individus transplantés dans des environnements nouveaux et inconnus s'y adaptent de manière relativement appropriée.

Certes, tous les types de mutations, de lésions et de changements environnementaux ne suscitent pas des réponses positives. Beaucoup s'avèrent fatales. D'autres sont trop extrêmes pour permettre l'adaptation. Mais dans certaines limites, des réponses innovatrices se produisent à tous les niveaux d'organisation. Les champs morphiques semblent avoir une créativité inhérente, reconnaissable au fait que les nouvelles voies de développement ou de comportement sont souvent adaptatives et finalisées.

Dans une certaine mesure, *chaque* organisme et *chaque* élément de sa structure et de son comportement constituent une réponse créative aux conditions intérieures et extérieures. Deux organismes de même type ne sont jamais tout à fait identiques : ils se situent en des lieux différents, dans des micro-environnements différents ; ils sont formés d'atomes et de molécules différents ; ils sont soumis à des fluctuations au hasard. Les champs morphiques ne sont pas rigides ; ce sont des structures de probabilité produisant leurs effets d'agencement *via* une influence probabiliste. Ils ont une flexibilité inhérente. Ils intègrent la qualité unique d'unités morphiques individuelles dans un champ de probabilités définissant la structure et les limites du type ; ce sont, dans le langage de la dynamique, des attracteurs ou des bassins d'attraction.

« Qui veut peut. » La volonté est dispensée par l'objectif ou l'attracteur morphique, qui, du point de vue présent de l'organisme, réside dans le futur. La progression d'un système vers son attracteur morphique implique des ajustements – grands et petits – de ses composantes et de leurs relations – elle trouve une voie. Dans la mesure où elle ne peut suivre la voie habituelle, classique, elle trouvera un moyen plus ou moins nouveau d'atteindre son objectif.

La créativité humaine répond, dans une large mesure, à ce type général. Elle implique la découverte de nouveaux moyens d'atteindre des objectifs habituels : manières inventives de dire, d'agir ou de fabriquer des objets ; manières ingénieuses de procéder à des réparations ; résolution d'énigmes et de problèmes ; fabrication de meilleurs pièges à souris.

La différence entre la façon de découvrir de nouveaux moyens et le processus par lequel nous apprenons nos modes habituels de comportement, de langage et de pensée est une question de degré, mais non pas – semble-t-il – de type. Quand nous apprenons quoi que ce soit, il importe, pour que notre entreprise soit

couronnée de succès, que nous choissions une manière de faire adaptée à notre corps, à nos compétences et aux circonstances. Chaque fois que nous faisons quelque chose, que nous parlons ou que nous pensons, nos habitudes s'ajustent plus ou moins bien aux circonstances dictées par la situation.

Cet ajustement est dans une large mesure inconscient. Mais même lorsque nous tentons consciemment de nous adapter, de trouver un nouveau moyen, ou de résoudre un problème, il nous est souvent difficile d'expliquer comment nous nous y sommes pris. La réponse s'est imposée à nous, «le frac est tombé». C'est comme si les nouveaux moyens se présentent *via* la conscience, mais les processus créateurs eux-mêmes sont inconscients, se situant au-dessous ou au-delà du seuil de conscience.

La tendance inhérente aux systèmes à trouver une voie menant vers leurs attracteurs morphiques, ou y ramenant, s'exprime aussi dans le cadre des champs sociaux et culturels. Le comportement coordonné d'insectes sociaux – les abeilles, par exemple – est organisé par les champs morphiques de la société; si la ruche est endommagée et des membres de la colonie tués, le comportement des survivants sera souvent régularisé de manière à leur permettre de réparer le dommage et de restaurer le fonctionnement harmonieux de la colonie. L'ajustement de familles, de communautés et de sociétés humaines à des accidents, décès, menaces extérieures ou intérieures, perturbations, ou calamités semble comparable: les individus réagissent tandis que le champ collectif, l'esprit de groupe ou la *conscience collective*, s'ajuste aux nouvelles conditions et restaure peu à peu l'intégrité coordonnée de la société.

Ces champs œuvrent *via* leur influence sur les individus qu'ils englobent. Certains individus ont, plus que d'autres, conscience de ce qu'il convient de faire, et des leaders divers ont, en général, l'aptitude nécessaire pour le communiquer. Cette conscience et les réactions individuelles qu'elle suscite sont influencées par le champ collectif et ne sont pas que le produit d'esprits individuels.

Les dirigeants, patriarches, matriarches, chamans, prophètes, prêtres, leaders ou autres détenteurs d'autorité ne prétendent pas parler en leur nom propre : ils s'expriment sous l'égide des dieux, des esprits gardiens ou des ancêtres, valeurs ou traditions du groupe. Ils ne prétendent pas non plus parler et agir pour leur seul bien, mais pour la vie et la survie de l'ensemble du groupe.

### *Habitude et créativité*

Les champs morphiques ont une créativité inhérente, telle est l'idée qui sous-tend la discussion qui précède. Nous avons suggéré, dans les chapitres précédents, que les champs sont de nature habituelle. Ces deux aspects sont complémentaires, plutôt que contradictoires. Les champs morphiques renferment, en réalité, des objectifs, ou attracteurs, habituels et conservateurs ; la créativité qui se manifeste en eux implique la découverte de nouveaux moyens d'atteindre ceux-ci. En outre, l'expression de *tout* schème de développement ou activité habituels nécessite un peu de flexibilité et une capacité de s'adapter aux circonstances ; des habitudes ne seraient guère viables sans un certain degré d'adaptabilité créative.

Quoi qu'il en soit, les champs évoluant et des chréodes habituelles s'établissant en eux, leur créativité inhérente est, en un sens, réduite. Les radiations évolutives ou les phases explosives paraissant se manifester assez tôt dans l'histoire d'un phylum, d'un ordre, d'une famille, d'un genre ou d'une espèce nouveaux impliquent diverses différenciations ou adaptations de la forme ancestrale. De telles phases explosives ont, sans doute, marqué l'évolution des schèmes de comportement instinctifs, des langages humains, des formes sociales, politiques et culturelles, ainsi que des religions, des arts et des sciences (notamment lors de l'apparition de sectes, écoles et traditions spécifiques). Dans le secteur de la technologie, on observe souvent une prolifération

comparable de versions et de modèles divers après l'invention d'un nouveau type de machine; songeons, par exemple, à la diversité des automobiles ou des micro-ordinateurs disponibles sur le marché.

Il est une raison évidente expliquant que l'apparition de variations nouvelles sur des thèmes fondamentaux tend à devenir moins fréquente avec le temps: le nombre de formes variables peut être fini. Au fur et à mesure que de nouvelles versions apparaissent, disparaissent ou deviennent habituelles, il reste de moins en moins de potentialités non explorées.

Cependant aussi importante que puisse être la quantité de créativité exprimée dans le cadre d'un champ morphique, à quelque niveau de complexité que ce soit, elle ne suffit pas à expliquer l'apparition du champ lui-même.

### *L'origine des champs nouveaux*

L'apparition d'un nouveau type de champ implique un saut ou une synthèse créateurs. Un nouvel attracteur morphique voit le jour, et avec lui un nouveau schème de relations et de connexions. Considérons, par exemple, un nouveau type de molécule, d'instinct ou une nouvelle théorie.

Une manière d'envisager ces synthèses créatives consiste à regarder de bas en haut: nous voyons alors «émerger» des formes toujours plus complexes à des niveaux d'organisation supérieurs. L'apparition progressive de synthèses nouvelles devint un principe général dans le matérialisme dialectique et dans d'autres philosophies d'évolution émergente. L'évolution est alors plus qu'un mot décrivant un processus; elle implique un principe créateur inhérent à la matière, à l'énergie, à la nature, à la vie ou au processus lui-même. De nouveaux schèmes d'organisation, de nouveaux champs morphiques, voient le jour du fait de cette créativité intrinsèque. Mais pourquoi la matière, l'énergie, la nature, la vie ou le processus seraient-ils créatifs? Voilà qui

demeure un mystère. Nous ne pouvons rien dire de plus sinon que leur nature est d'être ainsi.

Une autre approche consiste à partir du haut et à se demander comment de nouveaux champs peuvent émerger de champs préexistants à un niveau d'organisation supérieur, plus inclusif. Des champs naissent dans des champs. Ainsi, une nouvelle habitude de comportement, notamment l'ouverture de bouteilles de lait par des mésanges (Fig. 9.6), implique-t-elle l'apparition d'un nouveau champ morphique. Dans l'optique «ascendante», elle résulte d'une synthèse de schèmes de comportement préexistants (le fait d'arracher des morceaux d'écorce), en un tout nouveau, de niveau supérieur. Dans l'optique «descendante», ce nouveau champ émerge dans le champ morphique de niveau supérieur, plus inclusif, qui organise l'approvisionnement et toutes les activités annexes. Ce champ de niveau supérieur aura, en quelque sorte, formé en lui un nouveau champ de niveau inférieur (l'ouverture de bouteilles de lait).

Ce processus créatif est interactif, en effet, les champs d'ordre supérieur dans lesquels de nouveaux champs voient le jour sont modifiés par ces nouveaux schèmes d'organisation. Ils ont une plus grande complexité interne, qui influencera leur création ultérieure de nouveaux champs.

Ces principes sont applicables à tous les niveaux d'organisation – des nouveaux types de molécules protéiques nées dans les champs de cellules, jusqu'aux galaxies, dans le champ de l'univers en expansion. Les champs de niveau supérieur sont toujours influencés par les événements passés et par les événements présents; leur créativité est évolutive.

Ce mode de pensée nous ramène, en définitive, au champ morphique primordial de l'univers – source et fondement ultime de tous les champs. Dans le cadre de la cosmologie évolutionniste moderne, c'est le champ unitaire originel, duquel tous les champs de la nature ont dérivé au fur et à mesure de l'expansion de l'univers (Fig. 17.1).

En résumé, nous pouvons considérer la création de nouveaux champs comme un processus ascendant – de nouvelles synthèses émergeant à des niveaux d'organisation toujours plus élevés ou comme un processus descendant – de nouveaux champs émergeant dans des champs de niveau supérieur, qui sont leur source créative. Nous pouvons aussi envisager que la créativité évolutive implique une combinaison de ces processus.

### *Le champ primordial de la nature*

Quelle pourrait être la signification d'un champ primordial, unitaire, universel?

Le sceptique, qui sommeille en chacun de nous, sera tenté de répondre: pas grand-chose. Ce n'est qu'une autre théorie spéculative nous entraînant au-delà de tout ce que nous sommes en mesure d'observer directement. Nous sortons du cadre de la science empirique et pénétrons dans le domaine de la métaphysique. Il est inutile d'aller plus avant, car nous ne réussissons qu'à nous empêtrer dans de vaines spéculations.

Si nous désirons néanmoins aller de l'avant, il nous faut admettre que nous pénétrons dans le champ de la métaphysique. Pendant plus de deux mille ans, les philosophes ont discuté de la source des schèmes et de l'ordre du monde; de la nature du flux, du changement, de l'espace et du temps; de la relation entre le monde en changement que nous connaissons et l'éternité ou l'immuabilité. Une tradition majeure, ancrée dans la cosmologie de Platon, a répondu à ces questions en termes d'*anima mundi*, l'âme du monde – une conception évoquant le champ du monde de la cosmologie moderne. Le monde est contenu dans l'âme du monde, qui est à son tour contenue dans l'esprit de Dieu – domaine des Idées au-delà du temps et de l'espace. L'âme du monde diffère du domaine des Idées en ce sens qu'elle inclut le temps, l'espace et le devenir. Elle est la source créative de toutes



les âmes qu'elle renferme, comme le champ du monde est la source de tous les champs de la nature.

De même que la nature du champ du monde pose le problème de sa relation aux lois éternelles, la notion d'âme du monde pose celui de sa relation au domaine éternel des Idées. Pour Plotin, philosophe néoplatonicien, ces Idées résident dans ce qu'il nomme l'Intelligence. Celle-ci diffère de l'Âme puisqu'elle possède une parfaite conscience de soi, et contemple les Formes plutôt que des images des Formes. L'Intelligence «pareille à un énorme organisme renferme potentiellement toutes les intelligences»; de même, l'Âme renferme potentiellement toutes les âmes :

Il n'y a pas seulement une Intelligence une, mais à la fois une Intelligence une et une pluralité d'intelligences, par suite il devait y avoir également une Âme une et une pluralité d'âmes, et il fallait que de l'Âme qui est une naquit la pluralité des âmes particulières et différentes. [...] La fonction de l'âme raisonnable est de penser, mais elle ne se borne pas à penser. Sans cela, en quoi l'âme différerait-elle de l'Intelligence? Au caractère d'être intellectuelle, l'âme joint un autre caractère, dans lequel elle ne reste pas simple intelligence: elle a sa fonction propre, comme tout être. En élevant ses regards sur ce qui lui est supérieur, elle pense; en les reportant sur elle-même, elle se conserve; en les abaissant sur ce qui lui est inférieur, elle l'orne, l'administre, le gouverne<sup>13</sup>.

Sous l'influence de l'Âme, «nous ne pouvons rien trouver sinon la nature indéterminée de la Matière<sup>14</sup>». Mais à tous les niveaux d'existence, le contenu du monde est organisé par des âmes; aucune n'est entièrement indéterminée ou inanimée.

L'ensemble constitue une harmonie, dans laquelle chaque grade inférieur est «dans» son supérieur. [...] Le lien d'unité entre les produits supérieurs et inférieurs de l'Âme est l'aspiration, l'activité, la vie, qui est la réalité du monde du devenir<sup>15</sup>.

Quelle que soit notre interprétation des similitudes et des différences entre la notion antique d'âme du monde et la notion moderne de champ du monde, toutes deux posent, en définitive, le problème de leur origine et de la source de leur activité. La tradition considérait que l'âme du monde émergeait de – et était contenue dans – l'Être de Dieu. La plupart des physiciens contemporains croient que le champ unifié primal est, en un certain sens, contenu dans – ou émerge des – lois éternelles, transcendantes. Mais quelle est la source de ces lois? Comment des lois transcendantes, non physiques, pourraient-elles avoir donné naissance à la réalité physique de l'univers? Pourquoi, dans un univers évolutif, devrions-nous supposer que toutes les lois étaient préétablies?

Nous pouvons, bien sûr, voir dans l'origine de l'univers et dans sa créativité inhérente un mystère insondable et en rester là. Si nous choisissons d'aller plus avant, nous nous trouvons confrontés à des traditions de pensée séculaires nommant la source créative ultime: le Un, Brahma, le Vide, le Tao, l'étreinte éternelle de Shiva et Shakti, ou la Sainte Trinité.

Dans toutes ces traditions, nous arrivons, tôt ou tard, aux limites de la pensée conceptuelle, ainsi qu'à la prise de conscience de ces limites. Seule la foi, l'amour, l'intuition mystique, la contemplation, l'éveil, ou la grâce de Dieu peuvent nous les faire dépasser.

# Épilogue

Le monde dans lequel nous vivons est né il y a environ quatorze milliards d'années ; il n'a jamais cessé de croître et croît encore – c'est un monde de galaxies, d'étoiles, de systèmes planétaires et de planètes en développement. Sur la terre, la vie se développe depuis plus de trois milliards d'années selon un processus évolutif qui se poursuit jusqu'en nous-mêmes. Le développement de la science fait partie intégrante de ce processus – un processus que la science elle-même a découvert, tout d'abord dans le domaine de la vie sur terre et aujourd'hui dans l'ensemble de la nature.

Toutefois, bien que nous disposions désormais d'une cosmologie évolutionniste, nombre de nos habitudes de pensée ont vu le jour dans le cadre d'un univers perçu comme éternel et semblable à une machine. L'univers mécaniste n'avait que faire de la mémoire, puisqu'il était régi en tout temps et en tous lieux par des principes d'ordre intemporels, les lois éternelles de la nature.

Mais ces anciennes idées ont-elles toujours un sens dans un univers évolutif ? Les lois relatives à toute entité – des protozoaires aux galaxies, des orchestres aux systèmes planétaires, des molécules aux vols d'oies sauvages – étaient-elles présentes dès l'origine, attendant l'instant de manifester leurs propriétés harmonieuses dans le cadre du processus évolutif ? Ou la mémoire est-elle inhérente à la nature ? Des habitudes se forgent-elles au fil de l'évolution ?

Telles sont les questions que nous avons soulevées dans ce livre. Nous avons étudié les implications tant de la notion de lois

éternelles que de celle d'habitudes évolutives. Nous avons envisagé, sous ces deux angles, un vaste échantillon de phénomènes – chimiques, biologiques, sociologiques, culturels et mentaux. Nous nous sommes aussi demandé comment déterminer empiriquement laquelle de ces deux idées s'accorde le mieux à la réalité.

La question demeure ouverte. Il se peut, après tout, que nous vivions bel et bien dans un monde amnésique, régi par des lois éternelles. Mais il est tout aussi possible que la mémoire soit inhérente à la nature, et si cette dernière hypothèse se révèle exacte, nous serons contraints de modifier de fond en comble notre mode de pensée. Nous devrons tôt ou tard abandonner nombre de nos anciennes certitudes et en adopter de nouvelles, mieux adaptées à l'existence dans un monde qui vit en présence de son passé, mais aussi en présence de son futur – dans un monde ouvert à la création continue.

# Références

- Abercrombie, N., Hill, S. et Turner, B. S., *Dictionary of Sociology*, Harmondsworth, Penguin, 1984.
- Abraham, R. H. et Shaw, C. D., *Dynamics : the Geometry of Behavior*, Santa Cruz, Aerial Press, 1984.
- Agar, W. E., Drummond, F. H., Tiegs, O. W. et Gunson, M. M., «Fourth (final) report on a test of McDougall's Lamarckian experiment on the training of rats», *Journal of Experimental Biology* 31: 307321, 1954.
- Alberts, B., Bray, B., Lewis, J. et al., *Molecular Biology of the Cell*, New York, Garland, 1983.
- Alvarez, L. W., Alvarez, W., Asaro, F. et Michel, H. V., «Extraterrestrial cause for Cretaceous Tertiary extinction», *Science* 208: 1095-1108, 1980.
- Anderson, A. M., «The great Japanese IQ increase», *Nature* 297: 180-181, 1982.
- Anfinsen, C. B. et Scheraga, H. A., «Experimental and theoretical aspects of protein folding», *Advances in Protein Chemistry* 29: 205-300, 1975.
- Bacon, F., *La Nouvelle Atlantide*, Paris, Payot, 1983.
- Baddeley, A. D., *The Psychology of Memory*, New York, Basic Books, 1976.
- Baldwin, R. L. et Creighton, T. E., «Recent experimental work on the pathway and mechanism of protein folding» dans *Protein Folding*, éd. R. Jaenicke, Amsterdam, Elsevier, 1980.
- Ballerini, M., Cabibbo, N., Candelier, R., Cavagna, A., Cisbani, E., Giardina, I., Lecomte, V., Orlandi, A., Parisi, G., Procaccini, A., Viale, M. et Zdravkovic, V., «Interaction ruling animal collective behavior depends on topological rather than metric distance: Evidence from a field study», *Proceedings of the National Academy of Sciences US* 105: 1232-1237, 2008a.
- Ballerini, M., Cabibbo, N., Candelier, R., Cavagna, A., Cisbani, E., Giardina, I., Lecomte, V., Orlandi, A., Parisi, G., Procaccini, A., Viale, M. et Zdravkovic, V., «Empirical investigation of starling flocks: a benchmark study in collective animal behaviour», *Animal Behaviour* 76: 201-215, 2008b.
- Barnett, S. A., *Modern Ethology*, Oxford, Oxford University Press, 1981.
- Barrow, J. D. et Tipler, F. J., *The Anthropic Cosmological Principle*, Oxford, Clarendon Press, 1986.

## LA MÉMOIRE DE L'UNIVERS

- Bartlett, F. C., *Remembering*, Cambridge, Cambridge University Press, 1932.
- Bateson, G., *Vers une écologie de l'esprit*, Paris, Le Seuil, 1977.
- , *La Nature et la pensée*, Paris, Le Seuil, 1984.
- Bateson, W., *Materials for the Study of Variation*, Londres, Macmillan, 1894.
- Beachy, P. A., Helfard, S. A. et Hogness, D. S., «Segmental distribution of bithorax complex proteins during *Drosophila* development», *Nature* 313: 545-551, 1985.
- Bentley, W. A. et Humphreys, W. J., *Snow Crystals*, New York, Dover, 1963.
- Bergson, H., *La Pensée et le mouvant*, Paris, Librairie Félix Alcan, 1934.
- , *L'Évolution créative*, Paris, Presses Universitaires de France, 1941.
- , *Matière et Mémoire*, Paris, Presses Universitaires de France, 1946.
- Berkson, W., *Fields of Force*, Londres, Routledge and Kegan Paul, 1974.
- Blackmore, S., *Beyond the Body: An Investigation of Out-of-the-Body Experiences*, Londres, Paladin, 1983.
- , *The Meme Machine*, Oxford, Oxford University Press, 1999.
- Blavatsky, H. P., *The Secret Doctrine*, Londres, Theosophical Publishing House, 1897. Publié en France sous le titre *La Doctrine secrète* en six tomes, Paris, Adyar, 1994.
- Boakes, R., *From Darwin to Behaviorism*, Cambridge, Cambridge University Press, 1984.
- Bohm, D., *La Plénitude de l'univers*, Monaco, Éditions du Rocher, 1987.
- Boss, A., *The Crowded Universe: The Search for Living Planets*, New York, Basic Books, 2009.
- Bower, G. H., «Organizational factors in memory», *Cognitive Psychology* 1: 18-46, 1970.
- Bowler, P. J., *Evolution: The History of an Idea*, Berkeley, University of California Press, 1984.
- Boycott, B. B., «Learning in the octopus», *Scientific American* 212 (3): 42-50, 1965.
- Boyd, R. et Richerson, P. J., *Culture and the Evolutionary Process*, Chicago, University of Chicago Press, 1985.
- Brockelman, W. Y. et Shilling, D., «Inheritance of stereotyped gibbon calls», *Nature* 312: 634-636, 1984.
- Bromage, P. R. et Melzack, R., «Phantom limbs and the body schema», *Canadian Anaesthetists' Society Journal*, 21: 267-274, 1974.
- Brown, M. W. et Agglaton, J. P., «Recognition memory: what are the roles of the perirhinal cortex and the hippocampus?», *Nature Reviews Neuroscience* 2, 51-61, 2001.
- Bünning, E., *The Physiological Clock*, Londres, English Universities Press, 1973.
- Burkert, W., *Lore and Science in Ancient Pythagoreanism*, Cambridge, Mass., Harvard University Press, 1972.

## RÉFÉRENCES

- Burnet, J., *Early Greek Philosophy*, Londres, Black, 1930.
- Bursen, H. A., *Dismantling the Memory Machine*, Dordrecht, Reidel, 1978.
- Burt, E. A., *The Metaphysical Foundations of Modern Physical Science*, Londres, Kegan Paul, Trench et Trubner, 1932.
- Butler, S., *La Vie et l'habitude*, Paris, Gallimard, coll. Blanche, 1922.
- , *Unconscious Memory*, Londres, Cape, 1880.
- Bynum, W. F., Browne, E. J. et Porter, R., *Dictionary of the History of Science*, Londres, Macmillan, 1981.
- Canetti, E., *Masse et puissance*, Paris, Gallimard, 1966.
- Capra, F., *Le Tao de la physique*, Paris, Tchou, 1979.
- , *Le Temps du changement*, Monaco, Éditions du Rocher, 1983.
- Carlson, C., «Artificial life: Boids of a feather flock together», *Scientific American*, novembre 2000, 94-95.
- Carr, B. (éd.), *Universe or Multiverse?*, Cambridge, Cambridge University Press, 2007.
- Carr, B. et Ellis, G., «Universe or multiverse?», *Astronomy and Geophysics* 49: 2.29-2.37, 2008.
- Cartwright, N., *How the Law of Physics Lie*, Oxford, Clarendon Press, 1983.
- Castillejo, D., *The Expanding Force in Newton's Cosmos*, Madrid, Ediciones de Arte y Bibliofilia, 1981.
- Chaisson, E. J., *Cosmic Evolution: The Rise of Complexity in Nature*, Harvard University Press, Cambridge, MA, 2001.
- Changeux, J.-P., *L'Homme neuronal*, Paris, Fayard, 1983.
- Chomsky, N., *Réflexions sur le langage*, Paris, Flammarion, coll. «Champs Essais», 2011.
- Cipolla-Neto, J., Horn, G. et McCabe, B. J., «Hemispheric asymmetry and imprinting: the effect of sequential lesions to the Hyperstriatum ventrale», *Experimental Brain Research* 48: 22-27, 1982.
- Cohn, N., *Les Fanatiques de l'Apocalypse*, Paris, Payot, «Bibliothèque historique», 1983.
- Cole, F. J., *Early Theories of Sexual Generation*, Oxford, Clarendon Press, 1930.
- Coleman, W., *Biology in the Nineteenth Century*, Cambridge, Cambridge University Press, 1977.
- Conway Morris, S., *Life's Solution*, Cambridge, Cambridge University Press, 2003.
- Cosmides, L. et Tooby, J., *Evolutionary Psychology: A Primer*, Santa Barbara, CA: Center for Evolutionary Psychology, 2005.
- Couzin, I. D., Krause, J., Franks, N. R. et Levin, S. A., «Effective leadership and decision-making in animal groups on the move», *Nature* 433: 513-516, 2005.
- Couzin, I. D., «Collective minds», *Nature* 445: 715, 2007.

## LA MÉMOIRE DE L'UNIVERS

- Creighton, T. E., «Experimental studies of protein folding and unfolding», *Progress in Biophysics and Molecular Biology* 33: 231-297, 1978.
- , *Proteins*, San Francisco, Freeman, 1983.
- Crew, F. A. E., «A repetition of McDougall's Lamarckian experiment», *Journal of Genetics* 33: 61-101, 1936.
- Crick, F. H. C., *Of Molecules and Men*, Seattle, University of Washington Press, 1966.
- , «Thinking about the brain», *Scientific American* 241(3): 181-188, 1979.
- , «Memory and molecular turnover», *Nature* 312: 101, 1984.
- Danckwerts, P. V., «Letter», *New Scientist* 96 (11 novembre 1982): 380-381.
- Darwin, C., *L'Origine des espèces*, Paris, Maspero, 1876.
- , «Inherited instinct», *Nature* 7: 281, 1873.
- , *De la variation des animaux et des plantes sous l'action de la domestication*, Paris, C. Reinwald et Cie, 1868.
- , *La Descendance de l'homme et la sélection sexuelle*, Paris, C. Reinwald et Cie, 1891.
- Davies, P. C. W., *The Forces of Nature*, Cambridge, Cambridge University Press, 1979.
- , *Superforce*, Londres, Heinemann, 1984.
- , *The Goldilocks Enigma: Why Is The Universe Just Right for Life?*, Londres, Allen Lane, 2006.
- Davis et Hersh, *L'Univers mathématique*, Paris, Dunod, 1986.
- Dawkins, R., *Le Gène égoïste*, Paris, Mengès, 1978.
- , *The Extended Phenotype*, Oxford, Oxford University Press, 1982.
- , «What was all the fuss about?», *Nature* 316: 683-684, 1985.
- , *L'Horloger aveugle*, Paris, Robert Laffont, 1988.
- , *The God Delusion*, Londres, Bantam, 2006.
- , *Pour en finir avec Dieu*, Paris, Tempus Perrin, 2018.
- de Green, K. B., «Force fields and emergent phenomena in sociotechnical macrosystems: theories and models», *Behavioral Science* 23: 1-14, 1978.
- Dembski, W., *The Design Inference*, Cambridge, Cambridge University Press, 2006.
- D'Espagnat, B., *The Conceptual Foundations of Quantum Mechanics*, Reading, Mass., Benjamin, 1976.
- de Vries, H., *Species and Varieties: Their Origin by Mutation*, Londres, Kegan Paul, 1906.
- Diamond, J. M., «Rapid evolution of urban birds», *Nature* 324: 107-108, 1986.
- Dienes, Z., *Understanding Psychology as a Science An Introduction to Scientific and Statistical Inference*, Red Globe Press, 2008.
- Dijksterhuis, E. J., *The Mechanization of the World Picture*, Oxford, Oxford University Press, 1961.



## RÉFÉRENCES

- Dilger, W. C., «The behavior of lovebirds», *Scientific American* 206 (1): 88-98, 1962.
- Dobbs, B. J. T., *The Foundations of Newton's Alchemy*, Cambridge, Cambridge University Press, 1975.
- Drew, G. C., «McDougall's experiments with the inheritance of acquired habits», *Nature* 143: 188-191, 1939.
- Driesch, H., *Science and Philosophy of the Organism*, Londres, Black, 1908.
- , *The History and Theory of Vitalism*, Londres, Macmillan, 1914.
- Duerden, J. E., «Inheritance of callosities in the ostrich», *American Naturalist* 54: 289, 1920.
- Duncan, R. et Weston-Smith, M., *Encyclopedia of Ignorance*, Oxford, Pergamon Press, 1977.
- Dunitz, J. D. et Scheraga, H. A., «Exercises in prognostication: Crystal structures and protein folding», *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 101: 14309-14311, 2004.
- Durand, G., «La beauté comme présence paraclétique: essai sur la résurgence d'un bassin sémantique», *Eranos Yearbook* 53: 127-173, 1984.
- Dürr, H.-P., «Sheldrakes Vorstellungen aus dem Blickwinkel der moderne Physik», dans Dürr, H.-P. et Gottwald, F.-T. (éd.), *Rupert Sheldrake in der Diskussion*, Scherz Verlag, Berne, 1997.
- Dürr, H.-P., «Sheldrakes's ideas from the perspective of modern physics», *Frontier Perspectives* 12 (1): 10-22, 2003.
- Eccles, J. C., *The Neurophysiological Basis of Mind*, Oxford, Oxford University Press, 1953.
- Ehrenreich, B., *Blood Rites: Origins and History of the Passions of War*, New York, Metropolitan Books, 1997.
- Eigen, M. et Winkler, R., *Laws of the Game*, Londres, Allen Lane, 1982.
- Eimas, P. D., «The perception of speech in early infancy», *Scientific American* 252 (1): 34-40, 1985.
- Einstein, A., *Comment je vois le monde*, Paris, Flammarion, 1979.
- Eliade, M., *Le Mythe de l'éternel retour*, Paris, Gallimard, 1949.
- , *Mythes, rêves et mystères*, Paris, Gallimard, 1957.
- Ertel, S., «Morphische Resonanz auf dem Prüfstand des Experimentes», dans Dürr, H.-P. et Gottwald, F.-T. (éd.), *Rupert Sheldrake in der Diskussion*, Scherz Verlag, Berne, 1997.
- Fabian, A. C., Johnstone, R. M., Sanders, J. S., Conselice, C. J., Crawford, C. S., Gallagher, J. S. et Zweibel, E., «Magnetic support of the optical emission line filaments in NGC 1275», *Nature* 454: 968-970, 2008.
- Fara, P., *Science: A Four Thousand Year History*, Oxford, Oxford University Press, 2009.
- Fawcett, E. D., *The World as Imagination*, Londres, Macmillan, 1916.

- Feldman, S., «Phantom limbs», *American Journal of Psychology* 53: 590-592, 1940.
- Feynman, R., *La Nature des lois physiques*, Paris, Robert Laffont, 1970.
- Fisher, J., et Hinde, R. A., «The opening of milk bottles by birds», *British Birds* 42: 347-357, 1949.
- Flynn, J. R., «Now the great augmentation of the American IQ», *Nature* 301: 655, 1983.
- , «The mean IQ of Americans: massive gains 1932 to 1978», *Psychological Bulletin* 95: 29-51, 1984.
- , «Massive IQ gains in 14 nations: what IQ tests really measure», *Psychological Bulletin* 101: 171-191, 1987.
- , *What is Intelligence? Beyond the Flynn Effect*, Cambridge, Cambridge University Press, 2007.
- Fox, J. L., «The brain's dynamic way of keeping in touch», *Science* 225: 820-821, 1984.
- Franke, H. W., *Sinnbild der Chemie*, Bâle, Basilius Press, 1966.
- Frazer, J. G., *The Golden Bough: The Magic Art and the Evolution of Kings*, Londres, Macmillan, 1911.
- Freeman, W. J., *How Brains Make Up Their Minds*, Columbia University Press, 2001.
- Freud, S., *Totem et Tabou*, Paris, Payot, 2001.
- Gablik, S., *Progress in Art*, New York, Rizzoli, 1977.
- Galton, F., «The history of twins as a criterion of the relative powers of nature and nurture», *Fraser's Magazine*, 12, 566-576, 1875.
- , F., «Hereditary Genius: An Inquiry into its Laws and Consequences», Londres, Macmillan, 1869.
- Gardner, H., *The Shattered Mind*, New York, Vintage Books, 1974.
- Gerhardt, J. C. et al., «The cellular basis of morphogenetic change», dans *Evolution and Development*, Dahlem Conférences, éd. J. T. Bonner, Berlin, Springer Verlag, 1982.
- Gibson, J. J., *The Ecological Approach to Visual Perception*, Boston, Houghton Mifflin, 1979.
- Gierer, A., «Generation of biological patterns and form», *Progress in Biophysics and Molecular Biology* 37: 1-47, 1981.
- Gillespie, C. C., *The Edge of Objectivity*, Princeton, Princeton University Press, 1960.
- Gillespie, N. C., *Charles Darwin and the Problem of Creation*, Chicago, University of Chicago Press, 1979.
- Gilson, E., *D'Aristote à Darwin... et retour*, Paris, Éditions Vrin, 1971.
- Goldschmidt, R., *The Material Basis of Evolution*, New Haven, Yale University Press, 1940.

## RÉFÉRENCES

- Goodwin, B. C., «Pattern formation and regeneration in the protozoa», *Society for General Microbiology Symposium* 30: 377-404, 1980.
- , «Development and evolution», *Journal of Theoretical Biology* 97: 43-55, 1982.
- , et M. H. Cohen, «A phase-shift model for the spatial and temporal organization of developing systems», *Journal of Theoretical Biology* 25: 49-107, 1969.
- Gordon, D. M., *Ants At Work: How An Insect Society Is Organized*, New York, The Free Press, 1999.
- Gorman, P., *Pythagoras: A Life*, Londres, Routledge and Kegan Paul, 1979.
- Gould, S. J., *Ontogeny and Phylogeny*, Cambridge, Mass., Harvard University Press, 1977.
- , *Le Pouce du panda*. Paris, Grasset, 1982.
- , *Hen's Teeth and Horse's Toes*, New York, Norton, 1983.
- , et N. Eldredge, «Punctuated equilibria: the tempo and mode of evolution reconsidered», *Paleobiology* 3: 115-151, 1977.
- Govinda, L. A., *Les Fondements de la mystique tibétaine*, Paris, Albin Michel, 1960.
- Gray, J., *Consciousness: Creeping Up on the Hard Problem*, Oxford, Oxford University Press, 2004.
- Gray, J., *Black Mass: Apocalyptic Religion and the Death of Utopia*, Londres, Allan Lane, 2007.
- Green, M. B., «Unifications of forces and particles in superstring theories», *Nature* 314: 409-414, 1985.
- Greene, B., *L'Univers élégant*, Paris, Gallimard, coll. «Folio Essais», 2000.
- Griffin, D. R., «Review of *A New Science of life*», *Process Studies* 12: 34-40, 1982.
- , *Animal Thinking*, Cambridge, Mass., Harvard University Press, 1984.
- Griffin, S., *La Femme et la Nature*, Paris, Éditions Le Pommier, 2021.
- Griffiths, B., *The Marriage of East and West*, Londres, Collins, 1982.
- Gurwitsch, A., «Über den Begriff des embryonalen Feldes», *Archiv für Entwicklungsmechanik* 51: 383-415, 1922.
- Guth, A. H. et Steinhardt, P. J., «The inflationary universe», *Scientific American* 250(5): 90-102, 1984.
- Haeckel, E., *The History of Creation*. Londres, Kegan Paul, 1892.
- , *The Evolution of Man*, Londres, Watts, 1910.
- Hall, B. K., «Developmental mechanisms underlying the formation of atavisms», *Biological Reviews*, 59: 89-124, 1984.
- Hallam, A., «The causes of mass extinctions», *Nature* 308: 686, 1984.
- Halstead, B., «Antidarwinian theory in Japan», *Nature* 317: 587-589, 1985.
- Haraway, D. J., *Cristals, Fabrics and Fields: Metaphors of Organicism in Twentieth Century Developmental Biology*, New Haven, Yale University Press, 1976.

- Hardy, A., *The Living Stream*, Londres, Collins, 1965.
- Hawking, S., *Is the End in Sight for Theoretical Physics?*, Cambridge, Cambridge University Press, 1981.
- , *Une brève histoire du temps*, Paris, Flammarion, 1989.
- Helgaker, T., Ruden, T. A., Jorgensen, P., Olsen, J. et Kloppe, W., «A priori calculation of molecular properties to chemical accuracy», *Journal of Physical Organic Chemistry* 17: 913-933, 2004.
- Hesse, M., *Forces and Fields*, Londres, Nelson, 1961.
- Hinde, R. A., *Ethology*, Londres, Fontana, 1982.
- , et J. Fisher, «Further observations on the opening of milk bottles by birds», *British Birds* 44: 393-396, 1951.
- Hirsch, R. S., «Effect of standard versus alphabetical keyboard formats on typing performance», *Journal of Applied Psychology* 54: 484-490, 1970.
- Ho, M.-W. et Saunders, P. T., *Beyond Neo-Darwinism*, Londres, Academic Press, éd. 1984.
- Ho, M.-W., Tucker, C., Keeley, D. et Saunders, P. T., «Effets of successive generations of ether treatment on penetrance and expression of the bithorax phenocopy in *Drosophila melanogaster*», *Journal of Experimental Zoology* 225: 357-368, 1983.
- Hofstadter, D., *Gödel, Escher, Bach: les brins d'une guirlande éternelle*, Paris, Dunod, 1985.
- Hogan, C., «Galaxy superclusters and cosmic strings», *Nature* 320: 572, 1986.
- Holder, N., «Regeneration and compensatory growth», *British Medical Bulletin* 37: 227-232, 1981.
- Holldobler, B. et Wilson, E. O., *The Superorganism: The Beauty, Elegance and Strangeness of Insect Societies*, New York, Norton, 2009.
- Hopfield, J. J. et Tank, D. W., «Computing with neural circuits: a model», *Science* 233: 625-633, 1986.
- Horgan, J., «The End of Science: Facing the Limits of Knowledge in the Twilight of the Scientific Age», Londres, Little, Brown and Co, 1997.
- Horn, G., *Memory, Imprinting and the Brain: An Inquiry into Mechanisms*, Oxford, Clarendon Press, 1986.
- Hudson, P. S. et Richens, R. H., *The New Genetics in the Soviet Union*, Cambridge, Imperial Bureau of Plant Breeding and Genetics, 1946.
- Hunter, I. M. L., *Memory*, Harmondsworth, Penguin, 1964.
- Huxley, F., «Charles Darwin: life and habit», *The American Scholar* (automne/hiver 1959): 1-19.
- Hyatt, A., «Phylogeny of an acquirend characteristic», *Proceedings of the American Philosophical Society* 32: 349-647, 1893.

## RÉFÉRENCES

- Iacono, W. G. et McGue, M., «Minnesota Twin Family Study», *Twin Studies* 5: 482-487, 2002.
- Inge, W. R., *The Philosophy of Plotinus*, Londres, Longmans, Green and Co, 1929.
- Jaki, S. L., *The Road of Science and the Ways to God*, Édimbourg, Scottish Academic Press, 1978.
- Janin, J. et Wodak, S. J., «Structural domains in proteins and their role in protein folding», *Progress in Biophysics and Molecular Biology* 42: 21-78, 1983.
- Jantsch, E., *The Self-Organizing Universe*, Oxford, Pergamon, 1980.
- Jantz, R. L., «On the levels of dermatoglyphic variation», *Birth Defects: Original Article Series* 15: 53-61, 1979.
- Jennings, H. S., *Behavior of the Lower Organisms*, New York, Columbia University Press, 1906.
- Jensen, A. R., *Bias in Mental Testing*, Londres, Methuen, 1980.
- John, E. R., «Multipotentiality: a theory of recovery of function after brain injury», *Neurophysiology After Lashley*, éd. J. Orbach, Hillsdale, N. J., Lawrence Erlbaum, 1982.
- Johnson-Laird, P. N., «Modularity of brain and mind», *Nature* 318: 115-116, 1985.
- Jones, G., *Social Darwinism and English Thought*, Brighton, Harvester Press, 1980.
- Jones, S., «One gene will not reveal all life's secrets», *Daily Telegraph*, 20 avril 2009.
- Joravsky, D., *The Lysenko Affair*, Cambridge, Mass., Harvard University Press, 1970.
- Jung, C. G., *Two Essays on Analytical Psychology*, Londres, Routledge and Kegan Paul, 1953.
- , *The Archetypes and the Collective Unconscious*, Londres, Routledge and Kegan Paul, 1959.
- Kahn, F., *The Secret of Life: The Human Machine and How It Works*, Londres, Odhams, 1949.
- Kammerer, P., *The Inheritance of Acquired Characteristics*, New York, Boni and Liveright, 1924.
- Kandel, E. R., «The molecular biology of memory storage: a dialogue between genes and synapses in Jornvall», H. (éd.), *Nobel Lectures, Physiology or Medicine 1995-2000*, World Scientific, 2003.
- Kandel, E. R., «Nerve cells and behavior», repris dans *Progress in Psychobiology*, éd. R. F. Thompson, 1976. San Francisco, Freeman, 1970.
- , «Small systems of neurons», *Scientific American* 241 (3): 61-71, 1979.
- Kidd, B., «Sociology» dans *Encyclopedia Britannica*, 11<sup>e</sup> éd., Cambridge, Cambridge University Press, 1911.

- King, M. C. et Wilson, A. C., «Evolution at two levels in humans and chimpanzees», *Science* 188: 107-116, 1975.
- Koestler, A., *Le Cheval dans la locomotive*, Paris, Les Belles Lettres, 2013.
- , *Le Cri d'Archimède*, Paris, Les Belles Lettres, 2011.
- , *L'Étreinte du crapaud*, Paris, Les Belles Lettres, 2018.
- , *Janus: Esquisse d'un système*, Paris, Calmann-Levy, 1979.
- , et Smythies, J. R., éd. 1969, *Beyond Reductionism*, Londres, Hutchinson.
- Koffka, K., *Principles of Gestalt Psychology*, Londres, Routledge and Kegan Paul, 1935.
- Kolata, G., «New neurons form in adulthood», *Science* 224: 1325-1326, 1984.
- Kruk, Z. L. et Pyrock, C. J., *Neurotransmitters and Drugs*, Londres, Croom Helm, 1983.
- Kuhn, T. S., *La Structure des révolutions scientifiques*, Paris, Flammarion, 1983.
- La Fontaine, J. S., *Initiation*, Harmondworth, Penguin, 1985.
- Lamarck, J. B., *Philosophie zoologique*, Paris, Schleicher frères, 1907.
- Lang, P. H., *Music in Western Civilization*, Londres, Dent, 1942.
- Lashley, K. S., *Brain Mechanisms and Intelligence*, Chicago, Chicago University Press, 1929.
- , «In search of the engram», *Symposium of the Society for Experimental Biology* 4: 454-483, 1950.
- László, E., *Evolution: The Grand Synthesis*, Boston, Shambala, 1987.
- , *Science and the Akashic Field*, Rochester, VT, Inner traditions, 2007.
- Lawrence, P. A. et Morata, G., «The elements of the bithorax complex», *Cells* 35: 595-601, 1983.
- Leach, E., *Lévi-Strauss*, Londres, Fontana, 1970.
- Leclerc, I., *The Nature of Physical Existence*, Londres, Allen and Unwin, 1972.
- Lefebvre, L., «The opening of milk bottles by birds: evidence for accelerating learning rates, but against the wave-of-advance model of cultural transmission», *Behavioural Processes* 34: 43-54, 1995.
- Lehar, S., «Gestalt isomorphism and the quantification of spatial perception», *Gestalt Theory* 21: 122-139, 1999.
- , «Gestalt isomorphism and the primacy of subjective conscious experience», *Behavioral and Brain Sciences* 26: 375-444, 2004.
- Levins, R. et Lewontin, R., *The Dialectic Biologist*, Cambridge, Mass., Harvard University Press, 1985.
- Lévi-Strauss, C., *La Pensée sauvage*, Paris, Plon, 1962.
- , *Anthropologie structurale*, Paris, Plon, 1958.
- Lewin, R., «Why is development so illogical?», *Science* 224: 1327-1329, 1984.

## RÉFÉRENCES

- Lewis, E. B., «A gene complex controlling segmentation in *Drosophila*», *Nature* 276: 565-570, 1978.
- Lewis, K. R. et John, B., *The Matter of Mendelian Heredity*, Londres, Longman, 1972.
- Lorayne, H., *How to Develop a Super-Power Memory*, Preston, Thomas, 1950.
- Lorenz, K., «The evolution of behaviour», *Scientific American* 199: 67-78, 1958.
- Lovejoy, A. O., *The Great Chain of Being*, Cambridge, Mass., Harvard University Press, 1936.
- Lukes, S., *Émile Durkheim: His Life and Work*, Harmondsworth, Penguin, 1975.
- Luria, A. R., *The Mind of a Mnemonist*, Londres, Cape, 1968.
- , «The functional organization of the brain», *Scientific American* 222 (3): 66-78, 1970.
- , *The Working Brain*, Harmondsworth, Penguin, 1973.
- Lynn, R., «IQ in Japan and the United States shows a growing disparity», *Nature* 297: 222-223, 1982.
- Lyons, J., *Chomsky*, Londres, Fontana, 1970.
- Mabee, C., *The American Leonardo: A life of Samuel F. B. Morse*, New York, Knopf, 1943.
- Mackie, G. O., «Analysis of locomotion in a siphophore colony», *Proceedings of the Royal Society B* 159: 366-391, 1964.
- Maddox, J., «Extinctions by catastrophe?», *Nature* 308: 685, 1984a.
- , «Nuclear winter and carbon dioxide», *Nature* 312: 593, 1984b.
- , «No pattern yet for snowflakes», *Nature* 313: 93, 1985a.
- , «Periodic extinctions undermined», *Nature* 315: 62, 1985b.
- , «Making molecules into atoms», *Nature* 323: 391, 1986.
- Maguire, E. A., Gadian, D. G., Johnsrude, I. S., Good, C. D., Ashburner, J., Frackowiak, R. S. J. et Frith, C. D., «Navigation-related structural change in the hippocampi of taxi drivers», *Proceedings of the National Academy of Sciences* 97: 4398-4403, 2000.
- Maher, B., «The case of the missing heritability», *Nature* 456: 18-21, 2008.
- Mahlberg, A., «Evidence of collective memory: a test of Sheldrake's theory», *Journal of Analytical Psychology* 32: 23-34, 1987.
- Malcolm, N., *Memory and Mind*, Ithaca, Cornell University Press, 1977.
- Manning, A., «Behaviour genetics and the study of behavioural evolution», dans *Function and Evolution in Behaviour*, éd. G. P. Baerends, C. Beer, et A. Manning, Oxford, Oxford University Press, 1975.
- , *An Introduction to Animal Behaviour*, 3<sup>e</sup> éd., Londres, Arnold, 1979.
- Marais, E. N., *The Soul of the White Ant*, Harmondsworth, Penguin, 1973.

- Margulis, L. et Sagan, D., *Microcosmos*, New York, Summit Books, 1986.
- Marr, D., *Vision: A Computational Investigation into the Human Representation and Processing of Visual Information*, New York, W. H. Freeman, 1982.
- Marsh, O. C., «Recent polydactyle horses», *American Journal of Science* 43: 339-355, 1892.
- Masterman, M., «The nature of a paradigm», dans *Criticism and the Growth of Knowledge*, éd. I. Lakatos et A. Musgrave, Cambridge, Cambridge University Press, 1970.
- Mayr, E., *The Growth of Biological Thought*, Cambridge, Mass., Harvard University Press, 1982.
- McDougall, W., *The Group Mind*, Cambridge, Cambridge University Press, 1920.
- , «Fourth report on a Lamarckian experiment», *British Journal of Psychology* 28: 321-345, 1938.
- McFarland, D., «Cultural Behaviour», dans *The Oxford Companion to Animal Behaviour*, éd. D. McFarland, Oxford, Oxford University Press, 1981.
- McGinnis, W., Garber, R. L., Wirz, J. et al., «A homologous protein coding sequence in *Drosophila* homeotic genes and its conservation in other metazoans», *Cells* 37: 403-408, 1984.
- McLachlan, D., «The symmetry of dendritic snow crystals», *Proceedings of the National Academy of Sciences* 43: 143-151, 1957.
- Medvedev, Z. A., *Grandeur et chute de Lyssenko*, Paris, Gallimard, 1971.
- Meinhardt, H., *Models of Biological Pattern Formation*, Londres, Academic Press, 1982.
- Melzack, R., «Phantom limbs, the self and the brain», *Canadian Psychology* 30: 1-16, 1989.
- , «Phantom limbs», *Scientific American*, avril 1992: 120-126.
- , et Bromage, P. R., «Experimental phantom limbs», *Experimental Neurology* 39: 261-269, 1973.
- Merchant, C., *The Death of Nature*, Londres, Wildwood House, 1982.
- Michaels, S. E., «QWERTY versus alphabetic keyboards as a function of typing skill», *Human Factors* 13: 419-426, 1971.
- Mitchell, S.W., *Injuries of Nerves and their Consequences*, Philadelphia, Lippincott, 1872.
- Mithen, S., *The Prehistory of the Mind: A Search for the Origins of Art, Religion and Science*, Londres, Thames and Hudson, 1996.
- Miller, J. G., *Living Systems*, New York, McGraw-Hill, 1978.
- Mivart, St. G. J., *Genesis of Species*, Londres, Macmillan, 1871.
- Monod, J., *Le Hasard et la nécessité*, Paris, Le Seuil, 1970.



## RÉFÉRENCES

- Moody, R. A., *La Vie après la vie*, Paris, J'ai lu, 2003.
- Moore, J. A., *Reading in Heredity and Development*, Oxford, Oxford University Press, éd. 1972.
- Morgan, T. H., *Regeneration*, New York, Macmillan, 1901.
- Munn, N. L., *Handbook of Psychological Research on the Rat*, Boston, Houghton Mifflin, 1950.
- Murphy, G. et Ballou, R. O., *William James on Physical Research*, Londres, Chatto and Windus, éd. 1961.
- Murphy, M. et White, R. A., *The Psychic Side of Sports*, Reading, Mass., Addison-Wesley, 1978.
- Murrell, J. N., Kettle, S. F. A. et Tedder, J. M., *The Chemical Bond*, Chichester, Wiley, 1978.
- National Institutes of Health, *The Structure of Life*, Washington, DC, NIH Publication n° 01-2778, 2000.
- «Nature survey of the neurosciences», *Nature* 293: 515-534, 1981.
- Needham, J., *Biochemistry and Morphogenesis*, Cambridge, Cambridge University Press, 1942.
- , *A History of Embryology*, Cambridge, Cambridge University Press, 1959.
- Neisser, U., *Memory Observed: Remembering in Natural Contexts*, San Francisco, Freeman, éd. 1982.
- Nersessian, N. J., «Aether/or: the creation of scientific concepts», *Studies in the History and Philosophy of Science* 15: 175-212, 1984.
- Newton, I., *Principia mathematica*, Paris, Christian Bourgois, 1985.
- Nicolson, R. I. et Gardner, P. H., «The QWERTY keyboard hampers schoolchildren», *British Journal of Psychology*, 1985.
- Nietzsche, F. W., «Eternal recurrence: the doctrine expounded and substantiated», dans *The Complete Works of Friedrich Nietzsche*, vol. 16, éd. O Levy, Édimbourg, Foulis, 1911.
- Nisbet, R., *History of the Idea of Progress*, New York, Basic Books, 1980.
- Niwa, H.-S., «Self-organizing dynamic model of fish schooling», *Journal of Theoretical Biology* 171, 123-136, 1994.
- Noë, A., «Is the visual world a grand illusion?», *Journal of Consciousness Studies* 9, 1-12, 2002.
- Nollman, J., *Dolphin Dreamtime*, Londres, Blond, 1985.
- Nordenskiöld, E., *The History of Biology*, New York, Tudor, 1928.
- Norman, D. A. et Fisher, D., «Why alphabetic keyboards are not easy to use», *Human Factor* 24: 509-519, 1982.
- North, G., «Descartes and the fruit fly», *Nature* 322: 404-405, 1986.
- Novak, M., *The Joy of Sports*, New York, Basic Books, 1976.

- Olsen, M. V. et Varki, A., «The chimpanzee genome – a bittersweet celebration», *Science* 305: 191-192, 2004.
- O'Regan, J. K., «Solving the “real” mysteries of visual perception: The world as an outside memory», *Canadian Journal of Psychology* 46: 461-488, 1992.
- Oyama, S., *The Ontogeny of Information*, Cambridge, Cambridge University Press, 1985.
- Pagels, H. R., *The Cosmic Code*, Londres, Joseph, 1983.
- , *Perfect Symetry*, Londres, Joseph, 1985.
- Palmer, J., «A community mail survey of psychic experiences», *Journal of the American Society for Psychical Research* 73: 221-251, 1979.
- Parnia, S., «Near death experiences in cardiac arrest and the mystery of consciousness», *The Scientific and Medical Network Review*, août 2001, p. 6-9.
- Parrish, J. K. et Hamner, W. M. (éd.), *Animal Groups in Three Dimensions*, Cambridge, Cambridge University Press 1997.
- Parsons, P. A., «*The Genetic Analysis of Behaviour*», Londres, Methuen, 1967.
- Partridge, B., «Schooling», dans *The Oxford Companion to Animal Behaviour*, éd. D. McFarland, Oxford, Oxford University Press, 1981.
- Pavlov, I. P., «New researches on conditioned reflexes», *Science* 58: 359-361, 1923.
- Pecher, C., «La fluctuation d'excitabilité de la fibre nerveuse», *Archives internationales de physiologie* 49: 129-152, 1939.
- Penfield, W., *The Mystery of the Mind*, Princeton, Princeton University Press, 1975.
- , et Roberts, L., *Speech and Brain Mechanisms*, Princeton, Princeton University Press, 1959.
- Philip, J. A., *Pythagoras and Early Pythagoreanism*, Toronto, University of Toronto Press, 1966.
- Phillips, H., «Mind phantoms», *New Scientist* 11: 8 juillet 2000.
- Piaget, J., *Le Structuralisme*, Paris, PUF, coll. «Quadrige», 2007.
- , *La Représentation du monde chez l'enfant*, Paris, PUF, coll. «Quadrige», 2003.
- Pinker, S., *L'Instinct du langage*, Paris, éd. Odile Jacob, 1999.
- Plotin, *Ennéades*, Paris, Hachette, 1859.
- Poeck, K. et Orgass, B., «The concept of the body schema: a critical review and some experimental results», *Cortex* 7: 254-277, 1971.
- Poggio, T., Torre, V. et Koch, C., «Computational vision and regularization theory», *Nature* 317: 313-319, 1985.

## RÉFÉRENCES

- Popper, K. R., *La Théorie quantique et le schisme en physique*, Paris, éd. Hermann, 1996.
- , «Le réalisme et la science», post-scriptum à *La Logique de la découverte scientifique* tome 1, Paris, éd. Hermann, 1990.
- , et Eccles, J. C., *The Self and its Brain*, Berlin, Springer International, 1977.
- Potters, V. G., *C. S. Peirce on Norms and Ideals*, Worcester, University of Massachusetts Press, 1967.
- Potts, W. K., «The chorus line hypothesis of manœuvre coordination in avian flocks», *Nature* 309: 344-345, 1984.
- Press, W. H., «A place for teleology?», *Nature* 320: 315, 1986.
- Pribram, K. H., *Languages of the Brain*, Englewood Cliffs, Prentice Hall, 1971.
- Prigogine, I., *From Being to Becoming*, San Francisco, Freeman, 1980.
- , et Stengers, I., *Order Out of Chaos*, Londres, Heinemann, 1984.
- Radin, D., *Entangled Minds*, New York, Paraview, 2006.
- Ramachandran, V. S. et Blakeslee, S., *Phantoms in the Brain*, Londres, Fourth Estate, 1998.
- Rapp, P. E., «An atlas of cellular oscillations» *Journal of Experimental Biology* 81: 281-306, 1979.
- , «Why are so many biological systems periodic?», *Progress in Neurobiology* (à paraître), 1987.
- Razran, G., «Pavlov and Lamarck», *Science* 128: 758-760, 1958.
- Rees, M., *Before the Beginning: Our Universe and Others*, Londres, Simon and Schuster, 1997.
- Rensch, B., *Evolution Above the Species Level*, Londres, Methuen, 1959.
- Richardson, J. S., «The anatomy and taxonomy of protein structure», *Advances in Protein Chemistry* 34: 167-339, 1981.
- Ridley, M., *Francis Crick: Discoverer of the Genetic Code*, Londres, Harper Press, 2006.
- Riedl, R., *Order in Living Organisms*, Chichester, Wiley, 1978.
- Rignano, E., *Inheritance of acquired characters*, Chicago, Open Court, 1911.
- , *Biological Memory*, New York, Harcourt, Brace and Co, 1926.
- Ringwood, A. E., «Terrestrial origin of the moon», *Nature* 322: 323-328, 1986.
- Robbins, K. et Roe, C. A., «An empirical test of the theory of morphic resonance using recognition for Chinese symbols», *Proceedings of Presented Papers: The Parapsychological Association 51<sup>st</sup> Annual Convention & The Incorporated Society for Psychical Research 32<sup>nd</sup> Annual Convention*, 176-186, 2008.
- Rose, S. P. R., *The Conscious Brain*, Harmondsworth, Penguin, 1976.

—, «What should a biochemistry of learning and memory be about?», *Neuroscience* 6: 811-821, 1981.

—, «Strategies in studying the cell biology of learning and memory», dans *Neuropsychology of Memory*, éd. L. R. Squire et N. Butters, New York, Guilford Press, 1984.

—, «Memories and molecules», *New Scientist* 112: 40-44, 27 novembre 1986.

—, «So-called “formative causation”: a hypothesis disconfirmed», *Biology Forum* 85, 444-453, 1992.

—, et Csillag, A., «Passive avoidance training results in lasting changes in deoxyglucose metabolism in left hemisphere regions of chick brain», *Behavioural and Neural Biology* 44: 315-324, 1985.

—, et Harding, S., «Training increases <sup>3</sup>H fucose incorporation in chick brain only if followed by memory storage», *Neuroscience* 12: 663-667, 1984.

—, Kamin, L. J., Lewontin, R., *Not in Our Genes*, Harmondsworth, Pelican, 1984.

Rosenfield, I., «Neural Darwinism: a new approach to memory and perception», *New York Review of Books* 21-27, 9 octobre 1986.

Rosenthal, R., *Experimenter Effects in Behavioral Research*, New York, Irving, 1976.

Rosenzweig, M. R. Bennett, E. L. et Diamond, M. C., «Brain changes in response to experience», 1972, repris dans *Progress in Psychobiology*, éd. R. F. Thompson (1976), San Francisco, Freeman.

Rothenbuhler, W. C., «Behavior genetics of nest cleaning in honeybees», *American Zoologist* 4: 111-123, 1964.

Russell, E. S., *Form and Function*, Londres, Murray, 1916.

Russell, J., *Explaining Mental life*, Londres, Macmillan, 1984.

Russel, J. L., «Time in Christian Thought», dans *The Voices of Time*, éd. J. T. Fraser, Londres, Allen Lane, 1968.

Sacks, O., *L'Homme qui prenait sa femme pour un chapeau*, Paris, Le Seuil, coll. «Points Essais», 1992.

Salthouse, I., «The skill of typing», *Scientific American* 250 (2): 94-99, 1984.

Sanchez-Herrero, E., Vernos, I., Mareo, R. et Morata, G., «Genetic organization of the *Drosophila bithorax* complex», *Nature* 313: 108-113, 1985.

Schnabel, U., «Ein Portwein auf die Gene», *Die Zeit*, 9 juillet 2009.

Schorn, R., Tappeiner, G. et Walde, J., «Analysing “spooky” action at a distance with concerning brand logos», *Innovative Marketing* 1: 45-60, 2006.

Schrack, R. A., «Electrical aspects of the snowflake crystal», *Nature* 314: 324, 1985.

Schwartz, G., «Morphische Resonanz und systemetisches Gedächtnis. Die Yale-Arizona Hebräisch-Studien», dans Dürr, H.-P. et Gottwald, F.-T. (éd.), *Rupert Sheldrake in der Diskussion*, Scherz Verlag, Berne, 1997.

## RÉFÉRENCES

- Scott, D., *The Electric Sky*, Portland, OR, Mikamar Publishing, 2006.
- Selous, E., *Thought Transference, or What? in Birds*, Londres, Constable, 1931.
- Semon, R., *Das Problem der Verebung Erworbener Eigenschaften*, Leipzig, Engelmann, 1912.
- , *The Mneme*, Londres, Allen and Unwin, 1921.
- Sheldrake, A. R., *Une nouvelle science de la vie*, Monaco, Éditions du Rocher, 1985.
- , «An experimental test of the hypothesis of formative causation», *Biology Forum* 85: 431-443, 1992a.
- , *Ces chiens qui attendent leur maître et autres pouvoirs inexpliqués des animaux*, Monaco, Éditions du Rocher, 2001.
- , «Rose refuted», *Biology Forum* 85: 455-460, 1992b.
- , *Sept expériences qui peuvent changer le monde*, Monaco, Éditions du Rocher, 2005.
- , *Les Pouvoirs inexpliqués des animaux*, Paris, J'ai lu, 2005.
- , *Seven Experiments That Could Change the World* (2<sup>e</sup> éd.), Rochester, VT, Park Street Press, 2002.
- , *Le Septième Sens : les pouvoirs de l'esprit étendu*, Monaco, Éditions du Rocher, 2004.
- , «The sense of being stared at: Part 1: Is it real or illusory?», *Journal of Consciousness Studies* 12: 10-31, 2005a.
- , «The sense of being stared at: Part 2: Its implications for theories of vision», *Journal of Consciousness Studies* 12: 32-49, 2005b.
- , *A New Science of Life, The Hypothesis of Formative Causation*, troisième édition, Londres, Icon Books, 2009.
- , et Bohm, D., «Morphogenetic fields and the implicate order», *ReVision* 5: 41-48, 1982.
- , et Fox, M., *Natural Grace : Dialogues on Science and Spirituality*, Londres, Bloomsbury, 1996.
- , McKenna, T. et Abraham, R., *The Evolutionary Mind*, Rhinebeck, NY, Monkfish Books, 2005.
- Sherry, D. F. et Galef, B. G., «Cultural transmission without imitation: milk bottle opening by birds», *Animal Behaviour* 32: 937-989, 1984.
- Singh, S., *Le roman du Big Bang*, Paris, Fayard, 2011.
- Slack, J. M. W., «We have a morphogen!», *Nature* 327: 553-540, 1987.
- Smith, A. P., «An investigation of the mechanisms underlying nest construction in the mud wasp *Paralastor* sp.», *Animal Behaviour* 26: 232-240, 1978.
- Smolin, L., *Rien ne va plus en physique!*, Paris, Éditions Dunod, 2007.
- Spemann, H. C., *Embryonic Development and Induction*, New Haven, Yale University Press, 1938.
- Squire, L. R., «Mechanisms of memory», *Science* 232: 1612-1619, 1986.

- Stanley, S. M., *Macroevolution*, San Francisco, Freeman, 1979.
- , *The New Evolutionary Timetable*, New York, Basic Books, 1981.
- Stevenson, I., *Telepathic Impressions*, Charlottesville, University of Virginia Press, 1970.
- , *Twenty Cases Suggestive of Reincarnation*, Charlottesville, University of Virginia Press, 1974.
- Strehlow, C., *Aranda Traditions*, Melbourne University Press, 1947.
- Struhl, G., «A homeotic mutation transforming leg to antenna in *Drosophila*», *Nature* 292: 635-638, 1981.
- Sutherland, S., «The vision of David Marr», *Nature* 298: 691-692, 1982.
- Taylor, G. R., *The Natural History of the Mind*, New York, Dutton, 1979.
- , *The Great Evolution Mystery*, Londres, Secker and Warburg, 1983.
- Teilhard de Chardin, P. T., *Le Phénomène humain*, Paris, Le Seuil, 1955.
- Teipel, J. W. et Koshland, D. E., «Kinetic aspects of conformational change in proteins I. Rate of regain of enzymeactivité from denatured proteins», *Biochemistry* 10: 792-798, 1971.
- Teuber, H., «Recovery of function after brain injury in man», dans *Outcome of Severe Damage to the CNS*, Ciba Foundation Symposia 34, Amsterdam, Elsevier, 1975.
- Thaller, C. et Eichele, G., «Identification and spatial distribution of retinoids in the developing chick limb bud», *Nature* 327: 625-628, 1987.
- Thom, R., *Stabilité structurelle et morphogénèse*, Reading, Mass., Benjamin, 1972.
- , *Mathematical Models of Morphogenesis*, Chichester, Horwood, 1983.
- Thompson, D. W., *On Growth and Form*, 2<sup>e</sup> éd., Cambridge, Cambridge University Press, 1942.
- Thompson, E., Palacios, A. et Varela, F. J., «Ways of coloring: Comparative color vision as a case study for cognitive science», *Behavioral and Brain Sciences* 15: 1-26, 1992.
- Thorpe, W. H., *Learning and Instinct in Animals*, Londres, Methuen, 1963.
- Tinbergen, N., *L'Étude de l'instinct*, Paris, Payot, 1953.
- Toner, J. et Tu, Y., «Flocks, herds and schools: A quantitative theory of flocking», *Physical Review E* 558: 4828-4858, 1998.
- Tooby, J. et Cosmides, L., «Conceptual foundations of evolutionary psychology», dans Buss, D. M. (éd.), *The Handbook of Evolutionary Psychology*, Hoboken, NJ, Wiley, 2005.
- Tryon, R. C., «The genetics of learning ability in rats», *University of California Publications in Psychology* 4: 71-89, 1929.
- Tuddenham, R. D., «Soldier intelligence in World War I and II», *American Psychologist* 3: 54-56, 1948.
- Turner, R. H., «Collective behaviour», dans *Encyclopaedia Britannica*, 15<sup>e</sup> éd., Chicago, 1985.

## RÉFÉRENCES

- Vainshtein, B. K. *et al.*, «Structure of leghaemoglobin from lupin root nodules», *Nature* 254: 163-164, 1975.
- van Spronsen, J. W., *The Periodic System of Chemical Elements*, Amsterdam, Elsevier, 1969.
- Varela, F. J., *Principles of Biological Autonomy*, New York, North Holland, 1979.
- Velmans, M., *Understanding Consciousness*, Londres, Routledge, 2000.
- Verveen, A. A. et de Felice, L. J., «Membrane noise», *Progress in Biophysics and Molecular Biology* 28: 189-265, 1974.
- von Bertalanffy, L., *General Systems Theory*, Londres, Allen Lane, 1971.
- von Franz, M. L., «The transformed beserk», *ReVision* 8 (1): 20, 1985.
- von Frisch, K., *Architecture animale*, Paris, Albin Michel, 1975.
- Waddington, C. H., «Selection of the genetic basis for an acquired character», *Nature* 169: 278-279, 1952.
- , «Experiments in acquired characteristics», *Scientific American* 189: 92-97, 1953.
- , «Genetic assimilation of the bithorax phenotype», *Evolution* 10: 1-13, 1956a.
- , *Principles of Embryology*, New York, Macmillan, 1956b.
- , *The Strategy of the Genes*, Londres, Allen and Unwin, 1957.
- , *The Evolution of an Evolutionist*, Édimbourg, Edinburgh University Press, 1975.
- , *Towards a Theoretical Biology. 4: Essays*, Édimbourg, Edinburgh University Press, éd. 1972.
- Walker, B. G., *The Woman's Encyclopedia of Myths and Secrets*, San Francisco, Harper and Row, 1983.
- Walker, S., *Animal Thought*, Londres, Routledge and Kegan Paul, 1983.
- Wallace, A. R., *The World of Life: A Manifestation of Creative Power, Directive Mind and Ultimate Purpose*, Londres, Chapman and Hall, 1911.
- Wallace, W., «Descartes», *Encyclopedia Britannica*, 11<sup>e</sup> éd., New York, 1910.
- Watson, P., «Twins: An Investigation into the strange Coincidences in the Lives of Separated Twins», Londres, Hutchinson, 1981.
- Weber, R., *Dialogues avec des scientifiques et des sages*, Monaco, Éditions du Rocher, 1988.
- Webster, G. et Goodwin, B. C., «The Origin of Species: a structuralist approach», *Journal of Social and Biological Structure* 5: 15-47, 1982.
- Weinberg, S., *Les Trois Premières Minutes de l'univers*, Paris, Le Seuil, coll. «Points Sciences», 1988.
- Weinstein, S. et Sarsen, E. A., «Phantoms in cases of congenital absence of limbs», *Neurology* 11: 905-911, 1961.
- Weisel, T. N., «Postnatal development of the visual cortex and the influence of environment», *Nature* 299: 583-591, 1982.

## LA MÉMOIRE DE L'UNIVERS

- Weismann, A., *The Germ-Plasm: A Theory of Heredity*, Londres, Scott, 1893.
- Weiss, P., *Principles of Development*, New York, Holt, 1939.
- Went, F. W., «Parallel evolution», *Taxon* 20: 197-226, 1971.
- Westfall, R. S., *Never at Rest: A Biography of Isaac Newton*, Cambridge: Cambridge University Press, 1980.
- Whitehead, A. N., *Science and the Modern World*, New York, Macmillan, 1925.
- Whyte, L. L., *Accent on Form*, Londres, Routledge and Kegan Paul, 1955.
- , *The Universe of Experience*, New York, Harper and Row, 1974.
- Wiener, N., *Cybernetics*, 2<sup>e</sup> éd., Cambridge, Mass., MIT Press, 1961.
- Wilber, K. éd., *The Holographic Paradigm and Other Paradoxes*, Boulder, Shambala, 1982.
- , *Quantum Question*, Boulder, Shambala, éd. 1984.
- Williams, R. J. P., «The conformational properties of proteins in solution», *Biological Reviews* 54: 389-437, 1979.
- Willis, J. C., *The Course of Evolution by Differentiation or Divergent Mutation*, Cambridge, Cambridge University Press, 1940.
- Wilson, E. O., *Insect Societies*, Cambridge, Mass., Harvard University Press, 1971.
- , *La Sociobiologie*, Monaco, Éditions du Rocher, 1987.
- , *Même pas fausse! La physique renvoyée... dans ses cordes*, Paris, Dunod, 2007.
- Wolf, F. A., *Star Wave*, New York, Macmillan, 1984.
- Wolman, B. B., *Handbook of Parapsychology*, New York, Van Nostrand Reinhold, éd. 1977.
- Wolpert, L., «Pattern formation in biological development», *Scientific American* 239: 154-164, 1978.
- , et Lewis, J., «Towards a theory of development», *Federation Proceedings* 34: 14-20, 1975.
- , et Sheldrake, R., «What can DNA tell us? Place your bets now», *New Scientist*, 8 juillet 2009.
- Wood, E. E., *Mind and Memory Training*, Londres, Theosophical Publishing House, 1936.
- Wright, L., *Twins: Genes, Environment and the Mystery of Identity*, Londres, Weidenfeld and Nicholson, 1997.
- Yates, F. A., *L'Art de la mémoire*, Paris, Gallimard, 1987.
- Young, J. P. W., «Pea leaf morphogenesis: a simple model», *Annals of Botany* 52: 311-316, 1983.
- Young, J. Z., *Programs of the Brain*, Oxford, Oxford University Press, 1978.
- Zurek, W., «Quantum Darwinism», *Nature Physics* 5, 181-188, 2009.



# Glossaire

**adaptation** : attribut d'un organisme qui semble avoir une valeur précise, en général pour la survie ou la reproduction. La nature finalisée, ou apparemment finalisée, des adaptations peut être perçue en termes de téléologie ou téléonomie.

**ADN** : acide désoxyribonucléique, molécule composée d'un grand nombre d'unités chimiques – dites nucléotides – attachées les unes aux autres en deux chaînes latérales enroulées en spirale. L'ADN est le support matériel de l'hérédité, mais dans les organismes supérieurs, seule une petite partie de l'ADN semble se situer dans les gènes. L'ADN contient quatre types de nucléotides, dont la séquence constitue la base du code génétique. Des segments d'ADN transmettent leur structure à des copies au cours du processus de réplication, et le code génétique peut être «traduit» dans les séquences d'acides aminés reliées en chaînes pour former les protéines. La synthèse protéique se déroule sur base des segments d'ARN (acide ribonucléique), qui servent de tremplins. Ceux-ci sont «transcrits» à partir de l'ADN des gènes.

**allèle** : chaque gène occupe une région particulière d'un chromosome, son locus. À tout locus donné peuvent exister des formes alternatives du gène. Elles sont dites allèles l'une de l'autre.

**atavisme** : réapparition de caractéristiques d'ancêtres plus ou moins anciens.

**atome** : dans le cadre de l'atomisme, unité de matière éternelle, invariante, homogène, ultime, insécable. En chimie, plus petite unité ou partie d'un élément susceptible de participer à une

réaction chimique. En physique moderne, structure complexe d'activité, ayant un noyau central autour duquel orbitent des électrons. Les noyaux et les particules les constituant sont, à leur tour, des structures d'activité complexes.

**atomisme**: doctrine selon laquelle toute chose est composée d'atomes de matière ultimes, indivisibles, dotés de mouvement. Ces particules ultimes forment la base durable de toute réalité. Dans la forme moderne de cette philosophie, les atomes ont été remplacés par les particules subatomiques fondamentales.

**attracteur**: terme employé en dynamique moderne pour désigner une limite vers laquelle tendent des trajectoires de changement dans un système dynamique. Les attracteurs résident, en général, dans des bassins d'attraction. Les attracteurs et bassins d'attraction sont des traits essentiels des modèles mathématiques des champs morphogénétiques de René Thom.

**causalité formative** (*hypothèse de la*): hypothèse selon laquelle des organismes ou unités morphiques à tous les niveaux de complexité sont organisés par des champs morphiques, eux-mêmes influencés et stabilisés par résonance morphique de toutes les unités morphiques similaires antérieures.

**champ**: région d'influence physique. Les champs établissent des liens et connexions entre matière et énergie au sein de leur domaine d'influence. Les champs ne sont pas une forme de matière; en revanche, la matière est de l'énergie liée dans des champs. La physique actuelle reconnaît plusieurs types de champs fondamentaux: le champ gravitationnel, le champ électromagnétique, et le champ matériel de la physique quantique. L'hypothèse de la causalité formative élargit le concept de champ physique de manière à y inclure les champs morphiques.

**champ morphique**: champ dans – et autour d' – une unité morphique, qui organise sa structure caractéristique et son schème

d'activité. Des champs morphiques sous-tendent la forme et le comportement d'holons ou d'unités morphiques à tous les niveaux de complexité. L'expression *champ morphique* inclut les champs morphogénétiques, sociaux, culturels et mentaux. Les champs morphiques sont façonnés et stabilisés par résonance morphique d'unités morphiques similaires antérieures, ayant été soumises à l'influence de champs du même type. Ils contiennent, en conséquence, une sorte de mémoire cumulative et tendent à devenir de plus en plus habituels.

***champ morphogénétique***: champ jouant un rôle causal dans la morphogenèse. Ce terme, inventé dans les années 1920, est aujourd'hui employé couramment par les biologistes du développement, mais la nature des champs morphogénétiques demeure obscure. Selon l'hypothèse de la causalité formative, ce sont des champs morphiques stabilisés par résonance morphique.

***chréode***: zone de développement canalisé dans un champ morphique.

***chromosome***: structure microscopique, filamenteuse, présente dans les noyaux des cellules vivantes, ainsi que dans les cellules dépourvues de noyaux telles que les bactéries. Constitué d'ADN et de protéines, le chromosome contient des chaînes de gènes.

***cybernétique***: théorie de la communication et des mécanismes de contrôle dans les systèmes vivants et les machines.

***dominance***: en génétique, un gène dominant produit les mêmes effets phénotypiques qu'il soit présent dans une dose unique avec un allèle spécifique, ou dans une double dose. L'allèle impuissant en présence du gène dominant est dit *récessif*.

***dualisme***: doctrine philosophique selon laquelle l'esprit et la matière sont des entités indépendantes, non réductibles l'une à l'autre (cf. matérialisme).

**énergie**: en général, aptitude à produire un effet. Dans le sens technique propre à la physique, l'énergie est une propriété d'un système représentant une mesure de sa capacité à travailler. Le travail est défini, techniquement, comme ce qui advient quand une force déplace son point d'application. L'énergie peut être potentielle ou cinétique; elle se présente sous diverses formes: électrique, thermique, chimique, nucléaire, radiante et mécanique.

**entéléchie**: dans l'aristotélisme, principe de vie, identifié à l'âme ou à la psyché. L'entéléchie est à la fois la cause formelle ou formative et la cause finale d'un corps vivant; ainsi, la vie a-t-elle toujours une finalité intériorisée. Dans le vitalisme de Hans Driesch, l'entéléchie est le principe vital non matériel facteur causal directeur, téléologique favorisant l'harmonie des processus développementaux, comportementaux et mentaux (cf. programme génétique et champ morphique).

**épigénèse**: origine de nouvelles structures durant le développement embryonnaire (cf. préformation).

**esprit**: dans le dualisme cartésien, l'esprit conscient, pensant, se distingue du corps matériel; l'esprit est non matériel. Pour les matérialistes, l'esprit est un dérivé de l'activité physique du cerveau. Les représentants de la psychologie des profondeurs font remarquer que l'esprit conscient est associé à un système mental beaucoup plus large et plus profond, l'esprit inconscient. Selon Jung, l'inconscient est non seulement individuel mais encore collectif. Selon l'hypothèse de la causalité formative, l'activité mentale, consciente et inconsciente, se déroule dans, et à travers, des champs mentaux, qui, à l'instar d'autres types de champs morphiques, contiennent une sorte de mémoire innée.

**évolution**: littéralement, processus de déroulement. En biologie, appliqué, à l'origine, au développement de végétaux et d'animaux individuels dépendant, selon la doctrine de la préformation, du déroulement de parties préexistantes. C'est dans les années 1830

que ce mot fut appliqué pour la première fois à la transmutation historique des organismes ; vers les années 1860, 1870, il en était arrivé à désigner un processus général de transmutation, qu'on avait coutume de supposer directionnel ou progressif. La théorie de Darwin d'une évolution par sélection naturelle permit d'envisager ce processus comme étant aveugle et dépourvu de finalité – cette interprétation est centrale au néodarwinisme, l'orthodoxie dominante en biologie moderne. Plusieurs philosophies évolutionnistes postulent l'existence d'un principe foncièrement créateur inhérent à la matière ou à la vie, d'aucunes voient dans le processus évolutif la manifestation d'un principe directionnel ou finalisé. Selon la cosmologie moderne, l'ensemble de l'univers est un système en évolution.

**force**: en général, pouvoir actif. En physique, agent extérieur capable d'altérer l'état de repos ou de mouvement d'un corps.

**forme**: configuration ou structure d'une entité, par opposition à son matériel constitutif. Dans la tradition platonicienne, le terme «Forme» traduit le mot grec *eidos* et est interchangeable avec le mot *Idée*. Les entités particulières que nous connaissons dans le monde participent à leurs Formes éternelles, qui transcendent l'espace et le temps. En revanche, dans la tradition aristotélicienne, les formes des choses sont immanentes aux choses elles-mêmes. Du point de vue nominaliste, les formes n'ont pas de réalité objective indépendante de notre propre esprit.

**gène**: unité du matériel héréditaire. Les gènes, situés dans les chromosomes, sont composés d'ADN ; un gène individuel est un fragment de chromosome influençant, d'une manière particulière, un caractère particulier ou un ensemble de caractères d'un organisme. Des formes alternatives du même gène sont nommées allèles. L'unité du gène est définie de manières différentes selon les propos : pour les biologistes moléculaires, elle est, en général, considérée comme un *cistron*, fragment d'ADN qui encode une

chaîne d'acides aminés dans une protéine. Pour certaines écoles néodarwinistes, le gène est l'unité de sélection, et l'évolution, la modification de fréquence génétique au sein de populations.

**génom**: toutes les informations héréditaires encodées dans l'ADN d'un organisme.

**génotype**: constitution génétique d'un organisme (*cf.* phénotype).

**gestalt**: terme allemand signifiant plus ou moins forme, configuration, ou essence. Employé pour désigner des tous unifiés, des structures complètes ou des totalités ne pouvant être réduits à la somme de leurs parties.

**habitude**: disposition du corps ou de l'esprit; tendance établie à apparaître ou à se comporter d'une certaine manière, acquise le plus souvent par répétition fréquente; pratique établie, coutume ou usage. En biologie, désigne le mode caractéristique de croissance ou d'apparence d'un végétal ou d'un animal; les cristallographes parlent des habitudes des cristaux au sujet des formes caractéristiques qu'ils assument. Selon l'hypothèse de la causalité formative, la nature des unités morphiques à tous les niveaux de complexité tend à devenir de plus en plus habituelle par répétition, en raison de la résonance morphique.

**hérédité**: transmission de caractères des ancêtres aux descendants. À l'origine, compris dans un sens large incluant la transmission de caractéristiques acquises et de modes de vie; la biologie moderne a restreint le sens à la notion d'hérédité génétique. Selon l'hypothèse de la causalité formative, l'hérédité inclut tout à la fois l'héritage génétique et l'héritage de champs morphiques par résonance morphique.

**hérédité épigénétique**: forme d'hérédité par laquelle des facteurs qui ne sont pas d'ordre génétique provoquent un changement d'expression des gènes, sans entraîner de changement dans les gènes eux-mêmes.

**holisme**: doctrine selon laquelle les tous sont supérieurs à la somme de leurs parties (cf. réductionnisme).

**holon**: tout susceptible d'être, en outre, une partie d'un tout plus grand. Les holons sont organisés selon des hiérarchies gigognes à plusieurs niveaux, ou holarchies. Ce terme, inventé par Arthur Koestler, est synonyme d'«unité morphique».

**information**: informer signifie littéralement donner forme ou façonner. On a tendance, aujourd'hui, à considérer l'information comme la source de la forme ou de l'ordre du monde: l'information est informative et joue un rôle de cause formative comme, par exemple, dans le concept d'«information génétique».

**information (théorie de l')**: branche de la cybernétique qui s'efforce de définir la quantité d'information nécessaire pour contrôler un processus d'une complexité donnée. L'information, au sens technique, étroit du terme, est mesurée en bits. Un bit est la quantité d'information nécessaire pour préciser une alternative par rapport à une autre, par exemple pour distinguer entre 1 et 0 dans le système de notation binaire employé en informatique.

**matérialisme**: doctrine selon laquelle tout ce qui existe est soit de la matière, soit totalement dépendant de celle-ci pour son existence.

**matérialisme dialectique**: forme de matérialisme considérant la matière non comme quelque chose de statique, auquel il convient d'imposer changement et développement, mais comme quelque chose contenant dans sa propre nature les tensions ou «contradictions» fournissant la force motrice du changement.

**matière**: ce qu'on a coutume d'opposer à forme ou à esprit. Dans le matérialisme, la matière est la substance et le fondement de toute réalité; elle est perçue, en général, dans l'esprit atomiste. En physique newtonienne, la matière, identifiée par sa masse et son extension, est opposée à l'énergie. Selon la théorie de la

relativité, la masse et l'énergie sont mutuellement transformables, et les systèmes matériels sont aujourd'hui considérés comme des formes d'énergie.

**mécanique**: dans son sens large, traditionnel, ensemble de connaissances pratiques et théoriques concernées par l'invention et la construction de machines, l'explication de leur opération et le calcul de leur efficacité. En physique, étude du comportement de la matière sous l'action de la force. La mécanique newtonienne a été modifiée dans une large mesure par la théorie de la relativité et a cédé la place à la mécanique quantique en tant que méthode d'interprétation des phénomènes physiques se manifestant à très petite échelle.

**mécaniste (théorie)**: théorie selon laquelle tous les phénomènes physiques sont explicables de manière mécanique (*cf.* mécanique), sans référence à des objectifs ou finalités (*cf.* téléologie). La métaphore centrale est la machine. Au XVII<sup>e</sup> siècle, l'univers était perçu comme une vaste machine, conçue, créée, actionnée par Dieu et régie par Ses lois éternelles. Vers la fin du XIX<sup>e</sup> siècle, il était perçu comme une machine éternelle s'épuisant peu à peu. En biologie, la théorie mécaniste veut que les organismes vivants ne soient que des machines inertes ou des systèmes mécaniques: tous les phénomènes de la vie peuvent, en principe, être interprétés en termes de modèles mécaniques et expliqués, en définitive, en termes de physique et de chimie.

**mème**: terme inventé par Richard Dawkins, qui le définit comme «une unité d'héritage culturel, supposée analogue au gène particulière et sélectionnée naturellement en vertu de ses conséquences "phénotypiques" sur sa survie et sa réplication dans l'environnement culturel».

**mémoire**: aptitude à se souvenir, se remémorer, reconnaître. Du point de vue mécaniste, la mémoire animale et humaine dépend de traces mémorielles matérielles dans le système nerveux.



Du point de vue de l'hypothèse de la causalité formative, la mémoire sous ses diverses formes, conscientes et inconscientes, est due à la résonance morphique.

**molécule**: unité chimique. Plus petite quantité d'une substance chimique capable de mener une existence autonome. Chaque type de molécule a une composition atomique propre, une structure et des propriétés physiques et chimiques spécifiques.

**morphique** (*résonance*): influence de structures d'activité antérieures sur des structures d'activité similaires ultérieures, organisées par des champs morphiques. Les influences causales formatives traversent l'espace et le temps par résonance morphique; elles sont censées ne s'estomper ni avec la distance ni avec le temps, mais émaner uniquement du passé. Plus grand sera le degré de similitude, plus forte sera l'influence de la résonance morphique. En règle générale, des unités morphiques ressemblent étroitement à ce qu'elles étaient par le passé et sont sujettes à une auto-résonance de leurs états antérieurs.

**morphique** (*unité*): unité de forme ou d'organisation, telle qu'un atome, une molécule, un cristal, une cellule, un végétal, un animal, un schème de comportement instinctif, un groupe social, un élément culturel, un écosystème, une planète, un système planétaire, ou une galaxie. Des unités morphiques sont organisées selon des hiérarchies gigognes d'unités dans des unités: un cristal, par exemple, contient des molécules, qui contiennent des atomes, qui contiennent des électrons et des noyaux, qui contiennent des particules nucléaires, qui contiennent des quarks.

**morphogénèse**: développement des formes.

**mutation**: changement soudain. On observe des mutations dans les phénotypes d'organismes; elles peuvent généralement être rattachées à des modifications du matériel génétique. Aujourd'hui, le terme *mutation* désigne le plus souvent un changement fortuit dans un gène.

**mutation homéotique**: mutation telle qu'une partie de l'organisme se développe d'une manière appropriée à une autre: par exemple, une patte apparaît là où devrait normalement se développer une antenne.

**nature**: personnifiée dans la tradition par la Mère Nature. Puissance de création et de contrôle opérant dans le monde physique, et cause immédiate de tous les phénomènes qu'il renferme. Ou combinaison inhérente et inséparable de qualités appartenant essentiellement à toute chose et lui conférant son caractère fondamental. Ou encore, puissance ou pulsion intrinsèque par laquelle l'activité des organismes vivants est organisée ou contrôlée. Dans l'optique conventionnelle de la science, la nature est constituée de matière, de champs et d'énergie et est régie par les lois de la nature, considérées comme éternelles.

**néodarwinisme**: version moderne de la théorie darwinienne de l'évolution par sélection naturelle. Elle diffère de la théorie de Darwin en ce qu'elle nie la possibilité de la transmission des caractéristiques acquises; l'hérédité est génétique. Les gènes sont soumis à des mutations au hasard, et les proportions des versions alternatives de gènes ou allèles dans une population sont influencées par sélection naturelle. Sous sa forme extrême, le néodarwinisme réduit l'évolution à des changements de fréquences génétiques au sein de populations.

**organicisme**: forme d'holisme selon laquelle le monde est constitué d'organismes (ou holons ou unités morphiques) à tous les niveaux de complexité. Des organismes sont des tous formés de parties, qui sont elles-mêmes des organismes, etc.; ils sont organisés en hiérarchies gigognes. Les parties des organismes ne peuvent être comprises qu'en relation avec leurs activités et fonctions dans le tout. Perçus dans ce sens, les organismes regroupent les atomes, molécules, cristaux, cellules, tissus, organes, végétaux, animaux, sociétés, cultures, écosystèmes, planètes, systèmes planétaires

et galaxies. Dans cet esprit, l'ensemble du cosmos peut être considéré comme un organisme plutôt que comme une machine (*cf.* théorie mécaniste).

**paradigme**: exemple ou schème. Dans le sens où l'entend T. S. Kuhn (1970), les paradigmes scientifiques sont des manières générales de voir le monde partagées par une communauté scientifique; ils dictent comment résoudre des problèmes de façon acceptable.

**phénotype**: apparence effective d'un organisme; ses attributs manifestés. Opposé à génotype, qui est le matériel génétique particulier dont l'organisme hérite de ses parents.

**physicalisme**: forme moderne de matérialisme. Doctrine selon laquelle toutes les propositions scientifiques y compris celles ayant trait à l'activité mentale peuvent, en principe, être exprimées dans la terminologie propre aux sciences physiques.

**platonisme**: tradition philosophique s'inspirant de Platon. Elle postule l'existence d'un domaine autonome d'Idées, de Formes ou d'essences existant en dehors de l'espace et du temps, indépendamment de leurs manifestations dans le monde phénoménal.

**préformation**: théorie (dont on sait aujourd'hui qu'elle est erronée) selon laquelle l'ensemble de la structure d'organismes adultes préexiste dans l'œuf fertilisé. Le développement embryonnaire était censé n'être que la manifestation de cette structure préformée se développant, se déployant ou «évoluant» (*cf.* épigénèse).

**programme génétique**: un programme est un plan d'action, comme dans un concert ou un programme informatique. Le concept du programme génétique implique que des organismes héritent de plans d'action, censés être transmis par les gènes. Le programme génétique est la principale métaphore ayant introduit en biologie moderne les notions d'activité finalisée et de causes formatives (*cf.* entéléchie).

**protéine**: molécule organique complexe composée de multiples acides aminés liés en chaînes, dites polypeptides. La séquence d'acides aminés est spécifiée par la séquence de nucléotides dans l'ADN des gènes. Une protéine peut renfermer une ou plusieurs chaînes de ce type, lesquelles sont repliées selon des configurations tridimensionnelles caractéristiques. On trouve des protéines dans tous les organismes vivants, et il existe d'innombrables types différents de molécules protéiques. De nombreuses protéines sont des enzymes – catalyseurs de réactions biochimiques; d'autres jouent divers rôles, notamment structuraux.

**pythagorisme**: doctrine selon laquelle l'univers est essentiellement mathématique. Sa réalité mathématique fondamentale transcende l'espace et le temps. Proche du platonisme.

**réductionnisme**: doctrine selon laquelle les phénomènes plus complexes peuvent être réduits à d'autres moins complexes (cf. holisme). En philosophie, théorie selon laquelle le comportement humain peut, en définitive, être réduit au comportement d'une matière inerte, régie par les lois de la nature. En biologie, doctrine selon laquelle tous les phénomènes de la vie peuvent, en définitive, être compris en termes de chimie ou de physique. Proche des théories mécaniste, matérialiste et atomiste.

**régulation**: en embryologie, développement normal d'un embryon, ou d'une partie d'embryon, en dépit d'une perturbation quelconque de sa structure – ajout, retrait, réarrangement. Ainsi, un demi-embryon d'oursin donnera-t-il une larve petite, mais normalement proportionnée, puis un oursin normal.

**synapse**: région de contact fonctionnel entre des cellules nerveuses ou entre des cellules nerveuses et des effecteurs tels que des cellules musculaires.

**téléologie**: étude des causes finales; explication de phénomènes par référence à des finalités.

## GLOSSAIRE

**téléonomie**: science de l'adaptation. «En réalité, la téléonomie doit sa respectabilité à Darwin» (Dawkins, 1982). Les structures, fonctions et comportement apparemment finalisés des organismes sont considérés comme des adaptations évolutives, établies par sélection naturelle.

**théorie des systèmes**: forme d'holisme concernée par l'organisation et les propriétés de «systèmes» à tous les niveaux de complexité. L'origine de cette approche est à rechercher, en grande partie, dans une tentative visant à établir des parallèles entre les systèmes physiologiques, en biologie, et les systèmes sociaux, en sciences sociales. L'approche systémique a été profondément influencée par la cybernétique. La métaphore centrale de la pensée systémique est la machine autorégulatrice.

**vitalisme**: doctrine selon laquelle les organismes vivants sont véritablement vivants, par opposition à la théorie mécaniste selon laquelle ils sont inertes et mécaniques. L'organisation vivante dépend de facteurs vitaux finalisés – telle l'entéléchie – non réductibles aux lois ordinaires de la physique et de la chimie. Le vitalisme est une forme d'holisme moins poussée que l'organicisme, en ce sens qu'elle accepte l'hypothèse mécaniste voulant que les systèmes étudiés par les physiciens et les chimistes soient inertes et essentiellement mécaniques.



# Annexe

## Les champs morphiques et l'ordre impliqué

### *Un dialogue entre Rupert Sheldrake et David Bohm*

David Bohm était un éminent physicien quantique. Dans sa jeunesse, il avait travaillé en étroite coopération avec Albert Einstein à l'université de Princeton. Avec Yakir Aharonov, il découvrit l'effet Aharonov-Bohm. Plus tard, il devint professeur de physique théorique à l'université de Londres, au sein du Birkbeck College. Il est l'auteur de plusieurs livres, dont *La Plénitude de l'univers* et *La Conscience et l'univers*. Il est décédé en 1992. Son dialogue avec Rupert Sheldrake a été publié la première fois en 1982 dans la revue *ReVision* et les inserts qui figurent (en gras) tout au long du texte sont de Renée Weber, rédactrice en chef de la revue, qui nous a aimablement autorisé à publier ce passionnant entretien en annexe à l'édition corrigée et augmentée de *La Mémoire de l'univers*.

David Bohm et Rupert Sheldrake y clarifient leurs idées sur les champs morphiques, sur les facteurs qui les influencent et sur leurs implications pour la nature. Tout au long de leur conversation, les deux chercheurs s'aperçoivent que leurs idées sont complémentaires dans le sens où les complexités de l'une des théories trouvent régulièrement des réponses dans l'autre. La mécanique quantique s'avère en l'occurrence très utile, c'est son langage qui unit les deux théories de l'Ordre impliqué et de la Résonance morphique. Elle détaille notamment les mécanismes grâce auxquels les champs morphogénétiques sont explicables.

David Bohm remarque cependant qu'en dépit des mérites de la mécanique quantique, cette science moderne a ses faiblesses.

Par exemple, elle ne prend pas le temps en considération et ne traite qu'une seule observation à la fois. Par conséquent, elle serait incapable d'expliquer l'effet cumulatif des formes passées, aspect important de la capacité de mise en ordre des champs morphogénétiques, d'après ce que proposent Bohm et Sheldrake.

**David Bohm :** Supposons que nous observions le développement de l'embryon et les problèmes qui donnent le sentiment que l'approche mécaniste actuelle échoue. Qu'apporterait de nouveau la théorie des champs morphogénétiques ?

À chaque instant, il y a une sélection dont le potentiel va être réalisé, et qui dépend dans une certaine mesure du passé et dans une certaine mesure de la créativité.

**Rupert Sheldrake :** L'organisme en développement serait à l'intérieur du champ morphogénétique et ce champ guiderait et contrôlerait la *forme* du développement de l'organisme. Le champ a des propriétés non seulement dans l'espace, mais aussi dans le temps. Waddington a démontré cela grâce à son concept de chréode [voir Fig. 5], représenté par des modèles de vallées sur lesquelles des balles roulaient vers le bas en direction d'une extrémité. Ce modèle paraît mécaniste *a priori*. Mais à la réflexion, au bout d'une petite minute, on s'aperçoit que cette extrémité, vers laquelle roule la balle dans la vallée, est dans le *futur* et qu'en quelque sorte, elle attire la balle à elle. La force de ce modèle dépend en partie du fait que si vous déplacez la bille vers le haut de la vallée, elle la redescendra et atteindra la même destination ; cela représente la capacité des organismes vivants à atteindre le même objectif, même si vous les perturbez. Ainsi, si vous découpez un morceau d'un embryon, il repoussera et vous atteindrez quand même la même destination.

**Bohm :** En physique, le point de Lagrange est assez similaire ; il tombe jusqu'à un certain niveau minimal, comme dans le cas



de la chréode. Ce n'est pas une analogie exacte, mais on pourrait dire qu'en un sens, l'orbite atomique classique apparaît en suivant une forme de chréode. C'est une façon de regarder la physique classique. Et on pourrait peut-être même introduire la notion de stabilité physique sur la base d'une chréode. Mais du point de vue de l'ordre impliqué, je pense qu'il faudrait dire que ce champ formatif représente un ensemble complet de potentialités et qu'à chaque instant, il y a une sélection dont le potentiel va être réalisé, et qui dépend dans une certaine mesure du passé et dans une certaine mesure de la créativité.

**Sheldrake :** Mais cet ensemble de potentialités est limité, car les choses tendent véritablement vers un résultat spécifique. J'entends par là que les embryons de chat donnent des chats, et non des chiens. Certes, il peut y avoir des variantes au niveau de la trajectoire exacte qu'ils vont suivre, mais il y a un objectif, ou résultat, global.

**Bohm :** Mais il y aurait une multitude d'aléas déterminant ce que devient le chat.

**Sheldrake :** Exactement. Toutes sortes d'événements imprévus, des influences environnementales, éventuellement des fluctuations aléatoires. Néanmoins, l'objectif vers lequel tend la chréode définirait globalement sa destination finale. Quoi qu'il en soit, au sujet du concept de chréode de Waddington, qui est pris très au sérieux par de nombreux biologistes, il contient déjà cette idée d'objectif final, dans le futur, dans le temps ; et la structure, les parois mêmes de la chréode, ne sont nullement, au sens habituel du terme, des éléments matériels, physiques. Malheureusement, Waddington n'a pas défini ce qu'elles étaient. À mon avis, elles représentent ce processus de causalité formative à travers le champ morphogénétique. Waddington utilise d'ailleurs cette expression, « champ morphogénétique ». Maintenant, le problème avec le concept de Waddington est

que, quand il a été attaqué par les mécanistes, qui maintenant qu'il s'agissait d'une idée mystique ou floue, il a cédé en disant que ce n'était qu'une façon de parler d'interactions chimiques et physiques normales. René Thom, qui a repris les concepts de chréode et de champs morphogénétiques et en a fait des modèles topologiques (dans lesquels il qualifie les objectifs d'«attracteurs morphogénétiques»), a essayé de forcer Waddington à préciser ce qu'était la chréode. Mais ce dernier, chaque fois qu'on lui forçait la main, même quand c'était René Thom, cédait. Il a donc laissé planer beaucoup d'ambiguïtés.

Aujourd'hui, Brian Goodwin et d'autres personnes comme lui considèrent les chréodes et les champs morphogénétiques comme des aspects de formes platoniciennes éternelles; sa métaphysique est plutôt platonicienne. Il considère ces champs formatifs comme des archétypes éternellement donnés, qui sont immuables et, en un sens, nécessaires. C'est presque néopythagoricien; l'harmonie, l'équilibre, la forme et l'ordre peuvent être générés à partir d'un principe mathématique fondamental, d'une manière nécessaire, qui fait fonction de facteur causal dans la nature de manière inexpliquée, mais inchangée.

La différence entre cela et ce que je dis est que j'estime que ces champs morphogénétiques sont le produit de ce qui s'est passé auparavant. On a donc en quelque sorte cette introjection de formes expliquée, pour utiliser votre façon de parler, puis à nouveau une projection.

Par conséquent, chaque moment contiendra une projection de la réinjection des moments précédents, qui est une forme de mémoire; cela résulterait en une duplication générale des formes passées.

**Bohm :** Oui. Ce dont vous parlez, à savoir le rapport entre les formes passées et les présentes, est vraiment relié à la question du temps dans son ensemble : « comment comprendre le temps ? » Maintenant, du point de vue de la totalité au-delà du temps, la totalité dans laquelle tout est impliqué, ce qui se déploie ou apparaît dans tout moment présent est simplement une projection de l'ensemble. C'est-à-dire qu'un aspect du tout donne naissance à ce moment, qui représente simplement cet aspect. De même, le moment suivant n'est qu'un autre aspect du tout. Et ce qui est intéressant est que chaque moment ressemble aux précédents, mais en même temps, il en diffère. J'explique cela en employant les termes techniques d'« injection » et de « projection ». Chaque moment est une projection du tout, comme nous l'avons dit. Mais ce moment est ensuite injecté ou introjecté à nouveau dans le tout. Il y aurait donc dans le moment suivant, en partie, une nouvelle projection de cette injection, et ainsi de suite, indéfiniment<sup>1</sup>.

Par conséquent, chaque moment contiendra une projection de la réinjection des moments précédents, qui est une forme de mémoire ; cela résulterait en une duplication générale des formes passées, ce qui semble similaire à ce dont vous parlez<sup>2</sup>.

**Sheldrake :** Donc, cette réinjection dans le tout à partir du passé signifierait qu'il y a un rapport causal entre ce qui se passe à un moment et ce qui se produit par la suite ?

**Bohm :** Oui, ce rapport causal existe. Quand on s'extrait de l'ordre impliqué, il semble y avoir au moins une tendance, pas nécessairement un rapport causal exact, à ce qu'un certain contenu du passé soit suivi d'un contenu associé dans l'avenir.

**Sheldrake :** Oui. Donc si quelque chose se passe quelque part à un moment donné, cela est ensuite réinjecté dans le tout.

**Bohm :** Mais cela a été quelque peu transformé ; ce n'est pas exactement réinjecté, parce que cela a été précédemment projeté.

**Sheldrake :** Oui, c'est un petit peu différent, mais cela se refond dans le tout. Cela peut avoir une influence qui, puisqu'elle est orchestrée par le tout, peut être ressentie ailleurs. Ce n'est pas nécessairement local.

**Bohm :** Tout à fait, cela pourrait arriver n'importe où.

**Sheldrake :** Cela paraît très similaire au concept de résonance morphique, dans lequel les choses qui se produisent dans le passé, même si elles sont séparées les unes des autres dans l'espace et le temps, peuvent influencer des choses similaires dans le présent, à travers ou au-delà de l'espace et du temps, quelle que soit la manière dont on veut le formuler. Il y a cette connexion non locale. Cela me semble très important, parce que cela signifierait que ces champs ont des relations causales (mais non locales) avec des choses qui sont arrivées par le passé. Il ne s'agirait pas de manifestations en quelque sorte inexplicables d'un ensemble d'archétypes éternels et intemporels. Les champs morphogénétiques, qui donnent des répétitions de formes et structures habituelles, seraient tirés de champs précédents (ce que vous appelez «la mémoire cosmique»). Plus une forme ou un champ spécifique est survenue souvent, plus il y a de probabilités que cela se reproduise, et c'est cela que j'essaie d'exprimer à travers l'idée de résonance morphique et de détermination automatique d'une moyenne des formes passées. C'est cet aspect de la théorie qui la rend empiriquement vérifiable, parce qu'il permet de faire des prédictions, telles que : si des rats apprennent quelque chose à un endroit, par exemple un nouveau tour, des rats situés ailleurs devraient être capables d'apprendre le même tour plus rapidement. Cela fait une différence avec la théorie

des archétypes éternels de Goodwin, qui n'aboutirait pas à cette prédiction, parce qu'ils seraient toujours les mêmes. Et c'est en cela que ce que je dis, à savoir l'idée des champs morphogénétiques, se distingue de la pensée traditionnelle qui caractérise la biologie depuis soixante ans. Ces champs ont toujours été très vagues et ont été interprétés soit comme l'a fait Waddington, c'est-à-dire comme une simple manière de parler de forces mécanistes conventionnelles, soit à travers une approche métaphysique à la Goodwin.

Un champ qui est beaucoup plus subtil et qui a très peu d'énergie au sens habituel du terme, mais dont la forme a une caractéristique qui peut être adoptée par l'énergie du récepteur radio.

Bohm: Oui. Maintenant, prenons l'analogie du récepteur d'ondes radio dont vous avez parlé dans votre liste. Si vous prenez un récepteur, il a la capacité d'amplifier des signaux d'ondes radio très faibles. Comme vous le dites, on peut considérer l'onde radio comme un champ morphogénétique. Et l'énergie qui se trouve dans le récepteur (et qui provient de la prise murale) se voit conférer une forme par les informations figurant dans l'onde radio, ce qui permet d'obtenir un son musical qui ressort par le haut-parleur. Maintenant, dans ce cas, on pourrait dire que l'onde radio possède une énergie très faible en comparaison à l'énergie existant dans la radio et provenant de la prise murale. Ainsi, *grosso modo*, il y a deux niveaux d'énergie: le premier est une sorte d'énergie informe, mais qui est sujette à une mise en forme par des impulsions très faibles. Le deuxième est un champ qui est beaucoup plus subtil et qui a très peu d'énergie au sens habituel du terme, mais dont la forme a une caractéristique qui peut être adoptée par l'énergie du récepteur radio. L'idée est qu'on pourrait considérer l'ordre impliqué de la manière

suivante: les niveaux plus subtils de cet ordre affectent l'énergie des niveaux moins subtils. Les énergies impliquées sont très subtiles; d'ordinaire, on ne les classerait même pas comme des énergies. Et elles déclenchent la production d'électrons et de protons, des différentes particules de la physique. Et ces particules se dupliquent tant qu'elles sont très bien déterminées, ou fixées, dans «la mémoire cosmique».

**Sheldrake:** Oui, je pense qu'on pourrait envisager les choses sous cet angle. Mais que ces champs morphogénétiques aient une énergie subtile ou non, je ne sais pas vraiment qu'en penser. Quand j'ai écrit mon livre, j'ai essayé de faire une distinction très nette entre la causalité formative et la causalité ordinaire (causalité énergétique), que les gens connaissent (par exemple, par transmission, notamment électrique). Et ce pour deux raisons: premièrement, j'ai voulu bien faire comprendre que cette causalité formative diffère de ce que l'on imagine habituellement de la causalité (et ne sera peut-être pas aussi différente si l'on prend en compte la causalité à travers les champs, comme en physique). Et deuxièmement, le fait que ces champs morphiques puissent se propager à travers l'espace et le temps, que les événements passés puissent influencer d'autres événements ailleurs, prend une place importante dans ma théorie. Maintenant, si l'on conçoit ces champs sous une forme énergétique, aux sens habituels que l'on donne à ce mot, la plupart des gens supposent qu'ils ne pourraient se propager que localement en fonction d'une sorte de loi de l'inverse du carré, parce que la plupart des énergies connues, la lumière, la gravité, le magnétisme, etc., s'estompent avec la distance.

**Bohm:** Mais, voyez-vous, ce n'est pas nécessairement la conséquence. L'une des premières interprétations de la théorie quantique que j'ai proposée était en rapport avec une particule se déplaçant dans un champ.

**Sheldrake** : Le potentiel quantique.

**Bohm** : Oui. Maintenant, le potentiel quantique avait bon nombre des propriétés que vous attribuez aux champs morphogénétiques et aux chréodes ; c'est-à-dire qu'il guidait la particule d'une certaine manière. Il y a souvent des vallées profondes et des plateaux, et les particules peuvent commencer à s'accumuler sur les plateaux et produire des franges d'interférence. Maintenant, ce qui est intéressant est que l'énergie du potentiel quantique avait le même effet quelle que fût son intensité, de sorte que même à distance, elle peut avoir un effet colossal, qui ne résulte pas d'une loi de l'inverse du carré. Seule la forme du potentiel a un effet, mais pas son amplitude ni sa magnitude. Nous avons comparé cela à un bateau guidé par un radar ; le radar est vecteur de formes ou d'informations venant de partout autour de lui. Il ne dépend pas, dans ses limites, de la puissance de l'onde radio. On pourrait donc dire que de ce point de vue là, le potentiel quantique agit comme un champ formatif sur le mouvement des électrons. Ce champ formatif ne pourrait être placé dans un espace tridimensionnel [ou local], il devrait se trouver dans un espace à 3-n dimensions, de sorte qu'il y aurait des connexions non locales, ou des connexions subtiles entre particules distantes (ce que l'on voit dans l'expérience du paradoxe Einstein-Podolsky-Rosen). Il y aurait donc dans ce système une complétude qui serait telle que le champ formatif ne pourrait être attribué à cette particule seule ; il ne peut être attribué qu'au tout. Et quelque chose arrivant à des particules distantes peut affecter le champ formatif d'autres particules. Il pourrait ainsi y avoir une transformation [non locale] du champ formatif d'un certain groupe vers un autre. Donc, je pense que si on tente de comprendre ce que signifie la mécanique quantique d'après ce genre de modèle, on obtient une analogie très forte avec un champ formatif.

**Sheldrake:** Oui, il pourra même s'agir d'une homologie; ce pourrait être une autre façon de parler de la même chose.

**Bohm:** La grande différence est que la mécanique quantique ne traite pas du temps et donc, elle n'a pas de moyen d'expliquer l'effet cumulatif des formes passées. Pour cela, voyez-vous, il faudrait une extension de la manière dont la physique traite du temps.

**Sheldrake:** Mais en physique, n'obtenez-vous pas du temps en cas d'effondrement de la fonction d'onde?

**Bohm:** Si, mais c'est en dehors du cadre de la physique quantique d'aujourd'hui. Cet effondrement n'est traité par absolument aucune loi, ce qui signifie que le passé est, pour ainsi dire, complètement éliminé<sup>3</sup>.

Voyez-vous, la mécanique quantique d'aujourd'hui n'a pas de concept de mouvement, de processus ou de continuité dans le temps; au fond, elle ne traite que d'un seul moment, d'une seule observation, et de la probabilité que cette seule observation soit suivie d'une autre. Mais manifestement, il existe un processus dans le monde physique. Maintenant, je voudrais dire que ce processus peut être considéré, à partir de l'ordre impliqué, comme étant cette activité de reprojektion et de réinjection. Ainsi, la théorie de l'ordre impliqué, quand on la pousse aussi loin, va vraiment au-delà de la mécanique quantique actuelle. Elle traite du processus, contrairement à la mécanique quantique, sauf quand elle fait référence à un instrument d'observation, qui doit ensuite renvoyer autre chose.

**Sheldrake:** Diriez-vous que le processus à ce niveau est une reprojektion?

**Bohm:** Oui.

**Sheldrake:** Et une réinjection en même temps?



**Bohm :** La réinjection est exactement ce que décrit l'équation de Schrödinger. Et la reproduction est l'étape suivante, que ne traite pas la mécanique quantique (sauf quand elle suppose arbitrairement que la fonction d'onde «s'effondre» d'une manière qui n'a pas sa place dans les lois de la physique, comme dans l'équation de Schrödinger).

Maintenant, il y a un autre élément que la physique quantique moderne ne traite pas. Étrangement, la physique contemporaine n'a aucun contact avec la notion de réalité. Voyez-vous, la physique classique a au moins en partie la notion de la réalité quand elle dit que cette dernière consiste en une série de particules qui se déplacent et interagissent d'une certaine manière. Maintenant, en physique quantique, il n'y a absolument aucune notion de réalité, car cette discipline maintient que ses équations ne décrivent rien de réel, mais qu'elles décrivent simplement la probabilité de ce qu'un observateur verrait s'il avait un certain instrument, ce qui implique que l'on suppose la nécessité de ce dernier pour que le phénomène soit réel. Mais l'instrument est ensuite censé être constitué de particules similaires obéissant aux mêmes lois, ce qui pourrait, ensuite, requérir la présence d'un autre instrument pour leur donner une réalité. On obtiendrait ainsi une régression infinie. Wigner a proposé d'en finir avec cette régression en disant que c'est la conscience de l'observateur qui donne réalité à toute chose.

**Sheldrake :** Mais cela ne me paraît pas très satisfaisant.

**Bohm :** À moi non plus, mais apparemment, Wigner s'en satisfait, comme certains autres. L'idée est que, à moins d'étendre la mécanique quantique, elle ne laisse aucune place à la réalité, aucune place à toutes ces choses dont vous parlez. Par conséquent, je voudrais dire que la mécanique quantique en l'état actuel des choses est un ensemble de formules très tronquées, limitées et séparées qui donnent certains résultats

limités ayant trait uniquement à un moment donné d'une expérience. Mais à partir de ce point de vue tronqué, les physiciens essayent de tout expliquer, voyez-vous ; alors que tout cela n'a absolument aucun sens. Songez-y : la physique moderne ne sait même pas parler du monde réel !

**Sheldrake :** Mais comment pensez-vous qu'on puisse parvenir à une conception de la réalité ?

**Bohm :** À mon avis, à travers l'ordre impliqué. On a une projection du tout qui constitue un moment, moment qui est un mouvement. Et on peut dire que cette projection est la réalisation. En d'autres termes, ce dont la physique ne débat pas, c'est de la manière dont différents moments successifs sont reliés, alors que, selon moi, c'est ce que l'ordre impliqué tente de faire. Si l'on étendait la mécanique quantique grâce à l'ordre impliqué, on soulèverait exactement cette question au sujet de la manière dont les moments passés ont un effet sur le présent (c'est-à-dire par injection et reprojection). Pour l'instant, la physique affirme que le moment suivant est entièrement indépendant, mais qu'il y a une certaine probabilité qu'il se présente de telle ou telle manière. Il n'y a aucune place pour le genre de choses dont vous parlez, à savoir un certain effet d'accumulation du passé. Mais l'extension de la mécanique quantique par l'intermédiaire de l'ordre impliqué présenterait cette possibilité. De plus, supposons que d'une manière ou d'une autre, j'associe l'extension de la mécanique quantique *via* l'ordre impliqué [ce qui expliquerait les effets accumulés du passé] à ce potentiel quantique [ce qui expliquerait que ces effets soient non locaux par nature], alors je pense que j'obtiendrais quelque chose de très similaire à ce dont vous parlez.

**Sheldrake :** Oui, ce serait palpitant ! Parmi tout ce que j'ai pu voir, je pense que c'est la manière la plus prometteuse d'associer ce genre d'idées. Je n'ai rien vu qui semble montrer ce genre de rapport.

**Bohm :** Si l'on peut faire intervenir le temps, et disons que d'une part, chaque moment est doté d'un certain champ de potentiels (représenté par l'équation de Schrödinger), ainsi que d'une réalité, qui est plus restreinte (représenté par la particule elle-même), et que d'autre part, le moment suivant a donc son potentiel et sa réalité, et que nous avons un certain rapport entre la réalité des moments précédents et les *potentiels* des suivants, on obtiendrait une introjection, non pas de la fonction d'onde du passé, mais de la réalité du passé dans ce champ à partir duquel le présent va être projeté. Cela ferait exactement ce dont vous parlez. Car ensuite, on pourrait accumuler une série de réalités introjectées qui rétréciraient de plus en plus le potentiel de champ. Cela constituerait la base des projections ultérieures. Cela expliquerait l'influence du passé sur le présent.

La série de particules, toute la structure de toutes les particules formant un système, constitue la réalité de ce champ formatif.

**Sheldrake :** Oui, oui. Maintenant, à votre avis, comment est-ce qu'on en arrive aux supposées ondes matérielles de l'hypothèse de de Broglie?

**Bohm :** C'est exactement par-là que nous avons commencé. Ces ondes de matière sont la cause formative, et c'est ce qu'a suggéré de Broglie à l'origine. Cependant, il voulait considérer l'onde de matière simplement comme une onde tridimensionnelle réelle dans le temps, mais cela ne marche pas bien. Le champ formatif est une bien meilleure interprétation. Le potentiel quantique est le champ formatif que l'on tire des ondes généralisées de de Broglie. Et on dit que la particule est la réalité, affectée par le champ formatif. La série de particules, toute la structure de toutes les particules formant un système, constitue la réalité de ce champ formatif.

Mais ce modèle en soi ignore toujours le temps. L'étape suivante consiste donc à faire intervenir le temps, à dire qu'il y a une succession de moments dans le temps dans lesquels il y a une réalité récurrente. Et on dirait alors que ce qui est récurrent est affecté par le champ formatif. Mais ce champ formatif est lui-même affecté par ce qui s'est vraiment produit par le passé. Maintenant, cela aiderait à éliminer la plupart des problèmes de la physique, si l'on peut y parvenir. Et cela établirait un lien étroit avec ce dont vous parlez.

Actuellement, on dit que la fonction d'onde en tant que potentiel se diffuse très vite, avant de s'effondrer soudainement en un certain état réel et défini, pour des raisons qui sont totalement extérieures à la théorie. On dit donc qu'il faut un instrument de mesure pour cela. On obtient alors un autre effondrement ; la seule continuité de ce système serait obtenue par l'intermédiaire d'un nombre infini d'instruments de mesure qui maintiendraient constamment l'observation. Et ensuite, ces instruments d'observation devraient être observés pour avoir une existence réelle, et ainsi de suite. Et tout cela disparaît dans un brouillard de confusion. Comme les gens considèrent les mathématiques actuelles comme sacrées, ils affirment que ces équations dans leur forme générale ne doivent jamais être modifiées. Mais ensuite, ils nous disent que l'on a tous ces problèmes étranges. Mais voyez-vous, presque personne ne veut introduire quelque chose de fondamentalement différent dans ce cadre général.

**Sheldrake :** Donc, vous pensez développer l'interprétation de de Broglie. Vous auriez cette réalisation récurrente de quelque chose qui est continuellement associé au champ formatif.

**Bohm :** Et le champ formatif actuel est affecté par les réalisations passées. Dans la mécanique quantique actuelle, il est impossible que le champ formatif soit affecté par quoi que

ce soit, y compris par le passé, parce qu'il n'y a qu'un seul moment dont on puisse parler. On ne trouve rien qui puisse affecter le champ formatif, et c'est bien là le problème.

**Sheldrake :** Oui, je vois. Maintenant, il y a un sujet étroitement lié : ce dont je parle au sujet des champs morphogénétiques est lié aux formes physiques et aux schémas comportementaux habituels. Le rapport entre ces idées et le processus mental lui-même n'est pas évident, bien que le lien soit certain. Si vous commencez à formuler cette thématique avec des termes physiques, comme je le fais avec les champs morphogénétiques, alors il convient de parler de résonance morphique, de l'influence des formes passées sur les formes présentes par l'intermédiaire d'un champ morphogénétique sous l'action d'une forme de résonance. Néanmoins, si l'on commence à employer le jargon psychologique et à y associer les termes de la pensée, on obtient une manière plus pratique de réfléchir à l'influence du passé, parce qu'avec les champs mentaux, on a une mémoire. Et on peut étendre cette mémoire si l'on considère qu'en essence, tout l'univers est d'une nature similaire à celle de la pensée, comme l'ont fait beaucoup de systèmes philosophiques. On pourrait dire que si tout l'univers est semblable à la pensée, alors on a automatiquement le développement d'une sorte de mémoire cosmique. Il existe des systèmes de pensée qui adoptent exactement ce point de vue. L'un d'entre eux est un système bouddhiste Mahayana : la notion d'Alayavijnana, ou conscience fondamentale, est assez similaire à la notion de mémoire cosmique. Il me semble que les théosophes ont repris en partie cette idée en parlant d'archives akashiques. Par ailleurs, pour une école de pensée hindouiste, tout l'univers est le produit du rêve de Vishnou. Dans son rêve, ce Dieu met l'univers au monde. Il est aussi réel qu'un rêve et comme Vishnou est un Dieu qui fait durer les choses et qui rêve pendant longtemps, l'univers conserve

une certaine homogénéité. Il y a une mémoire dans ce rêve ; ce dont a rêvé Vishnou par le passé a eu tendance à se reproduire, en suivant des lois et dynamiques propres. Tous ces systèmes de pensée ont intégré la notion de mémoire. On pourrait donc formuler tout cela en employant le jargon psychologique. Mais cela n'aide pas vraiment à établir un véritable contact avec la physique moderne et avec la perspective moderne du monde adoptée par la science. Aussi, en un sens, les notions telles que l'ordre impliqué semblent être une meilleure façon d'aborder le problème, car l'ordre impliqué a une connotation neutre. C'est quelque chose qui peut sous-tendre à la fois la réalité physique et la pensée. Par conséquent, cette notion transcende la dichotomie habituelle entre le matérialisme et l'idéalisme, à savoir que soit toute la réalité est matérielle, soit elle est mentale. La notion d'ordre impliqué présente le grand avantage de transcender cette distinction.

**Bohm :** En réalité, sa quintessence est cette transcendance.

**Sheldrake :** Si l'on adopte une vision plus large de la créativité, on en vient à la notion de processus évolutionniste global. Il s'agit là clairement d'un processus créatif. Comment pensez-vous que cette forme de créativité évolutionniste soit liée à ce modèle ?

**Bohm :** On pourrait spéculer que la vie est en grande partie la duplication constante de formes qui varient peu, et c'est similaire à notre expérience de pensée : une duplication constante d'un modèle avec des variantes. Mais ensuite, on peut se demander comment il se fait que l'on obtienne des variantes, que l'on transcende ce modèle.

**Sheldrake :** Oui, des «bonds» créatifs.

**Bohm :** Des «bonds», oui. Voyez-vous, on parle de «bonds» quand il y a projection dans les catégories figées de pensée.

Si l'on devait dire qu'il existe une proto-intelligence ou une intelligence impliquée dans la matière à mesure qu'elle évolue, qu'elle n'évolue pas en suivant une séquence causale, mais qu'elle est constamment créée et dupliquée, alors on laisse une place à ce genre d'acte créatif, ainsi qu'à la projection et à l'introjection d'un contenu créatif.

**Sheldrake:** Ce qui est impliqué dans cette créativité semble être de nature à créer des liens, semble être un tout qui englobe ses parties et créer des relations entre elles. Elles sont ainsi reliées au sein d'un nouveau tout, qui n'existait pas auparavant. Dans cette prise de conscience créative, deux éléments auparavant séparés ont été reliés dans un tout.

**Bohm:** Oui. Elles sont maintenant considérées comme de simples aspects du tout, au lieu d'avoir une existence indépendante. On a conscientisé un nouveau tout et à partir de là, on peut aussi créer une réalité extérieure.

**Sheldrake:** Ainsi, le processus créatif, qui engendre de nouvelles pensées, à travers lesquelles de nouveaux tous sont conscientisés, est similaire de ce point de vue à la réalité créative qui donne naissance à de nouveaux tous dans le processus évolutionniste. Le processus créatif pourrait être considéré comme une mise en place successive de tous plus complexes et de niveaux supérieurs, à travers l'association d'éléments précédemment séparés.

La nature conscientise ce plus grand tout à un niveau plus profond, qui est analogue à l'imagination, et à partir de là, elle déploie l'environnement extérieur. Comme quand une prise de conscience créative survient dans l'organisme biologique.

**Bohm:** Et conscientisés maintenant non pas en tant que parties indépendantes, mais en tant qu'aspects d'un tout plus grand qui a de nouveaux attributs.

**Sheldrake:** Tout à fait, et c'est justement cette prise de conscience d'un tout plus grand qui crée ce tout plus grand.

**Bohm:** Oui, et il pourrait même le proposer, comme pour l'imagination ou pour une prise de conscience. On prend mentalement conscience du tout et ensuite, on le concrétise à l'extérieur, en y travaillant. On pourrait donc supposer, mettons, que d'une manière ou d'une autre, la nature prend conscience qu'on lui présente différentes choses qui doivent maintenant être rassemblées. La nature conscientise ce plus grand tout à un niveau plus profond, qui est analogue à l'imagination, et à partir de là, elle déploie l'environnement extérieur. Comme quand une prise de conscience créative survient dans l'organisme biologique.

**Sheldrake:** Exactement. Maintenant, pensez-vous que ces relations entre des éléments qui en font des parties du tout plus grand pourraient, il y a très longtemps, avoir donné naissance aux forces fondamentales de la physique? Par exemple, se pourrait-il que les forces gravitationnelles qui relient toute la matière soient le produit d'un déclic créatif qui à l'origine, a permis de prendre conscience que toute la matière était une?

**Bohm:** On pourrait dire qu'en rassemblant divers éléments auparavant disparates, il y a soudain eu une prise de conscience de leur unité et que cela a créé un tout nouveau, l'univers tel que nous le connaissons. On pourrait dire que la nature a une intention, voyez-vous, qui est beaucoup plus profonde que ce qui apparaît en surface.

**Sheldrake:** Maintenant, les lois naturelles sont-elles éternellement fixées ou se développent-elles progressivement? Comment voyez-vous les choses?

**Bohm:** Je pense, à la lumière de l'ordre impliqué, qu'il faut faire appel à la notion de champ formatif devenant



progressivement nécessaire. Même la physique moderne va dans ce sens en affirmant qu'il y a eu une période (avant le Big Bang) avant même qu'aient existé ces unités que sont les molécules, les quarks et les atomes, et sur lesquelles nous fondons cette nécessité. Aussi, si vous disiez qu'il existait certaines lois figées et éternelles ayant trait aux molécules et aux atomes, alors que diriez-vous si vous remontez à l'époque précédant l'apparition des atomes et des molécules? La physique ne peut rien dire à ce sujet, n'est-ce pas? Elle peut seulement dire que ces particules se sont formées à un certain stade. Aussi, il faudrait qu'il y ait eu une évolution par laquelle la nécessité dans un certain champ soit devenue de plus en plus figée. On le voit même quand on refroidit une substance qui se liquéfie. Au départ, on obtient de petites agglomérations de liquide éphémères; par la suite, elles s'agrandissent et deviennent plus définies. Aujourd'hui, les physiciens expliquent cela en disant que les lois régissant les molécules sont éternelles et que les molécules ne sont que les conséquences de ces lois, ou alors qu'elles sont dérivées de celles-ci. Mais si l'on remonte dans le temps et que l'on se demande où se trouvaient les molécules, à l'origine, elles étaient des protons et des électrons, qui étaient à l'origine eux-mêmes des quarks, qui étaient à l'origine eux-mêmes des sous-quarks. Et on remonte à un stade où aucune des unités que nous connaissons n'existait, et donc, tout ce raisonnement s'affaiblit en quelque sorte. Vous pouvez alors dire qu'en général, les champs de nécessité ne sont pas éternels, et qu'ils se forment et évoluent constamment.

**Sheldrake:** Je pense que la vision conventionnelle et scientifique actuelle ne s'est pas vraiment confrontée à tout cela. Voyez-vous, la science a commencé par une sorte de notion néoplatonicienne, néopythagoricienne, à savoir l'idée de lois intemporelles, que l'on considère comme allant de soi depuis

très longtemps en science. Je pense que quand la théorie évolutionniste en biologie est entrée en scène, cela a marqué le début du changement. On a ensuite eu une vision évolutionniste de la réalité au sujet de la faune et de la flore, mais on considérait toujours qu'il existait un arrière-plan intemporel dans le monde physique, dans le monde moléculaire et atomique. Maintenant, on est passé à la cosmologie du Big Bang, qui est largement acceptée. On a donc l'idée que tout l'univers est radicalement évolutionniste. Mais pour moi, cela provoque une crise, et c'est normal. La notion de lois éternelles, qui ont toujours existé et sont en quelque sorte omniprésentes dans l'espace et le temps, cesse d'avoir vraiment du sens quand on a un Big Bang historique réel, parce qu'alors se pose un problème : où étaient ces lois avant le Big Bang ?

Les trous noirs échappent au temps et à l'espace tels que nous les connaissons ; ces notions disparaissent. Il n'y a pas que la matière qui disparaît, mais aussi tout ordre habituel que nous connaissons. Par conséquent, on pourrait dire que tout disparaît, ou alors que rien ne disparaît.

Bohm : Il y a également la croyance, qui est communément acceptée, qu'au cœur des trous noirs, les lois que nous connaissons disparaîtraient également. Comme vous le dites, les scientifiques ne s'y sont pas encore confrontés, parce qu'ils réfléchissent encore à l'ancienne, en fonction de lois éternelles. Mais certains physiciens en ont conscience. Un jour, un cosmologiste faisait une conférence et a dit : « Vous savez, autrefois, je pensais que tout était régi par une loi de la nature et que tout était figé, mais concernant les trous noirs, tout peut arriver. Voyez-vous, il serait même possible qu'ils fassent soudainement apparaître le logo Coca-Cola. » [Rires] Aussi, la notion de lois éternelles ne semble pas tenir,

car le temps lui-même fait partie de la nécessité qui s'est mise en place. Les trous noirs échappent au temps et à l'espace tels que nous les connaissons; ces notions disparaissent. Il n'y a pas que la matière qui disparaît, mais aussi tout ordre habituel que nous connaissons. Par conséquent, on pourrait dire que tout disparaît, ou alors que rien ne disparaît.

**Sheldrake:** Ce qu'il y a d'intéressant dans la théorie du Big Bang est qu'à la minute même où il faut aborder la question des origines des lois de la nature, on est forcé d'admettre les hypothèses philosophiques qui sous-tendent toute forme de science. Les gens qui se considèrent comme des mécanistes ou des pragmatistes purs et durs considèrent la métaphysique comme une perte de temps, comme une activité spéculative vaine, alors qu'ils sont censés être des scientifiques pragmatiques qui doivent se mettre au boulot. Mais on peut les forcer à prendre conscience du fait que leur vision intemporelle des lois de la nature, qui est impliquée dans tout ce qu'ils disent, pensent ou font, est en réalité une perspective métaphysique. Et c'est *une* perspective métaphysique possible, mais pas la seule. Quand je parle avec des amis biologistes, ils me disent que ce que je fais relève de la métaphysique. Alors je leur propose de regarder ce qu'ils font eux-mêmes. Je les confronte à cette question: où étaient les lois de la nature avant le Big Bang? La plupart d'entre eux répondent qu'elles doivent avoir toujours existé. Mais où? On n'a aucune connaissance de l'existence de matière avant le Big Bang. Où étaient ces lois de la nature, qui étaient en quelque sorte «flottantes»? Ils me répondent que, d'une façon ou d'une autre, elles devaient exister. Ce à quoi je leur demande s'ils ne trouvent pas que c'est un concept assez métaphysique, au sens littéral du terme, parce que cela transcende la physique actuelle. Tôt ou tard, ils doivent le reconnaître. Dès qu'on en arrive là, la certitude sur laquelle beaucoup de scientifiques

## LA MÉMOIRE DE L'UNIVERS

estiment que leur vision du monde est fondée disparaît purement et simplement. Il devient alors clair que la science actuelle présuppose sans recul critique une forme possible de métaphysique. Quand on s'y confronte, on peut au moins commencer à y réfléchir, au lieu d'accepter qu'une manière d'y songer aille de soi. Et si on commence à y songer, on peut en approfondir sa compréhension.

# Table des matières

|                                                                          |    |
|--------------------------------------------------------------------------|----|
| Avant-propos.....                                                        | 7  |
| Préface. À la première édition (1987).....                               | 11 |
| Préface. À la deuxième édition (2011).....                               | 15 |
| Introduction. Les habitudes de la nature.....                            | 23 |
| Chapitre 1. Éternité et évolution.....                                   | 33 |
| L'évolution dans un monde éternel.....                                   | 33 |
| L'éternité physique.....                                                 | 34 |
| L'évolution.....                                                         | 36 |
| L'univers évolutif.....                                                  | 40 |
| Les lois de la nature évoluent-elles?.....                               | 45 |
| Le développement des habitudes.....                                      | 50 |
| Chapitre 2. Lois immuables, énergies permanentes....                     | 55 |
| Intuitions d'une réalité intemporelle.....                               | 55 |
| Les pythagoriciens.....                                                  | 56 |
| Platonisme, aristotélisme<br>et émergence de la science occidentale..... | 58 |
| De Nicolas de Cues à Galilée.....                                        | 61 |
| Descartes et la philosophie mécaniste.....                               | 65 |
| Atomisme et matérialisme.....                                            | 68 |
| La synthèse newtonienne.....                                             | 70 |
| La théorie de la relativité.....                                         | 72 |

## LA MÉMOIRE DE L'UNIVERS

|                                                                     |         |
|---------------------------------------------------------------------|---------|
| La théorie quantique.....                                           | 74      |
| L'énergie éternelle.....                                            | 76      |
| La survie des lois éternelles.....                                  | 79      |
| Des expériences reproductibles.....                                 | 81      |
| <br>Chapitre 3. Du progrès humain<br>à l'évolution universelle..... | <br>87  |
| La foi dans les desseins divins.....                                | 88      |
| La foi dans le progrès humain.....                                  | 91      |
| Évolution progressive.....                                          | 94      |
| Des changements très lents.....                                     | 97      |
| L'arbre de vie.....                                                 | 102     |
| L'horloger aveugle.....                                             | 106     |
| Les organismes évolutifs.....                                       | 109     |
| <br>Chapitre 4. La nature des formes physiques.....                 | <br>113 |
| La nature insaisissable de la forme.....                            | 113     |
| Les philosophies de la forme.....                                   | 115     |
| Physique et chimie platoniciennes.....                              | 118     |
| La biologie platonicienne.....                                      | 123     |
| La biologie aristotélicienne.....                                   | 128     |
| La biologie matérialiste.....                                       | 129     |
| La morphogenèse.....                                                | 130     |
| <br>Chapitre 5. Le mystère de la morphogenèse.....                  | <br>133 |
| Le problème irrésolu de la morphogenèse.....                        | 133     |
| Les organismes ne sont pas préformés.....                           | 134     |
| La régénération de la plénitude.....                                | 137     |
| Le plasma germinatif.....                                           | 140     |
| L'entéléchie.....                                                   | 145     |

## TABLE DES MATIÈRES

|                                                                     |     |
|---------------------------------------------------------------------|-----|
| Les gènes égoïstes.....                                             | 148 |
| Les programmes génétiques.....                                      | 151 |
| La dualité de la matière et de l'information.....                   | 155 |
| Pourquoi les gènes sont-ils surestimés?                             | 157 |
| Les théories chimiques de la formation de schème...                 | 159 |
| Les tous organiques.....                                            | 164 |
| Chapitre 6. Les champs morphogénétiques.....                        | 169 |
| Des champs de types différents.....                                 | 169 |
| Les champs morphogénétiques.....                                    | 172 |
| La nature des champs morphogénétiques.....                          | 176 |
| L'évolution des champs morphogénétiques.....                        | 182 |
| L'hypothèse de la causalité formative.....                          | 184 |
| Influence à travers l'espace et le temps.....                       | 188 |
| Les champs morphiques.....                                          | 191 |
| Les champs d'information.....                                       | 192 |
| L'apparition de champs nouveaux.....                                | 193 |
| Chapitre 7. Champs, matière<br>et résonance morphique.....          | 195 |
| L'éther, les champs et la matière.....                              | 195 |
| Atomes et organismes :<br>des champs dans des champs.....           | 200 |
| Les champs morphiques<br>en tant que structures de probabilité..... | 202 |
| Une hypothèse provisoire.....                                       | 204 |
| La résonance morphique moléculaire.....                             | 205 |
| La structure et la morphogenèse des protéines.....                  | 206 |
| Expériences sur l'enroulement protéinique.....                      | 213 |
| La résonance morphique et la cristallisation.....                   | 215 |

## LA MÉMOIRE DE L'UNIVERS

|                                                                      |     |
|----------------------------------------------------------------------|-----|
| Expériences de cristallisation.....                                  | 217 |
| Symétrie et résonance interne.....                                   | 219 |
| Autorésonance.....                                                   | 220 |
| Physique quantique et champs morphiques.....                         | 223 |
| Chapitre 8. L'héritage biologique.....                               | 231 |
| Les gènes et les champs.....                                         | 231 |
| Les mutations.....                                                   | 234 |
| La transmission «lamarckienne»<br>des caractéristiques acquises..... | 239 |
| L'hérédité épigénétique.....                                         | 242 |
| L'hérédité des caractères acquis<br>chez la mouche du vinaigre.....  | 243 |
| Les champs morphiques dominants et récessifs.....                    | 250 |
| Les champs morphiques<br>du comportement instinctif.....             | 254 |
| L'héritage des champs comportementaux.....                           | 261 |
| Études sur les vrais jumeaux.....                                    | 265 |
| «L'héritabilité manquante»<br>et le projet génome humain.....        | 270 |
| La résonance morphique et l'hérédité.....                            | 272 |
| Chapitre 9. Mémoire animale.....                                     | 275 |
| La résonance morphique et la mémoire.....                            | 275 |
| Les souvenirs sont-ils stockés dans le cerveau ?                     | 277 |
| L'habituation.....                                                   | 289 |
| L'apprentissage.....                                                 | 293 |
| La transmission de l'apprentissage<br>par résonance morphique.....   | 296 |
| L'évolution de nouveaux<br>schémas comportementaux.....              | 305 |



## TABLE DES MATIÈRES

|                                                                          |     |
|--------------------------------------------------------------------------|-----|
| Chapitre 10. La résonance morphique<br>dans l'apprentissage humain ..... | 315 |
| L'acquisition de compétences physiques .....                             | 315 |
| L'apprentissage des langues .....                                        | 317 |
| Quelques tests empiriques<br>sur l'apprentissage des langues .....       | 324 |
| Tests avec des comptines enfantines .....                                | 324 |
| Tests avec le code Morse .....                                           | 333 |
| Un test possible à l'aide de claviers en hindi .....                     | 334 |
| Les études portant sur des champs<br>morphiques nouveaux .....           | 337 |
| Des scores aux tests de QI en augmentation .....                         | 345 |
| Chapitre 11. Mémoire et oubli .....                                      | 353 |
| Les champs comportementaux et mentaux .....                              | 354 |
| Souvenirs et résonance morphique .....                                   | 357 |
| Habituation et attention .....                                           | 360 |
| Reconnaissance .....                                                     | 362 |
| Évocation .....                                                          | 364 |
| Cerveau et souvenirs .....                                               | 368 |
| La théorie des traces mémorielles .....                                  | 371 |
| Lésions cérébrales et perte de la mémoire .....                          | 372 |
| La remontée de souvenirs<br>par stimulation électrique .....             | 377 |
| Oubli .....                                                              | 379 |
| La résonance avec autrui .....                                           | 382 |
| Chapitre 12. Esprit, cerveau et souvenir .....                           | 385 |
| Matérialisme <i>versus</i> dualisme .....                                | 385 |
| Les programmes du cerveau .....                                          | 389 |

|                                                                    |     |
|--------------------------------------------------------------------|-----|
| Cerveau et mental élargi .....                                     | 392 |
| La vue .....                                                       | 394 |
| Les champs perceptuels .....                                       | 400 |
| Image du corps et membres fantômes .....                           | 402 |
| Mental élargi et expérience personnelle .....                      | 407 |
| Chapitre 13. Les champs morphiques<br>des sociétés animales .....  | 409 |
| Les sociétés animales considérées<br>comme des organismes .....    | 409 |
| Les sociétés d'insectes .....                                      | 413 |
| Bancs, bandes et troupeaux .....                                   | 420 |
| Les vols d'oiseaux .....                                           | 423 |
| Modèles informatiques .....                                        | 428 |
| L'organisation des sociétés animales .....                         | 432 |
| L'héritage culturel .....                                          | 433 |
| Chapitre 14. Les champs des sociétés<br>et cultures humaines ..... | 437 |
| Les sociétés humaines considérées<br>comme des organismes .....    | 438 |
| L'héritage culturel .....                                          | 440 |
| Les théories d'organisation sociale et culturelle .....            | 443 |
| Fonctionnalisme et structuralisme .....                            | 444 |
| Esprit de groupe .....                                             | 448 |
| Comportement collectif .....                                       | 450 |
| L'inconscient collectif .....                                      | 453 |
| La psychologie évolutionniste .....                                | 456 |

## TABLE DES MATIÈRES

|                                                                              |     |
|------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Chapitre 15. Les mythes, les rituels<br>et l'influence de la tradition ..... | 461 |
| Mythes et origines .....                                                     | 461 |
| Les rituels .....                                                            | 466 |
| Les initiations .....                                                        | 469 |
| Traditions, écoles, styles et influences .....                               | 473 |
| Les champs de la science .....                                               | 476 |
| Chapitre 16. L'évolution de la vie .....                                     | 483 |
| La foi évolutionniste .....                                                  | 483 |
| L'ambiguïté de Darwin .....                                                  | 485 |
| Variation spontanée .....                                                    | 487 |
| Les effets de l'habitude .....                                               | 490 |
| La sélection naturelle .....                                                 | 496 |
| L'évolution des champs morphiques .....                                      | 501 |
| Extinction et atavisme .....                                                 | 505 |
| Convergences évolutives .....                                                | 510 |
| Chapitre 17. La causalité formative<br>dans l'évolution cosmique .....       | 519 |
| La science, Dieu et les origines de l'univers .....                          | 519 |
| L'évolution des champs connus de la physique .....                           | 522 |
| Les univers mathématiques .....                                              | 526 |
| Existe-t-il un dessein derrière l'évolution ? .....                          | 529 |
| La causalité formative<br>et l'évolution de la physique .....                | 530 |
| La résonance morphique entre les planètes .....                              | 532 |
| La matière noire et l'énergie noire .....                                    | 535 |
| Les champs morphiques des galaxies .....                                     | 536 |
| L'autorésonance universelle .....                                            | 537 |

|                                                              |     |
|--------------------------------------------------------------|-----|
| Chapitre 18. La créativité<br>au sein d'un monde vivant..... | 541 |
| Le mystère de la créativité .....                            | 541 |
| Comment l'évolution rend la vie à la nature .....            | 544 |
| Champs, âmes et magie.....                                   | 549 |
| Les champs morphiques créatifs.....                          | 552 |
| Habitude et créativité.....                                  | 559 |
| L'origine des champs nouveaux.....                           | 560 |
| Le champ primordial de la nature.....                        | 562 |
| Épilogue.....                                                | 565 |
| Références.....                                              | 567 |
| Glossaire.....                                               | 587 |
| Annexe. Les champs morphiques<br>et l'ordre impliqué.....    | 601 |
| Notes.....                                                   | 631 |

# Notes

## *Préface à la deuxième édition*

- |                           |                                |
|---------------------------|--------------------------------|
| 1. Horgan (1997), p. 16.  | 6. Woit (2007).                |
| 2. Ridley (2006), p. 208. | 7. Smolin (2007).              |
| 3. Olsen et Varki (2004). | 8. Davies (2006).              |
| 4. Maher (2008).          | 9. Collins, R. dans Carr (éd.) |
| 5. Jones (2009).          | (2007).                        |

## *Chapitre 1. Éternité et évolution*

- |                                                                                                       |                                                                                                          |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Pour un exposé non technique, cf. Capra (1983).                                                    | 185. Cf. Sheldrake, McKenna et Abraham (2005), ch. 8 et 10.                                              |
| 2. Davies (1984), p. 105.                                                                             | 18. Pagels (1985), p. 347.                                                                               |
| 3. Barrow et Tipler (1986), p. 412-413.                                                               | 19. Pour une discussion relativement récente de la question, cf. Cartwright (1983).                      |
| 4. Teilhard de Chardin (1955).                                                                        | 20. Cité dans Potters (1967), p. 190.                                                                    |
| 5. Cité dans Burt (1932), p. 9.                                                                       | 21. <i>Ibid.</i>                                                                                         |
| 6. Woit (2007).                                                                                       | 22. Dans Murphy et Ballou (1961).                                                                        |
| 7. Cf. László (1987).                                                                                 | 23. E. a. Bergson (1946); Fawcett (1916).                                                                |
| 8. Guth et Steinhardt (1984).                                                                         | 24. Butler (1880), p. 175-176.                                                                           |
| 9. Weinberg (1988); Pagels (1985).                                                                    | 25. Butler (1922), p. 297.                                                                               |
| 10. Davies (1984), p. 8.                                                                              | 26. Pour des réflexions sur cette discussion, cf. Russell (1916), p. 335-344 et Gould (1977), p. 96-100. |
| 11. Press (1986).                                                                                     | 27. Hyatt (1893), p. 4.                                                                                  |
| 12. Barrow et Tipler (1986), p. 16.                                                                   | 28. E. a. Semon (1921); Rignano (1926).                                                                  |
| 13. <i>Ibid.</i> , p. 21.                                                                             |                                                                                                          |
| 14. <i>Ibid.</i> , p. 23.                                                                             |                                                                                                          |
| 15. Carr (2007), p. 4.                                                                                |                                                                                                          |
| 16. Collins, R., «The multiverse hypothesis: a theistic perspective», dans Carr (éd.) (2007), p. 460. |                                                                                                          |
| 17. Terence McKenna, communication personnelle, c.                                                    |                                                                                                          |

## Chapitre 2.

### *Lois immuables, énergies permanentes*

1. Burkert (1972), p. 40.
2. Philip (1966); Gorman (1979).
3. Philip (1966).
4. Burkert (1972).
5. *Ibid.*, chap. 6, p. 482.
6. Jaki (1978); Wilber (1984), p. 101-11.
7. Gilson (1971).
8. Burt (1932), p. 42.
9. Dijksterhuis (1961), p. 225-233.
10. Burt (1932), p. 44.
11. *Ibid.*, p. 45.
12. *Ibid.*, p. 48.
13. *Ibid.*, p. 54.
14. *Ibid.*, p. 64.
15. *Ibid.*, p. 75.
16. Cité dans Wallace (1910), p. 79-80.
17. Dijksterhuis (1961).
18. Koestler (1967).
19. Cité dans Wallace (1910), p. 79-80.
20. *Ibid.*, p. 85.
21. Burnet (1930).
22. Merchant (1982).
23. Leclerc (1972); Dobbs (1975); Westfall (1980); Castillejo (1981).
24. Newton (1985), p. 114-116.
25. Einstein (1979), p. 17-19.
26. Dans Wilber, éd. (1982); p. 185.
27. *Ibid.*, p. 137.
28. *Ibid.*, p. 116.
29. *Ibid.*, p. 51.
30. Greene (2000).
31. Cependant, dans le cadre de la relativité générale, des complications surgissent du fait de l'effondrement des définitions normales de l'énergie et du mouvement à des distances comparables à la taille de l'univers tout entier.
32. Feynman (1970).
33. Prigogine (1980), p. 3-4.
34. Cité dans Pagels (1983), p. 336.
35. Davis et Hersh (1986).
36. Pagels (1983), p. 331.
37. Popper (1990), p. 134.
38. *Ibid.*, p. 13-89.

## Chapitre 3.

### *Du progrès humain à l'évolution universelle*

1. Eliade (1949).
2. *Ibid.*
3. Apocalypse selon Jean, XXI, 1.
4. Russel (1968); Griffiths (1982).
5. Eliade (1949).
6. Nisbet (1980).
7. Épitre aux Hébreux XI, 1, 7, 8, 13-16.
8. Cohn (1983).
9. Bacon (1983).
10. Pour une discussion des visions baconiennes de la nature selon une perspective féminine cf. Griffin (2021); Merchant (1982).
11. Cf. Gilson (1971), chap. 3.
12. *Ibid.*

## NOTES

13. Bowler (1984), chap. 8; Mayr (1982), chap. 11.
14. Bowler (1984), chap. 2.
15. Gillespie (1960), chap. 7.
16. Bowler (1984), chap. 2.
17. Gillespie (1960), chap. 7.
18. Gillespie (1979).
19. *Ibid.*
20. Darwin (1876), v. 1, p. 275.
21. *Ibid.*, p. 274.
22. Gould et Eldredge (1977).
23. Alvarez *et al.* (1980); Maddox (1984a).
24. Maddox (1984b).
25. Hallam (1984).
26. Maddox (1985b).
27. Genèse, II, 8-9.
28. Cité dans Richard Dawkins, *L'Horloger aveugle*, Robert Laffont, 1999.
29. Darwin (1876), chap. 4.
30. Dawkins (1988), p. 9-10.
31. E. a. Dembski (2006).
32. Wallace (1911), p. 394-395.
33. Bergson (1941), p. 26-7.
34. Whitehead (1925), chap. 6.
35. *Ibid.*
36. Whyte (1974), p. 43.
37. *Ibid.*, p. 40.

### Chapitre 4. *La nature des formes physiques*

1. Dans Bynum *et al.* (1981), p. 300.
2. E. a., Capra (1979).
3. Pour une discussion intéressante de ce processus, cf. Popper (1983).
4. Bowler (1984), p. 59-63.
5. *Ibid.*, p. 120-121.
6. Driesch (1914), p. 141.
7. Thompson (1942), p. 869-870.
8. Cf. aussi Riedl (1978).
9. Webster et Goodwin (1982).
10. Webster, dans Ho et Saunders (1984), p. 193-217.
11. Goodwin (1982), p. 51.

### Chapitre 5. *Le mystère de la morphogenèse*

1. Needham (1959), p. 205.
2. *Ibid.*
3. Holder (1981).
4. *Ibid.*
5. Le **bootstrap** est une méthode pour résoudre certaines théories quantiques des champs.
6. Needham (1959), p. 210.
7. Holder (1981).
8. Cité dans Moore (1972).
9. Driesch (1908).
10. Weismann (1893).
11. Darwin (1868), chap. 27.
12. Wolpert (1975).
13. Wolpert (1975).
14. Wolpert et Sheldrake (2009). Voir aussi Schnabel (2009).
15. E. a., Crick (1966).
16. Monod (1970), p. 47.
17. Cité dans Driesch (1914), p. 119.
18. Driesch (1908)

19. *Ibid.*
20. Weismann (1893).
21. Dawkins (1978).
22. *Ibid.*
23. Dawkins (1982), p. 113.
24. Pour une critique lucide du programme génétique et des concepts apparentés, cf. Oyama (1985).
25. Gerhardt *et al.* (1982), p. 111.
26. *Ibid.*, p. 112.
27. Pour des comptes rendus relatifs aux controverses opposant vitalistes et mécanistes, cf. Nordenskiöld (1928); Coleman (1977).
28. Dawkins (1982), p. 294.
29. Varela (1979), p. 9.
30. Wiener (1961), p. 132.
31. Dawkins (1982), p. 21.
32. Seul un morphogène putatif a été identifié à ce jour dans des embryons animaux, l'acide rétinoïque dans les pattes en développement du poulet (Slack, 1987; Thaller et Eichele, 1987).
33. Prigogine (1980); Prigogine et Stengers (1984).
34. Meinhardt (1982), p. 13.
35. Wolpert (1978), p. 154.
36. E. a. Gerhardt *et al.* (1982), p. 87-114.
37. Cité dans Lewin (1984), p. 1327.
38. *Ibid.*
39. E. a. von Bertalanffy (1971).
40. Koestler (2013), p. 385.
41. Sheldrake (1985), p. 73.
42. Whyte (1974), p. 43.
43. Von Bertalanffy, dans Koestler et Smythies (1969); Capra (1983).
44. Eigen et Winkler (1982).
45. Miller (1978).
46. Institute for Systems Biology, 2009 : [http://www.systemsbiology.org/Intro\\_to\\_ISB\\_and\\_Systems\\_Biology/Systems\\_Biology\\_-\\_the\\_21st\\_Century\\_Science](http://www.systemsbiology.org/Intro_to_ISB_and_Systems_Biology/Systems_Biology_-_the_21st_Century_Science).

## Chapitre 6.

### *Les champs morphogénétiques*

1. Greene (2000).
2. Davies (1984), p. 7.
3. Gurwitsch (1922); traduit par Spemann (1938).
4. Weiss (1939), p. 291.
5. Waddington (1957).
6. Cité dans Haraway (1976), p. 58.
7. *Ibid.*, p. 61.
8. Abraham et Shaw (1984).
9. Michèle Porte, René Thom, *La Dynamique qualitative en psychanalyse*, Paris, PUF, 1994.
10. *Ibid.*, p. 167.
11. Haraway (1976), p. 58.
12. Thom (1972).
13. Thom (1983), p. 141.
14. Goodwin, dans Ho et Saunders (1984), p. 229.
15. *Ibid.*, p. 239.
16. Weiss (1939), p. 292.
17. Dans Waddington (1972), p. 138.
18. Gierer (1981), p. 4.
19. *Ibid.*, p. 5.
20. Goodwin et Cohen (1969).
21. Goodwin (1980).



## NOTES

- |                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>22. Goodwin, dans Ho et Saunders (1984).</p> <p>23. Gierer (1981), p. 44.</p> <p>24. Dawkins (1988), chap. 3.</p> <p>25. Rapp (1979; 1987).</p> | <p>26. Williams (1979).</p> <p>27. Rapp (1979).</p> <p>28. E. a. Bünning (1973).</p> <p>29. E. a. Changeux (1983).</p> <p>30. Sheldrake (1985).</p> |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

## Chapitre 7. *Champs, matière et résonance morphique*

- |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>1. Hesse (1961).</p> <p>2. Nersessian (1984).</p> <p>3. Berkson (1974).</p> <p>4. Cité dans Hesse (1961), p. 210.</p> <p>5. Nersessian (1984).</p> <p>6. Cité dans Hesse (1961), p. 211.</p> <p>7. Nersessian (1984), p. 199.</p> <p>8. <i>Ibid.</i>, p. 207.</p> <p>9. D'Espagnat (1976).</p> <p>10. Davies (1979).</p> <p>11. Pagels (1983), chap. 8.</p> <p>12. Murrell <i>et al.</i> (1978).</p> <p>13. E. a. Pecher (1939); Verveen et de Felice (1974).</p> <p>14. Les champs morphiques peuvent être considérés comme des champs de tendance au sens où l'entend Popper (1982).</p> <p>15. Maddox (1986).</p> <p>16. Helgaker <i>et al.</i> (2004).</p> <p>17. Sheldrake (1985).</p> <p>18. Alberts <i>et al.</i> (1983), p. 111-113.</p> <p>19. NIH (2000).</p> <p>20. Creighton (1978).</p> <p>21. Creighton (1983).</p> <p>22. Janin et Wodak (1983).</p> <p>23. Anfinsen et Scheraga (1975).</p> <p>24. Creighton (1978).</p> <p>25. Alberts <i>et al.</i> (1983), p. 118.</p> <p>26. Creighton (1978), p. 235.</p> <p>27. Alberts <i>et al.</i> (1983), p. 119.</p> <p>28. Vainshtein <i>et al.</i> (1975).</p> <p>29. L'idée d'expériences sur l'enroulement protéinique me</p> | <p>fut suggérée au cours d'une discussion, à Harvard, avec le Dr Stephen Jay Gould et certains de ses étudiants. Hélas, ni le Dr Gould ni moi ne parvîmes à nous remémorer... le nom de l'étudiant l'ayant avancée.</p> <p>30. Il serait préférable de choisir pour cette expérience des enzymes relativement complexes, leur réenroulement étant relativement lent – une heure voire plus. Le rythme de réenroulement peut être évalué par rapport à la reprise de l'activité enzymatique (Teipel et Koshland, 1971).</p> <p>31. Le problème majeur avec ce schème expérimental tient à ce qu'il n'est peut-être pas possible d'amener des protéines à se dérouler de manière à adopter des états différents de ceux se manifestant dans la nature. En ce cas, le réenroulement, à partir des points de départ normaux, suivrait les chréodes normales, lesquelles auraient déjà été stabilisées par la résonance morphique d'innombrables molécules passées. Cette résonance d'arrière-fonds balayerait toute influence des protéines réenroulées de manière expérimentale. Mais nos connaissances sont limitées quant à la manière</p> |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

- dont les protéines s'enroulent dans les cellules, et on ignore si le processus de réenroulement dans des conditions de laboratoire suit exactement le même canal que dans des conditions naturelles (Baldwin et Creighton, 1980). En conséquence, si cette expérience particulière se soldait par un échec, il serait impossible d'en tirer des conclusions valables. Quoi qu'il en soit, il serait intéressant de pratiquer cette expérience, en dépit de ses inconvénients méthodologiques, car un résultat positif aurait une signification des plus importantes.
32. Sheldrake (1985).
  33. Dunitz et Scheraga (2004).
  34. Maddox (1985a).
  35. McLachlan (1957); cf. aussi Schrack (1985).
  36. Maddox (1985a).
  37. Danckwerts (1982).
  38. Sheldrake (1985).
  39. Jantz (1979).
  40. Cité dans Griffin (1982).
  41. Griffin (1982).
  42. Dürr (1997), traduction dans Dürr (2003).
  43. Dürr (1997), p. 247.
  44. Greene (2000).
  45. Smolin (2007).
  46. Carr (2008).
  47. László (1996).
  48. Zurek (2009).
  49. Bohm (1987), p. 195.
  50. *Ibid.*, p. 151.
  51. *Ibid.*, p. 174.
  52. *Ibid.*, p. 175.
  53. Pour une discussion non technique, voir par exemple Pagels (1983).
  54. Bohm (1980), p. 146.
  55. *Ibid.*, p. 13.
  56. *Ibid.*, p. 204.
  57. Bohm et Weber «Nature as creativity», IN *ReVision* 5(2): 35-40, (1982), p. 35-36.

## Chapitre 8.

### *L'héritage biologique*

1. King et Wilson (1975).
2. Olsen et Varki (2004).
3. King et Wilson (1975).
4. Ce pourrait être dû, par exemple, à un effet sur les propriétés chimiques ou physiques des primordia, ou sur leur taille. Pour un modèle mathématique du développement de ces feuilles mutantes, cf. Young (1983).
5. Struhl (1981).
6. Lewis (1978).
7. Lawrence et Morata (1983); Sanchez-Herrero *et al.* (1985).
8. North (1986); McGinnis *et al.* (1984).
9. E. a. Beachy *et al.* (1985).
10. Carroll *et al.* (2001).
11. Gerhart et Kirschner (1997).
12. Goodwin, dans Ho et Saunders (1984).
13. Mayr (1982), p. 356.
14. Darwin (1876, 1868).
15. Darwin (1868), p. 379.
16. Medvedev (1971); Joravsky (1970).
17. Rignano (1911); Semon (1912); Kammerer (1924).

## NOTES

18. Hudson et Richens (1946);  
cf. aussi «The Problem of  
Kysenkoism» dans Levins et  
Lewontin (1985).
19. Young (1968).
20. www.epigenome.org.
21. Waddington (1975).
22. Waddington (1952).
23. Waddington (1975), p. 59a.
24. Dans Koestler et Smythies  
(1969), p. 383.
25. Ho *et al.* (1983)
26. On pourrait supposer que les  
mouches du groupe de Ho  
furent influencées par la réso-  
nance morphique de celles  
de Waddington. Ces deux  
chercheurs avaient toutefois  
sélectionné deux lignées tout  
à fait différentes, il est donc  
normal que les résultats enre-  
gistrés fussent mineurs. Si on  
utilisait, dans des expériences  
ultérieures similaires, des  
mouches de *même* lignée, la réso-  
nance morphique se révélerait,  
sans doute, significative.
27. Waddington (1956a).
28. Ho *et al.* (1983), table 2.
29. Lewis et John (1972), p. 137.
30. Sheldrake (1985), p. 128-131.
31. *Ibid.*, chap. 9.
32. Dans *Une nouvelle science  
de la vie*, les champs  
comportementaux étaient dits  
*champs moteurs*, afin d'in-  
sister sur le fait qu'ils étaient  
concernés par l'organisation de  
mouvements plutôt que par la  
manifestation de la forme.
33. Thorpe (1963).
34. Hinde (1982).
35. Smith (1978).
36. Parsons (1967).
37. Manning (1975), p. 80.
38. La loque, causée par la bactérie  
sporulée *Paenibacillus larvae*,  
est une maladie des abeilles  
hautement infectieuse. C'est la  
plus répandue et la plus destruc-  
trice des maladies des couvées  
d'abeilles.
39. Rothenbuhler (1964).
40. Dilger (1962).
41. Brockelman et Schilling (1984).
42. Galton (1875).
43. Cité dans Wright (1997), p. 17.
44. *Ibid.* p. 21.
45. Wright (1997), chap. 2.
46. Iacono et McGue (2002).
47. Watson (1981).
48. Wright (1997), p. 42.
49. *Ibid.* p. 55.
50. *Ibid.* p. 57.
51. Maher (2008).
52. Jones (2009).
53. Maher (2008), p. 21.
54. Wolpert et Sheldrake (2009).

## Chapitre 9. *Mémoire animale*

1. Rose (1986), p. 40.
2. Boakes (1984).
3. Boakes (1984).
4. Lashley (1950).
5. Lashley (1929), p. 14.
6. Lashley (1950), p. 472.
7. *Ibid.*, p. 479.
8. Pribram (1971); Wilber, éd.  
(1982)
9. Boycott (1965), p. 48.
10. Rosenzweig *et al.* (1972)
11. Weisel (1982).

12. Rose (1981; 1984); Rose et Harding (1984); Rose et Csillag (1985); Horn (1986).
13. Des expériences similaires, pratiquées sur des poulets, ont révélé des modifications du nombre de vésicules dans les synapses après l'apprentissage (Rose, 1986).
14. Cipolla-Neto *et al.* (1982).
15. Kandel, discours du chercheur à l'occasion de la remise de son prix Nobel (2003).
16. Kolata (1984).
17. Fox (1984).
18. *Ibid.*
19. Crick (1984).
20. Kandel (1970).
21. Kandel (1979).
22. Manning (1979).
23. Tinbergen (1953).
24. Manning (1975).
25. Boakes (1984).
26. Pour des réflexions sur la pensée animale, cf. Walker (1983) et Griffin (1984).
27. Kammerer (1924), p. 189.
28. *Ibid.*, p. 190.
29. Darwin (1873).
30. Kammerer (1924); Munn (1950).
31. Pavlov (1923).
32. Razran (1958), p. 759.
33. *Ibid.*, p. 760.
34. McDougall (1938).
35. Crew (1936).
36. Agar, *et al.* (1954)
37. Tryon (1929).
38. Drew (1939).
39. Robert Boakes et Michael Morgan, communications personnelles, 1981.
40. Rosenthal (1976).
41. Sheldrake. (1992b).
42. Rose (1992).
43. Sheldrake (1992b).
44. Hadler et Buckle (1992).
45. Sherry et Galef (1984).
46. Fisher et Hinde (1949).
47. Lefebvre (1995).
48. Hinde et Fisher (1951), p. 396.
49. *Ibid.*, p. 395.
50. Sherry et Galef (1984).
51. Bedichek, R. (1961), p. 157.
52. *Ibid.*, p. 157-158.
53. Hoy (1982).
54. Sheldrake (1988), p. 65.
55. *The Guardian*, 28 février 1985.
56. *Daily Telegraph*, 3 mars 1997.
57. *Daily Telegraph*, 23 mars 1997.
58. *Huddersfield Daily Examiner*, 27 juillet 2004.
59. Diamond (1986), p. 107-8.

## Chapitre 10.

### La résonance morphique dans l'apprentissage humain

1. Thom (1972).
2. Lyons (1970).
3. *The Listener* (6 avril 1978), p. 434-435.
4. Des études récentes sur l'acquisition du langage chez les enfants confortent cette proposition : cf. Eimas (1985).
5. Chomsky (2011).
6. Pinker (1999), p. 33.
7. *Ibid.*, p. 36.
8. *Ibid.*, p. 37.

## NOTES

9. *Ibid.*, p. 41.
10. *Ibid.*, p. 46.
11. *New Scientist* (28 octobre 1982), p. 766.
12. *New Scientist* (28 avril 1983), p. 218.
13. Voir Sheldrake (1985). En réalité, deux premiers prix de 10 000 \$ furent attribués...
14. Ertel (1997).
15. Schorn *et al.* (2006)
16. Les sujets furent également invités à se soumettre à un test de personnalité afin de les situer sur une échelle «extraversion-introversion». Mahlberg a découvert qu'il existait une relation significative entre un apprentissage plus rapide du vrai code Morse et «une nature introvertie», ce qui amène à supposer qu'une «nature introvertie» pourrait être associée à une plus grande réceptivité à la résonance morphique, tout au moins dans les conditions spécifiques de cette expérience (Mahlberg, 1987).
17. Salthouse (1984), p. 94.
18. Norman et Fisher (1982).
19. Hirsch (1970).
20. Dans le cas d'expériences au cours desquelles des enfants ne possédant aucune expérience en matière de dactylographie étaient invités à trouver des lettres précises sur un clavier de machine à écrire, la présentation ABCDE de ce dernier s'avéra plus aisée que celle QWERTY. Il se peut, cependant, qu'il existe une différence entre le fait de taper un texte suivi et celui de rechercher des lettres spécifiques (Nicolson et Gardner, 1985).
21. Michaels (1971), p. 424. Sheldrake (1985).
22. *Ibid.*
23. *Institute of Noetic Sciences Bulletin*, automne 1991.
24. Dienes (1994).
25. Ertel (1997).
26. Anderson (1982), Lynn (1982).
27. Anderson (1982).
28. Flynn (1983, 1984).
29. Flynn (1987).
30. Jensen (1980).
31. Horgan (1997).
32. Flynn (1984), p. 29.
33. Flynn (2007).
34. Flynn (2007), p. 29.
35. Flynn (2007), p. 59.

## Chapitre 11. Mémoire et oubli

1. Maguire *et al.* (2000)
2. E. g. Gibson (1979).
3. Koffka (1935), p. 43.
4. H. G. Hartgenbusch, cité dans Koffka (1935), p. 44.
5. Koffka (1935), p. 510.
6. Bartlett (1932).
7. Koestler (2013).
8. Bower (1970).
9. Cette idée n'est pas sans rappeler le «darwinisme neural» de G. M. Edelman (résumé d'excellente façon par Rosenfield, 1986). Edelman postule, comme base de la catégorisation, la sélection de «groupes de cellules neurales» ayant des schèmes d'activité caractéristiques. Ces

- schèmes, comme les champs morphiques, sont renforcés par répétition. Mais Edelman considère comme établie la supposition conventionnelle selon laquelle les souvenirs sont stockés dans le cerveau, et il adopte une version de la théorie habituelle de la modification synaptique.
10. Baddeley (1976), p. 285.
  11. *Ibid.*, p. 211.
  12. *Ibid.*, p. 212.
  13. Yates (1987).
  14. E. a. Lorayne (1950).
  15. Dans Neisser (1982), p. 386-387.
  16. E. a. Wood (1936); Neisser (1982).
  17. Gray (2004).
  18. Brown et Aggleton (2001).
  19. Brown et Aggleton (2001).
  20. *Ibid.*
  21. Gray (2004), p. 204.
  22. *Ibid.*, p. 205.
  23. Plotin (1859); voir la section sur «les problèmes de l'âme».
  24. Bergson (1945).
  25. Malcolm (1977); Bursen (1978); Russell (1984).
  26. Bursen (1978).
  27. Hunter (1964).
  28. E. g. Squire (1986). Pour une description très parlante de certains cas cliniques, voir Sacks (1992).
  29. Luria (1970, 1973); Gardner (1974).
  30. John (1982), p. 251.
  31. Teuber (1975).
  32. Penfield et Roberts (1959).
  33. Rose (1976).
  34. Cité dans Wolf (1984), p. 175.
  35. Baddeley (1976).
  36. *Ibid.*
  37. E. g. Stevenson (1970).
  38. E. g. Palmer (1979).
  39. E. g. Sheldrake (2001, 2004); Radin (2006).
  40. E. g. Stevenson (1974).
  41. Jung (1959), p. 48.

## Chapitre 12.

### *Esprit, cerveau et souvenir*

1. Pour une étude historique, et un résumé lucide, des arguments matérialistes, cf. Popper, dans Popper et Eccles (1977).
2. Popper et Eccles (1977).
3. Koestler (1979), p. 235.
4. Penfield (1975).
5. Eccles (1953).
6. Taylor (1979), p. 300.
7. Young (1978), p. 7.
8. Crick (1979), p. 137.
9. Capra (1983).
10. Jantsch (1980), chap. 4.
11. *Ibid.*, p. 161.
12. Johnson-Laird (1985), p. 115.
13. E. a. Hofstadter (1985); Marr (1982); Sutherland (1982); Poggio, Torre et Koch (1985).
14. *Nature* (1981), p. 517, 531.
15. Plusieurs modèles modernes d'activité neurale présentent de nombreux points communs avec l'idée des champs morphiques (cf. e. a. Hopfield et Tank, 1986).
16. Young (1978).
17. Freeman (1999), p. 107.
18. *Ibid.*, p. 117.

## NOTES

19. E. g. Kahn (1949).
20. Marr (1982).
21. Gray (2004), p. 10.
22. Lehar (2004).
23. Lehar (1999).
24. Noë (2002).
25. Gibson (1979).
26. Thompson, Palacios et Varela (1992).
27. O'Regan (1992).
28. Noë (2002).
29. Bergson (1945), p. 7.
30. *Ibid.*, p. 37-38.
31. James, 1904, cité dans Velmans (2000).
32. Whitehead (1925), p. 54.
33. Velmans (2000), p. 109.
34. Velmans (2000), p. 113-114.
35. Sheldrake (2004, 2005).
36. Sheldrake (2004, 2005b).
37. Sheldrake (2004, 2005a).
38. *Ibid.*
39. Sheldrake (2004).
40. Melzack (1992).
41. Mitchell (1872), p. 352.
42. Feldman (1940).
43. Pour une recension plus détaillée sur les membres fantômes, voir Sheldrake (2005).
44. Weinstein et Sarsen (1961).
45. Melzack (1992).
46. *Ibid.*
47. Melzack (1989), p. 9.
48. *Ibid.*
49. Ramachandran et Blakeslee (1998).
50. Melzack et Bromage (1973).
51. Bromage et Melzack (1974).
52. Comme l'ont montré Poeck et Orgass (1971), de nombreux problèmes apparaissent quand les chercheurs tentent d'appliquer leur schéma corporel à l'intérieur du cerveau, le concept étant généralement utilisé de telle façon que les arguments tournent en rond.
53. J'ai décrit ailleurs des tests expérimentaux simples pour étudier la réalité des membres fantômes (Sheldrake, 2002).
54. Palmer (1979).
55. Cité dans Blackmore (1983), p. 48.
56. Moody (2003). Pour éclairer les recherches récentes sur les EMI vécues par des patients dont le cœur s'est arrêté, voir Parnia (2001) et aussi [www.horizon-research.co.uk](http://www.horizon-research.co.uk).
57. Melzack (1989), p. 4. Voir aussi Phillips (2000), p. 11.
58. Piaget (2003).

## *Chapitre 13.*

### *Les champs morphiques des sociétés animales*

1. Holldobler et Wilson (2009).
2. Wilson (1987).
3. Wilson (1971)
4. *Ibid.*
5. *Ibid.*
6. Von Frisch (1975).
7. Wilson (1971), p. 228.
8. Von Frisch (1975).
9. Wilson (1971), p. 228.
10. *Ibid.*
11. Von Frisch (1975).
12. Marais (1973), p. 119-120.
13. *Ibid.*, p. 121.
14. Gordon (1999), p. 151.
15. *Ibid.*, p. 152-153.

16. D. M. Gordon, courrier personnel à Rupert Sheldrake par e-mail, le 5 octobre 2004.
17. Pour envisager d'autres expériences possibles avec des termites et des fourmis, voir Sheldrake (2005), ch. 3.
18. Wilson (1987), p. 207-208.
19. Partridge (1981), p. 492.
20. Niwa (1994), p. 12.
21. *Ibid.*, p. 493-494.
22. Selous (1931), p. 9.
23. *Ibid.*, p. 83.
24. *Ibid.*, p. 10.
25. Potts (1984).
26. Schilt et Morris, dans Parrish et Hamner (éd.) (1997), chap. 15.
27. Ballerini *et al.* (2008a)
28. Ballerini *et al.* (2008b)
29. Carlson (2000).
30. Toner et Tu (1998).
31. Couzin *et al.* (2005)
32. Couzin (2007).
33. E. a. Nollman (1985), p. 106-108.
34. Wilson (1987).
35. McFarland (1981).

## Chapitre 14.

### *Les champs des sociétés et cultures humaines*

1. Pour des tentatives récentes d'application de modèles mathématiques à l'étude de l'héritage culturel, cf. Boyd et Richerson (1985).
2. Wilson (1987), p. 550.
3. Dawkins (1982), p. 290.
4. Dawkins (1978), p. 207.
5. Blackmore (1999).
6. Cité dans Kidd (1911).
7. Jones (1980).
8. Abercrombie *et al.* (1984), p. 215-216.
9. Lévi-Strauss (1958).
10. Piaget (2007).
11. Leach (1970).
12. Certains chercheurs appliquent la notion de champs aux sciences sociales; cf., par exemple, Green (1978).
13. Cité dans Lukes (1975), p. 4.
14. Freud (2001), p. 180-181.
15. McDougall (1920), p. 9.
16. Bateson (1977, 1984).
17. Turner (1985), p. 842.
18. *Ibid.*
19. *Ibid.*
20. Canetti (1966), p. 12-13.
21. *Ibid.*, p. 13-14.
22. *Ibid.*, p. 27-28.
23. Murphy et White (1978), p. 146.
24. Lukes (1975), p. 231.
25. Jung (1959), p. 42.
26. Jung (1953), p. 188.
27. *Ibid.*, p. 149.
28. Von Franz (1985).
29. Cosmides et Tooby (2005).
30. Mithen (1996), p. 50.
31. Cosmides et Tooby (2005), p. 21.
32. *Ibid.*, p. 11-12.
33. *Ibid.*, p. 50.
34. Ehrenreich (1997), p. 51-52.



## Chapitre 15.

### *Les mythes, les rituels et l'influence de la tradition*

1. Eliade (1957), p. 13.
2. T. G. H. Strehlow (p. 3435),  
cité dans Lévi-Strauss (1962),  
p. 281-282.
3. Lévi-Strauss (1962), p. 282.
4. Ringwood (1986).
5. Abercrombie *et al.* (1984).
6. Lévi-Strauss (1962), p. 283.
7. *Loc. cit.*
8. *Loc. cit.*
9. La Fontaine (1985).
10. Abercrombie *et al.* (1984)
11. Govinda (1960), p. 30-32.
12. Dans *The Book of Common  
Prayer of the Church of England*.
13. E. a. Lovejoy (1936).
14. E. a. Gablik (1977); Durand  
(1984).
15. Kuhn (1983), p. 240.
16. En réalité, Kuhn utilise le terme  
*paradigme* de manières très  
différentes, ainsi que l'a montré  
Masterman; mais dans la post-  
face à la deuxième édition de *La  
Structure des révolutions scien-  
tifiques*, il fait remarquer que  
celles-ci pourraient se résumer à  
deux catégories principales, ainsi  
qu'indiqué dans le passage cité.
17. Kuhn (1983), p. 238.
18. *Ibid.*
19. *Ibid.*, p. 17.
20. *Ibid.*, p. 191-192.
21. *Ibid.*, p. 192.
22. *Ibid.*, p. 257-258.
23. Gablik (1977), p. 159.
24. Kuhn (1983) p. 281-282.
25. *Ibid.*, p. 282.
26. Cité dans Koestler (2013),  
p. 101.
27. *Ibid.*, p. 98-99.
28. *Ibid.*, p. 101.
29. Mayr (1982), p. 485.
30. Kuhn (1983), p. 172.

## Chapitre 16.

### *L'évolution de la vie*

1. En particulier Dawkins (2006).
2. E. a. Dawkins (2018).
3. Halstead (1985).
4. Rose, Kamin et Lewontin  
(1984).
5. Monod (1970).
6. Bergson (1941).
7. Teilhard de Chardin (1955).
8. Gillespie (1979).
9. Darwin (1876), p. 86-87.
10. Darwin (1868).
11. E. a. Mivart (1871); Bateson  
(1894); de Vries (1906);  
Goldschmidt (1940); Gould  
(1982).
12. Darwin (1868), v. 2, p. 316.
13. E. a. Bateson (1894); de Vries  
(1906); Willis (1940).
14. Goldschmidt (1940), p. 397.
15. Darwin (1876, 1868).
16. Mayr (1982), p. 356.
17. Lamarck (1907), p. 218-9.
18. Darwin (1868), v. 2, p. 318.
19. Darwin (1976).
20. Cité dans Huxley (1959), p. 18.
21. Huxley (1959), p. 8.
22. Taylor (1983).
23. Darwin (1868), v. 2, p. 316.
24. *Ibid.*, p. 399.
25. Waddington (1953), p. 91.

26. *Ibid.*, p. 96.
27. Darwin (1876), chap. 4, v. 1, p. 90.
28. Stanley (1981), p. 3.
29. E. g. Dembski (2006).
30. Dawkins (1985), p. 683.
31. Darwin (1891), p. 62.
32. Gillespie (1979), chap. 5.
33. Cité par Mayr (1982), p. 544.
34. Darwin (1876), chap. 15.
35. Cité dans Mayr (1982), p. 409.
36. *Ibid.*
37. Margulis et Sagan (1986).
38. Rensch (1959).
39. Stanley (1981).
40. De telles mutations pourraient conduire à «démasker» l'ADN ancestral «redondant» et donc à favoriser une mise en contact avec des champs morphiques ancestraux. Pour une discussion de cette notion, cf. Britten, dans Duncan et Weston-Smith (1977).
41. Darwin (1868), v. 2, p. 32.
42. *Ibid.*, p. 50.
43. *Ibid.*, p. 64-65.
44. Riedl (1978).
45. Gould (1983).
46. Hall (1984).
47. Gould (1983).
48. *Ibid.*, p. 184.
49. Dawkins (1988), p. 94.
50. Went (1971), p. 198.
51. *Ibid.*, p. 201.
52. *Ibid.*, p. 221.
53. Rensch (1959).
54. Taylor (1983).
55. Conway Morris (2003), p. 151-158.
56. *Ibid.*, p. 283-284.
57. Dawkins (1989), p. 95.
58. Conway Morris (2003), p. 297.
59. *Ibid.*, p. 301.

## Chapitre 17.

### *La causalité formative dans l'évolution cosmique*

1. Pagels (1985), p. 355.
2. Hawking (1981).
3. Davies (1984), p. 5-6.
4. *Ibid.*, p. 7.
5. Green (1985).
6. Davies (1984), p. 8.
7. Smolin (2007), p.12.
8. Carr (éd.) (2007).
9. Collins, dans Carr (éd.) (2007), p. 460.
10. Davies (2006).
11. Carr et Ellis (2008).
12. Rees (1997), p. 262.
13. Smolin (2007), p. 276.
14. Hawking (1988), p. 174.
15. Davies (2006).
16. Boss (2009).
17. *Ibid.*
18. *Ibid.*, p. 133.
19. Scott (2006).
20. Fabian *et al.* (2008).

## Chapitre 18.

### *La créativité au sein d'un monde vivant*

1. Bergson (1934), p. 128-129.
2. *Ibid.*, p. 132-133.
3. Green (1985); Merchant (1982).
4. Darwin (1876), v. 1, p. 67.

## NOTES

5. Bergson (1941), p. 106.
6. Monod (1970), p. 151.
7. *Ibid.*
8. Walker (1983).
9. Monod (1970), p. 148.
10. *Ibid.*, p. 49.
11. Frazer (1911), p. 4.
12. Darwin (1868), vol. 2, p. 354.
13. *Ibid.*, p. 15.
14. Plotin (1859), tome II, p. 482-484.
15. Inge (1929), p. 221.

### *Annexe.*

#### *Les champs morphiques et l'ordre impliqué*

1. Prenons une analogie simpliste, celle de l'océan et de ses vagues. Chaque vague apparaît ou est «projetée» depuis l'océan dans sa globalité; puis cette vague se refond dans l'océan ou elle est «réinjectée» dans le tout, avant l'arrivée de la vague suivante. Chaque vague est affectée par les vagues précédentes, simplement parce que toutes apparaissent et disparaissent, ou sont projetées et injectées, par l'océan dans son ensemble. Il y a donc une forme de «causalité»: même si la vague A n'engendre pas linéairement la vague B, la vague A influence la vague B parce qu'elle est réabsorbée dans la totalité de l'océan, qui donne ensuite naissance à la vague B. Pour reprendre les termes de Bohm, la vague B est en partie une «reprojection» de «l'injection» de la vague A, et ainsi de suite. Chaque vague serait par conséquent similaire aux précédentes, tout en en différant par certains aspects: la taille et la forme exactes, etc. Bohm suggère qu'il existe une forme de «causalité», mais qui est orchestrée par l'ensemble de l'océan impliqué, et non simplement par les vagues séparées, isolées, expliqués. Au bout du compte, cela signifie que ce genre de «causalité» serait non local, parce que ce qui se passe dans n'importe quelle partie de l'océan affecterait toutes les autres parties [NdÉ].
2. Dans la suite de la discussion, Bohm explique que la mécanique quantique actuelle, telle qu'elle est généralement interprétée, ne parvient absolument pas à expliquer la duplication des formes passées, ou la notion de processus temporel, échec qui, en partie, a conduit Bohm à proposer les notions d'«injection» et de «projection» *via* l'ordre impliqué [NdÉ].
3. C'est là, comme nous l'avons mentionné précédemment, que Bohm discute de certaines des insuffisances de la mécanique quantique actuelle, en particulier de son incapacité à expliquer le processus, ou l'influence du passé sur le présent. Puis il suggère ses reformulations, à savoir les notions d'injection, de projection, d'ordre impliqué, etc., pour tenter de remédier à ces insuffisances. Et apparemment, ses reformulations sont assez similaires aux théories de Sheldrake [NdÉ].



Composition : Soft Office (38)

Achevé d'imprimer en février 2022  
sur les presses de la Nouvelle Imprimerie Laballery  
58500 Clamecy  
Dépôt légal : mars 2022  
Numéro d'impression : 202315

*Imprimé en France*

La Nouvelle Imprimerie Laballery est titulaire de la marque Imprim'Vert®

*« Ce livre traite d'une idée grandiose : la mémoire est inhérente à la nature et les lois, ou constantes universelles, ressemblent en réalité étrangement à des habitudes. »*

RUPERT SHELDRAKE

## **L'univers semble avoir une mémoire, portée par ses formes**

Par quelle coïncidence l'œil du poulpe ressemble-t-il au nôtre alors que nos généalogies n'ont rien en commun ? Pourquoi notre visage reste-t-il le même tandis que ses cellules se renouvellent sans cesse ? Et pourquoi un gland ne peut-il pas donner un palmier ? Dans tous les cas, la science répondra : grâce aux gènes. D'accord, mais en quoi ces derniers sont-ils eux-mêmes les « architectes » des plans qu'ils contiennent ?

Curieusement, physiciens et biologistes ont tendance à négliger la genèse des formes auto-organisées, qu'elles soient vivantes ou minérales, ou encore psychiques ou sociologiques.

**Rupert Sheldrake est sans conteste le biologiste le plus original de notre temps. Dans cet ouvrage avant-gardiste, il propose une explication commune à ces différentes énigmes : une dimension entière du réel échapperait à la science, une « force sans énergie » qu'il nomme résonance morphique. Une hypothèse révolutionnaire qui pourrait remettre en cause toute notre vision du monde.**

La voici exposée dans cet ouvrage **entièrement revu à la lumière des dernières découvertes scientifiques, notamment en matière d'épigénétique, enrichi par un entretien avec David Bohm, éminent physicien quantique.**