

John STEWART

Introduction

Ce numéro spécial d'*Intellectica* est consacré à un examen de la relation entre la biologie et les sciences cognitives. Le sens de cette "mise en résonance" est double. Premièrement, il s'agit d'étudier comment la référence aux organismes biologiques peut contribuer au développement des sciences cognitives, notamment en fournissant des ressources nouvelles pour une définition approfondie de leur objet. Mais deuxièmement, une telle "mise à contribution" n'est pas sans effets en retour sur la biologie elle-même : ce constat est peut-être le résultat le plus original de la journée scientifique de l'Association pour la recherche cognitive, en février 1991, qui fut à l'origine de ce numéro. Autrement dit, il s'agit aussi de prendre note des conséquences possibles pour la biologie de son éventuelle intégration parmi les sciences cognitives.

Qu'est-ce que la cognition ? Le fait est qu'à l'heure actuelle il n'y a pas de consensus global, parmi la communauté des chercheurs en sciences cognitives, sur un cadre théorique qui permettrait de répondre de manière précise à cette question. Dans les termes de Kuhn (1962), la situation est typiquement pré-paradigmatique : les opinions les plus diverses foisonnent. Ainsi, pour certains, l'objet des sciences cognitives est en premier lieu la rationalité humaine, avec les extensions que permettent les ordinateurs ; pour d'autres, il s'agit de toutes les connaissances exprimables dans le langage ; pour d'autres, les comportements et communications non-verbales, les connaissances implicites en font aussi partie ; et pour d'autres encore, la cognition n'est pas réservée aux êtres humains, mais existe également chez les animaux. Une approche par énumération des disciplines n'est guère plus concluante. Si un large consensus existe pour considérer que la psychologie cognitive, la linguistique et

l'intelligence artificielle (IA) en font partie, déjà la place des neurosciences peut être contestée par certains (qu'y a-t-il de "cognitif" dans le mouvement de molécules à travers des membranes de neurones ?), alors qu'elle est considérée comme fondamentale par d'autres. Et au delà de ces "quatre grands", l'ensemble est singulièrement flou. L'anthropologie, l'épistémologie, l'éthologie, l'informatique, la logique, la psychologie sociale, la sociologie de la connaissance, lui appartiennent-elles ou non ? Faute de mieux, j'ai adopté un ordre alphabétique d'énumération ; aucun critère ne permet d'ailleurs de spécifier si la liste en est ou non complète.

Cet état de choses n'est pas, en soi, alarmant ; il signifie simplement qu'il s'agit d'une science qui est encore dans sa première jeunesse. Néanmoins, cette situation ne saurait durer indéfiniment, et la recherche d'un paradigme est indéniablement à l'ordre du jour. Le candidat majeur à ce titre est sans conteste le *cognitivism*e. Issu du formalisme mathématique, le cognitivism e doit beaucoup au concept hilbertien de système syntaxique composé de symboles dénués de toute signification intrinsèque (voir Lakoff 1987). Dans ce paradigme, la cognition est définie comme la manipulation de représentations symboliques selon des règles explicites. À l'instar de la théorie mathématique des modèles, chaque représentation acquiert une signification au moyen d'une relation de correspondance. Ainsi, dans la philosophie cognitiviste de l'esprit, la pensée est structurée comme un langage (Fodor 1975), et les représentations mentales sont vraies si et seulement si elles sont isomorphes aux objets, classes d'objets, ou relations entre ces objets et classes, tels que ceux-ci existent dans le monde réel.

Les mérites du paradigme cognitiviste sont considérables. Le formalisme peut se déployer dans de nombreuses disciplines (y compris la biologie — point sur lequel je reviendrai) et, de ce fait, le cognitivism e permet un travail authentiquement interdisciplinaire. De plus, il est très opérationnel : puisque l'architecture "von Neumann" des ordinateurs actuels est elle-même issue du formalisme, il n'est guère surprenant que le cognitivism e se prête merveilleusement à des réalisations informatiques. Ceci est si vrai qu'il n'est pas abusif d'aller jusqu'à dire que *le cognitivism e prend l'ordinateur pour modèle de la cognition*.

Conjointement avec ses qualités, le cognitivisme possède également des limites et des défauts. Néanmoins, il serait hors propos d'entamer ici une critique approfondie du cognitivisme — de son objectivisme implicite, et des contradictions internes qui lui interdisent la réflexivité (Stewart 1992). En effet, l'existence d'un paradigme est d'une telle importance qu'une communauté scientifique ne lâche jamais la proie pour l'ombre : comme Kuhn l'a si justement remarqué, quelle que soit l'accumulation d'anomalies et d'insuffisances, un paradigme ne sera abandonné que si une solution de rechange est à portée de main. Autrement dit, la condition préalable à une discussion approfondie des qualités et défauts du cognitivisme est l'existence d'un paradigme alternatif.

Le but premier de ce numéro d'*Intellectica* est précisément de présenter l'amorce d'une alternative possible au cognitivisme. Au lieu des ordinateurs, ce paradigme alternatif propose de s'inspirer *des organismes vivants pour forger un modèle de la cognition*. Autrement dit, la forme paradigmatique de la cognition serait une forme élémentaire de "savoir-faire", à savoir la capacité de se produire et de se maintenir en vie. Cette définition possède plusieurs corollaires qui la différencient très nettement par rapport au cognitivisme, et qu'il convient de mettre en exergue.

(i) Les connaissances sont des formes dynamiques, qui n'existent pas réellement en dehors des *processus* de leur création, expression et utilisation. Autrement dit, les connaissances ne sont assimilables ni à une substance ni à une structure abstraite ; elles ne peuvent être ni calculées comme dans un système formel, ni quantifiées en termes d'information ; par conséquent, elles ne sauraient être stockées sous une forme statique dans des livres, des banques de données, ni même dans des cerveaux.

(ii) Les connaissances sont primordialement *tacites* (Polanyi 1958 ; Rosenthal, ce volume) et incarnées dans des processus matériels. Autrement dit, leur forme intrinsèque n'est pas celle d'un énoncé propositionnel ; a fortiori, elle n'est pas linguistique. Évidemment, l'émergence du langage à un moment donné de la pré-histoire humaine constitue un événement considérable, qui a largement transformé la nature de la cognition. Mais afin précisément d'étudier cet événement, et d'identifier la spécificité du domaine

linguistique, il convient de ne pas présupposer que le langage est un “donné” primitif.

(iii) Le sujet et l'objet de la connaissance sont inséparables. Premièrement, si la forme primordiale de “connaître” est de “savoir se maintenir en vie”, il est clair qu'il n'y a aucun “objet” de la connaissance autre que l'existence dynamique du sujet. Deuxièmement, il est certes possible pour un observateur extérieur de distinguer entre un organisme et l'environnement de celui-ci. Néanmoins, dans ce cas, “l'environnement” devient une “niche écologique”, et l'observateur ne peut spécifier ce qu'*est* cette niche sans référence à la stratégie déployée par l'organisme pour y vivre ; réciproquement, l'organisme ne peut être adéquatement décrit sans référence à sa niche écologique. (Par exemple, l'air *devient* un substrat qui permet l'activité de voler à partir du moment où il est habité par des oiseaux ; réciproquement, on ne peut pas dire ce que sont des oiseaux sans se référer au fait que ce sont des animaux qui volent dans l'air¹).

Ces corollaires conduisent à une conclusion importante : à la différence du cognitivisme, ce paradigme alternatif est non-objectiviste (Stewart 1992).

Dans un sens, la suggestion selon laquelle la biologie fait partie des sciences cognitives n'a rien de particulièrement audacieux. Quelle que soit la place que l'on accorde aux ordinateurs et à l'intelligence artificielle, il est clair que ceux-ci sont le produit de l'intelligence humaine, qui est elle-même issue d'un prolongement de la phylogénèse biologique. Dans cette perspective, le point critique d'articulation entre biologie et sciences cognitives se situe au niveau du passage de l'animal à l'homme. L'article de Bertrand Deputte soulève cette question : méthodologiquement, de même qu'il est de bon sens de marcher avant de courir, il semble sensé d'enraciner notre compréhension du plus complexe (le comportement humain) dans une compréhension du plus simple dont il est issu (le comportement animal étudié par l'éthologie).

¹ Pour une discussion approfondie de ce point, voir Varela et al. (1991), et le concept “d'affordance” de Gibson (1979).

Cet article nous permet ainsi une entrée en matière. Toutefois, la thèse soutenue par ce numéro dans son ensemble est plus radicale : elle est introduite par l'article de Brian Goodwin, selon lequel les esprits et les organismes sont des entités de même nature. Descartes établissait une ligne de démarcation entre l'esprit humain et l'animal, lequel était, selon lui, purement mécanique ; Goodwin fait valoir que les organismes sont tout aussi irréductibles à des mécanismes que les esprits. Dans les deux cas, la compréhension de ces formes dynamiques requiert une théorie de l'organisation ; cela revient à dire qu'il existe une profonde parenté théorique entre biologie et sciences cognitives.

L'organisation du vivant se caractérise par le fait qu'elle se déroule sur trois échelles de temps distinctes. La première échelle de temps, celle de l'autopoïèse, est la plus courte : de seconde en seconde, les organismes vivants se produisent eux-mêmes. Ce sont des systèmes thermodynamiquement et matériellement ouverts sur leur milieu, qui existent dans et par le fait qu'ils constituent une concaténation de processus qui possèdent dans leur ensemble la propriété remarquable de se reconduire en permanence. Nous sommes encore loin — probablement beaucoup plus loin que nous ne pouvons même l'imaginer actuellement — de comprendre réellement comment cela est possible. L'épreuve décisive qui témoignerait de notre compréhension serait notre capacité à créer de la Vie Artificielle (Stewart 1992). Si nous y parvenons, il y a fort à parier que nous aurons une appréciation accrue du formidable savoir-faire (implicite) que possède la moindre bactérie ou amibe.

La deuxième échelle de temps qui caractérise les organismes vivants est beaucoup plus longue : elle se mesure typiquement en millions d'années (MA). À cette échelle de temps, les organismes vivants ne se reproduisent pas à l'identique : ils se modifient, se diversifient en différentes branches par descendance (spéciation), et montrent dans certaines branches une tendance indéniable à se complexifier. C'est le processus de la *phylogenèse*, communément appelé l'évolution.

La troisième échelle de temps, intercalée entre celles de l'autopoïèse et de la phylogenèse, est celle de l'*ontogenèse* : elle se mesure typiquement en années. En fait, l'origine de l'ontogenèse est elle-même un événement phylogénétique. Les premiers organismes

unicellulaires sont apparus sur la planète Terre il y a quelque 4000 MA ; entre 1000 et 700 MA, certains clones², au lieu de se disperser, se sont mis à vivre ensemble, formant ainsi pour la première fois des *organismes multicellulaires* (Buss 1987). Alors que les organismes unicellulaires sont (potentiellement) immortels, les organismes multicellulaires sont tous, sans exception connue, mortels : en tant que tels, ils meurent à plus ou moins longue échéance. La pérennité de l'espèce est assurée par le fait que certaines cellules des organismes adultes, les cellules “germinales”, peuvent à leur tour donner lieu à de nouveaux individus. Ainsi s'est instauré le cycle régulier de la naissance (plus précisément, de la conception) et de la mort. Dans leurs grandes lignes, les “plans de construction” des corps de tous les animaux contemporains appartiennent à un nombre relativement restreint de types fondamentaux (éponges, coelentérés, annélides, mollusques, arthropodes, échinodermes, vertébrés). Fait remarquable, tous ces plans sont apparus dans une courte période de grande créativité, à partir de 900 MA : depuis 700 MA, aucun nouveau plan n'a été inventé.

L'ontogenèse est sans doute l'aspect de l'organisation des organismes vivants qui est à la fois le plus caractéristique et le plus fascinant. Pourtant, son importance nous semble pas suffisamment reconnue par la biologie contemporaine (cf. Stengers 1985). Il est un fait que pratiquement tous les œufs fertilisés d'une espèce donnée se développent, selon un processus remarquable à la fois par sa complexité et sa régularité, pour devenir des adultes normaux. De plus, cette régularité est dynamiquement assurée : à la suite de perturbations — même importantes, comme celle qui consiste à couper le jeune embryon en deux parties — le processus se réorganise de telle sorte que le résultat normal est néanmoins atteint (dans le cas d'une séparation, deux jumeaux normaux sont formés). Ce phénomène pose un défi formidable à l'explication scientifique : défi sans réponse jusqu'ici car, comme je l'ai montré ailleurs (Stewart 1991 ; voir aussi “Au-delà de l'inné et de l'acquis”, ce volume), l'utilisation du terme “programme génétique” dans un sens autre que purement descriptif relève de l'hypostasie pure et simple.

² Un *clone* est l'ensemble des cellules produites par reproduction à partir d'une même cellule ancestrale.

Ce n'est sans doute pas par hasard que la quasi-totalité des contributeurs à ce volume témoignent d'une sensibilité particulière à l'égard de l'ontogenèse. Peter Saunders, dans son article "L'évolution des formes biologiques", aborde de front la question de la relation entre phylogenèse et ontogenèse. Selon l'orthodoxie néo-darwinienne, l'évolution peut s'expliquer par l'opération de la sélection naturelle sur des variations dans les gènes, ces variations provenant de mutations aléatoires. Dans cette théorie, la relation entre génotype et phénotype³ est purement formelle, court-circuitant totalement toute prise en considération de l'organisation des processus propres à l'ontogenèse. Saunders critique sévèrement cette théorie : il fait valoir que la création de nouvelles formes au cours de l'évolution est proprement incompréhensible si l'on ne prend en compte le fait que ce qui évolue, ce ne sont pas seulement des gènes, et encore moins les formes adultes en tant que telles, mais les *systèmes* développementaux dans leur ensemble.

Christiane Sinding, dans un article consacré à l'histoire de la physiologie et notamment de l'endocrinologie, montre pour sa part que les organismes multicellulaires ne sauraient exister sans les moyens de communication intercellulaire que sont les hormones. La communication présuppose des capacités cognitives, notamment de reconnaissance, que la biologie cellulaire analyse actuellement en termes de "récepteurs" moléculaires. Dans le contexte phylogénétique du passage des organismes unicellulaires aux organismes multicellulaires, ceci peut suggérer une analogie possible entre les sociétés humaines et les "sociétés" de cellules. La pertinence de la métaphore cognitive est renforcée par le domaine intermédiaire de "l'intelligence d'essaim" exhibée par les insectes sociaux (Deneubourg et al. 1992). Réciproquement, l'analogie peut aussi nous rappeler utilement que la psychologie sociale aurait une place importante à prendre parmi les sciences cognitives.

³ Le terme "génotype" réfère à l'ensemble des gènes portés par un individu ; celui de "phénotype" à l'ensemble de caractères morphologiques mais aussi comportementaux de l'individu. Voir, dans ce volume, l'article de Lenay pour une discussion approfondie de cette distinction, fondamentale pour la biologie néo-darwinienne ; je reviendrai sur la nature formelle de ce cadre théorique vers la fin de cette introduction.

Un volume comme celui-ci, consacré à la relation entre Biologie et Connaissance, et qui de surcroît se focalise sur la dimension de l'ontogenèse, ne saurait passer sous silence l'œuvre monumentale de Jean Piaget. Deux des contributions à ce volume, celles de Luc Salvador et de Susan Oyama, sont explicitement consacrées à une analyse de la pensée piagétienne. On peut constater une très intéressante convergence entre ces deux articles, rédigés tout à fait indépendamment l'un de l'autre. Tous deux soutiennent à fond ce qu'ils identifient comme le noyau essentiel du projet piagétien. Pour Salvador, celui-ci réside dans le fait que Piaget cherche à expliquer non seulement le fonctionnement instantané de l'organisation biocognitive, mais aussi et surtout sa genèse ; et qu'il insiste sur la nécessité de ne pas entretenir de coupure entre l'organisme et son environnement, entre sujet et objet. Oyama, de son côté, souligne que l'intérêt de l'œuvre de Piaget réside dans son appel à l'interactionnisme constructiviste, destiné à atténuer, voire à dépasser certaines dichotomies traditionnelles, notamment celle qui oppose les approches innéiste et empiriste de la connaissance. Mais en même temps, et précisément au nom de ce noyau essentiel, chacun identifie une faiblesse, une faille dans la pensée du maître de Genève qui explique peut-être pourquoi, jusqu'ici, ce projet n'a pas pleinement abouti. Ainsi Salvador soumet-il à un examen critique le socle de toute la pensée piagétienne, à savoir le couple assimilation-accommodation. Il exige une réponse à la question : à partir du moment où l'assimilation fonctionne, d'où peut venir la nécessité d'une accommodation ? Comment s'élever en tirant sur ses propres lacets ? Sans réponse claire à cette question, la notion clé "d'équilibration" entre assimilation et accommodation devient dangereusement creuse. Salvador suggère à titre de piste de réflexion qu'il conviendrait de chercher du côté d'un retour de l'ontogenèse sur la phylogenèse : non pas dans le néo-darwinisme mais dans la pensée originale de Darwin, pour qui l'organisme vivant participe à la définition des forces sélectives qui jouent sur lui, de sorte que toute évolution est co-évolution.

Oyama, pour sa part, suggère que le problème principal sur lequel a buté Piaget provient du fait que celui-ci accorde une importance insuffisante au rôle du contexte. Elle examine en détail trois questions : celle de la régularité de l'ontogenèse, qui l'amène à

discuter la notion problématique de “programme génétique” classiquement alléguée pour l'expliquer ; celle, également problématique, de la version piagétienne du concept de “phénocopie” ; celle, enfin, de l'objectivité et de la régularité dans le développement des connaissances mathématiques. Elle conclut qu'une analyse détaillée des *interactions* qui interviennent au cours de ces trois types de processus révèle que la distinction habituelle entre facteurs “exogènes” et “endogènes” est artificielle, non-nécessaire et en fin de compte gravement nuisible. Par conséquent, il n'y a aucune nécessité de privilégier des facteurs “internes” afin d'expliquer la régularité des processus en question. Piaget, bien que lucidement critique par rapport à l'apriorisme et au préformationnisme naïfs, manifestait une tendance certaine à privilégier des facteurs “endogènes”. Oyama suggère qu'il s'agit là d'un point aveugle qui a empêché Piaget d'aller au bout de son propre projet.

On le voit, ces deux textes formulent des critiques qui sont à la fois fondamentales et constructives. On peut espérer que ceci contribuera à redynamiser une œuvre qui a été trop longtemps stérilisée entre, d'une part, une plate obédience d'école et, de l'autre, une opposition qui s'exprime soit par le mépris polémique (voir Piatelli-Palmarini 1979), soit — plus violemment encore — par le fait de l'ignorer purement et simplement.

Ces considérations nous amènent à mettre radicalement en question la problématique même de “l'inné et de l'acquis”. En effet, on considère de coutume que “l'inné” et “l'acquis” sont des vases communicants et mutuellement exclusifs, de sorte que ce qui n'est pas “inné” est “acquis”, et vice versa. Ainsi, la plupart des auteurs et des différentes écoles de pensée argumentent soit en faveur de l'importance de l'environnement, à l'exclusion de l'inné (par exemple, dans l'histoire des sciences cognitives, l'école behavioriste) ; soit, inversement, en faveur de l'importance de l'inné (par exemple, Chomsky dans sa polémique contre le behaviorisme). Le texte “Au-delà de l'inné et l'acquis”, largement basé sur le livre d'Oyama (1985), propose de renvoyer “inné” et “acquis” dos à dos, en considérant que le *couple* “inné-acquis” est symptomatique d'une question mal posée. En effet, c'est seulement si l'on considère que les processus de l'ontogenèse sont régis par une entité,

“l'information”, localisée en des endroits privilégiés et pré-existant aux processus eux-mêmes, que l'on disputera de la question de savoir si cette information est localisée “dans” le milieu ou “dans” les gènes. En revanche, à partir du moment où l'on réintroduit les *organismes* vivants en tant que systèmes autonomes et où l'on considère que l'ontogenèse relève pour l'essentiel de l'auto-organisation, la notion “d'information” disparaît (Stewart et al 1988), entraînant avec elle la disparition conjointe *et* de “l'inné” *et* de “l'acquis”. Il est à souligner que ce nettoyage et ce renouvellement de notre outillage conceptuel affectent *à la fois* les sciences cognitives et la biologie — ce qui confirme que nous sommes bien au plein centre du carrefour qui forme le sujet de ce recueil.

Le texte de Victor Rosenthal, “Cognition, Vie et... Temps”, aborde de front l'équation maturanienne “Vie=Autopoïèse=Cognition”, et examine ses conséquences pour les sciences cognitives. Il note, avec approbation, un premier effet de cette équation, qui est de valider les aspects processuels et implicites de la connaissance ; à ce sujet, il rappelle l'importance des travaux de Polanyi (1958), jusqu'ici largement méconnus. Acceptant donc ce point de départ, il commente ensuite son insuffisance. En effet, les sciences cognitives ne sauraient se priver de la dimension de la *temporalité* ; non pas du temps linéaire et homogène des physiciens, mais d'une temporalité intrinsèque aux processus cognitifs en tant que tels, qui s'exprime notamment dans les phénomènes de *mémoire*. Il est assez coutumier de considérer que la mémoire est une sous-catégorie, plus ou moins facultative, de la cognition : il s'agirait d'une forme de perception dont les objets présentent la particularité de se situer dans le passé. Mais on peut aussi inverser cette perspective, à l'instar de la “révolution copernicienne” de Kant : puisque tout acte perceptif requiert que l'on apporte à la tâche un appareillage approprié, il est légitime de considérer que la mémoire (assimilée alors au produit de l'ontogenèse passée de l'organisme) est la *condition de possibilité* de la perception (cf. Rosenfield 1988). Autrement dit, de ce point de vue, loin d'être un aspect secondaire, la mémoire est essentielle à toute la cognition. Ce genre de considération confirme les liens étroits entre sciences cognitives et biologie — mais à la condition, soulignons-le, que cette dernière

accorde une position centrale à l'ontogenèse et se donne ainsi les moyens d'une prise en compte adéquate de la temporalité.

Par ailleurs, Rosenthal nous rappelle utilement que la forte parenté entre biologie et sciences cognitives n'est pas une identité : la cognition et la mémoire humaines, mais non les processus biologiques, sont caractérisées par le phénomène de la *conscience*. Ceci soulève la question des conditions précises qui ont présidé à l'émergence de la conscience à un moment donné de la préhistoire humaine (Jaynes 1976), et qui préside aujourd'hui à son émergence au cours du développement de chaque bébé humain (Stern 1989). Plus généralement, ceci nous amène à poser également la question du passage du "biologique" au spécifiquement "humain" : dans cette perspective, l'anthropologie, et notamment l'étude de l'hominisation, devient une pièce essentielle des sciences cognitives.

À ce stade de notre présentation introductive, le lecteur ayant quelque familiarité avec la biologie contemporaine ressentira probablement une certaine perplexité. De nos jours, la biologie est très largement — sinon exclusivement — moléculaire ; or, à l'exception de quelques allusions aux "récepteurs" de la part de Christiane Sinding, il a été très peu question de molécules dans l'ensemble des textes de ce recueil. Cette apparente anomalie n'est pas le fruit du hasard : elle provient du rôle que nous avons demandé à la biologie de remplir, et ceci de deux manières.

Premièrement, nous avons sollicité la biologie dans sa pertinence potentielle par rapport à la cognition. Or, s'il est envisageable d'admettre que les organismes vivants soient des êtres "cognitifs" — tout au moins, c'est la voie que nous nous sommes attachés à explorer dans ce recueil — il semble par contre tout à fait exclu que des molécules, en tant que telles, puissent être "cognitives". Les capacités cognitives, telles que perception, reconnaissance, mémoire, etc., ne sont pas des propriétés d'éléments pris isolément les uns par rapport aux autres ; ce sont des propriétés émergentes de *systèmes* dynamiques. Par conséquent, nous avons en quelque sorte obligé la biologie de considérer le cours inverse de sa propre histoire, et à détourner son attention des éléments d'une analyse réductionniste (les molécules) pour se refocaliser sur des ensembles

plus synthétiques et holistiques — des cellules d'abord, mais aussi et surtout des organismes multicellulaires dotés d'une ontogenèse.

La deuxième raison tient à ce que nous avons sollicité la biologie pour nous fournir l'amorce d'un paradigme alternatif, c'est-à-dire *autre* que le cognitivisme. J'ai déjà évoqué les liens privilégiés entre cognitivisme et formalisme. Or le texte de Charles Lenay, qui porte sur l'histoire de la biologie moderne au moment de son origine à la fin du XIX^e siècle, révèle que la biologie contemporaine entretient aussi des relations privilégiées avec le formalisme. En effet, la biologie doit son éclosion, comme science parvenue à maturité, à un cadre théorique formé par une synthèse entre des éléments puisés dans les œuvres de Darwin, Weismann et Mendel. C'est ce cadre théorique qui a donné lieu, au XX^e siècle, au néo-darwinisme et à la théorie synthétique de l'évolution ; de plus, une vision rétrospective permet de voir que tout le développement ultérieur de la biologie moléculaire jusqu'à nos jours⁴ y était déjà contenu en germe. Au sein de cette triple synthèse, la génétique mendélienne joue un rôle capital, car c'est elle qui rend l'optique weismanno-darwinienne réellement opérationnelle d'un point de vue expérimental. Or la génétique mendélienne est dite, à juste titre, “génétique formelle” : la relation entre génotype et phénotype ou, plus analytiquement, la relation entre un gène et le caractère correspondant, est très précisément une relation formelle (Stewart et al. 1988). Ce que Lenay nous dévoile, ce sont les opérations de “projection épistémique” et les fascinants méandres d'un cheminement qui a abouti à la *formalisation* de la biologie.

Il n'est pas aisé de nommer l'alternative au paradigme cognitiviste dont nous avons cherché à esquisser quelques traits. Le terme piagétien de “structuralisme génétique” est intéressant, mais possède un inconvénient majeur dans la mesure où il requiert que l'on interprète le mot “génétique” comme renvoyant à “genèse” (comme dans “ontogenèse” et “phylogenèse”), alors qu'il est devenu d'usage de l'employer dans le sens de “génétique mendélienne”, c'est-à-dire

⁴ Y compris jusque dans certains détails, notamment le rôle de “l'ARN-messager”, copie éphémère de l'information inscrite dans l'ADN immuable qui permet à cette information de passer du noyau au cytoplasme cellulaire et de s'y exprimer.

comme renvoyant à l'ADN. Entretenir une confusion entre ces deux sens, qui appartiennent précisément à des paradigmes opposés, conduirait à de graves contresens. Provisoirement au moins, nous proposons donc de qualifier cette alternative de “constructiviste”.

Nous sommes maintenant en mesure de comprendre pourquoi la “mise en résonance” de la biologie avec les sciences cognitives a produit les “effets en retour” sur la biologie que nous venons de remarquer et de commenter. La raison sous-jacente en est qu'il existe potentiellement deux paradigmes distincts, non seulement en sciences cognitives (ce que nous avons pris comme point de départ), mais également au sein de la biologie elle-même. Autrement dit, la distinction “formalisme/constructivisme” se révèle être transversale par rapport à la distinction entre biologie et sciences cognitives, et finalement commune aux deux champs disciplinaires. Cette conclusion revient à valider, à un niveau d'abstraction épistémologique plus élevé, notre intuition initiale concernant l'existence d'une réelle résonance entre biologie et sciences cognitives.

John STEWART

Unité d'Immunobiologie, CNRS URA 359
Institut Pasteur, 25 rue du Dr Roux, F-75724 Paris, France

Bibliographie

- Buss L.W. (1987). *The Evolution of Individuality*. Princeton University Press, Princeton.
- Deneubourg J.-L., Théraulaz G. & Beckers R. (1992). Swarm-made architectures. In : Bourguin P. & Varela F. (Eds.). *Towards a practice of autonomous systems. Proceedings of the 1st European Conference on Artificial Life*. Bradford Books, MIT Press, Cambridge.
- Fodor J.A. (1975). *The Language of Thought*. Harvard University Press, Cambridge.
- Gibson J.J. (1979). *The Ecological Approach to Visual Perception*. Houghton Mifflin, Boston.
- Jaynes J. (1976). *The Origin of Consciousness in the Breakdown of the Bicameral Mind*. Houghton Mifflin, Boston.

- Kuhn T.S. (1962). *The Structure of Scientific Revolutions*. University of Chicago Press, Chicago. Traduction française (1983) : *La structure des révolutions scientifiques*. Flammarion, Paris.
- Lakoff G. (1987). *Women, Fire and Dangerous Things*. Chicago University Press, Chicago.
- Oyama S. (1985). *The Ontogeny of Information. Developmental Systems and Evolution*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Piatelli-Palmarini M. (éd). (1979). *Théories du langage et théories de l'apprentissage : le débat entre Piaget et Chomsky*. Ed. du Seuil, Paris.
- Polanyi M. (1958). *Personal knowledge: towards a post-critical philosophy*. Routledge & Kegan Paul, London.
- Rosenfield I. (1988). *The Invention of Memory: A New View of the Brain*. Knopf, New York.
- Stengers I. (1985). Les généalogies de l'auto-organisation. Dans *Généalogies de l'auto-organisation*, pp. 7-104, Cahiers du C.R.E.A., Paris.
- Stern D.N. (1989). *Le monde interpersonnel du nourrisson*. PUF, Paris.
- Stewart J., Andreevsky E. & Rosenthal V. (1988). Du culte de l'information en biologie et en sciences du langage. *Revue Internationale de Systémique* 2(1), 15-28.
- Stewart J. (1991) L'ontogenèse et la problématique inné-acquis. *Devenir* 3(3), 49-58.
- Stewart J. (1992) Life=Cognition : the epistemological and ontological significance of Artificial Life. *Proceedings of the 1st European Conference on Artificial Life*. Bradford Books, MIT Press, Cambridge.
- Varela F.J., Thompson E. & Rosch E. (1991). *The Embodied Mind*. Bradford Books, MIT Press, Cambridge. Traduction française (1993) : sous presse, Ed. du Seuil, Paris.