

Charles LENAY

Caractères adaptatifs et représentations symboliques*

Cet article analyse quelques analogies de problématique entre le cognitivisme classique et la biologie moléculaire. Dans un premier temps notre approche sera purement historique. Dans un deuxième temps, nous exploiterons ces résultats pour critiquer l'emploi de la théorie de la sélection naturelle dans des développements récents du cognitivisme, en particulier pour résoudre les difficultés de l'intentionnalité des états mentaux ou dans le fonctionnalisme téléologique.

Tout au long de leurs histoires la biologie et la psychologie ont échangé les grands concepts structurants qui marquaient les principales étapes de leur développement. À l'heure actuelle la biologie moléculaire utilise un mode d'explication qui par bien des aspects est analogue à celui employé en psychologie dans le cognitivisme classique.

On comprend que la psychologie cognitive fasse appel dans ses explications à l'idée de représentation symbolique mais il est plus étonnant de rencontrer l'emploi d'une notion équivalente en biologie. L'objectif premier de la physiologie était de ne donner dans ses théories que les suites de cause à effet qui par leurs multiples enchaînements, suffiraient à rendre compte des phénomènes du vivant. On est donc frappé de l'emploi de termes qui semblent renvoyer à un vocabulaire psychologique ou linguistique. On parle

* Je tiens à remercier Elisabeth Pacherie, Jacques Gautrais, Jean Gayon et John Stewart pour leurs critiques judicieuses lors des diverses étapes préliminaires de ce travail.

ainsi volontiers "d'information génétique", de "traduction", de "reconnaissance", de "code", de "programme" ou de "message". Cet emploi de notions liées à celle d'information n'est pas une simple image vulgarisatrice dont on aurait à lever les ambiguïtés¹. Sa place est centrale dans la structuration historique des théories biologiques.

Les sciences cognitives dans leur forme classique sont nées avec la conception fonctionnaliste du raisonnement comme manipulation de représentations symboliques, mais elles ont aussi, dès les premiers jours, été le lieu de débats virulents. En particulier dans le cadre de l'approche connexionniste, actuellement en fort développement, on tente d'élaborer une explication alternative des phénomènes cognitifs d'où serait évacuée la notion de représentation symbolique. Si donc, par souci de se rapprocher de la neurobiologie, certains psychologues tendent à abandonner les concepts liés à la représentation symbolique, il nous semble dès lors d'autant plus intéressant d'examiner comment, au contraire, la biologie en est venue à les revendiquer. On pourra alors découvrir que les difficultés proprement biologiques de cette approche renvoient à des difficultés isomorphes en psychologie. De même, les alternatives proposées dans ces deux domaines se répondent et permettent un enrichissement mutuel des programmes de recherche. L'analyse historique présentée ici décrira comment, en biologie, la notion de représentation symbolique est liée à l'idée d'adaptation comme finalisation d'une chose vers une autre qui lui est distincte (finalité externe)². Ce serait l'objet d'un autre article que de montrer comment, inversement, cette idée d'adaptation est modifiée ou abandonnée dès lors que l'on tente de penser l'organisation des systèmes vivants ou cognitifs en se passant de la représentation

¹ Le mot *information* est à prendre ici au sens large, et non au sens restreint qu'il trouve dans la Théorie de l'information développée par Shannon à la fin des années 40 (Shannon 1949). "L'information génétique" est beaucoup plus qu'une valeur statistique mesurée relativement à la fréquence des bases nucléiques. C'est une information qui a un contenu, une signification. J'y reviendrai plus longuement dans la suite du texte.

² L'analyse historique qui va suivre concerne essentiellement la biologie. Je n'ai pas ici l'ambition de donner une analyse équivalente pour la psychologie. Je veux seulement mettre en regard les principaux éléments de l'histoire de la biologie avec certains arguments de la récente problématique des sciences cognitives.

symbolique. Cependant, on pourra éclaircir quelque peu la signification de certains appels à la théorie de la sélection naturelle que l'on rencontre au cœur des explications du cognitivisme classique, en particulier pour résoudre la question de l'attribution d'un contenu aux symboles manipulés.

Le déplacement de la notion d'information des domaines linguistiques ou cognitifs vers la biologie n'a pas été sans transformations mais quelques remarques préalables permettront de faire sentir la communauté de problématique que nous allons explorer. On sait que le fonctionnalisme du cognitivisme classique s'appuie sur une distinction entre d'une part, une information structurée, symbolique, et d'autre part, le support matériel auquel elle est liée. Cette distinction entre état fonctionnel et état physique correspond dans le fonctionnement de l'ordinateur à la distinction entre le programme et le dispositif physique sur lequel il est implémenté (Newell et Simon, 1981). Or l'idée d'une information relativement indépendante du lieu matériel particulier où elle s'exprime se retrouve dans la conception du vivant proposée par la biologie moléculaire. C'est la distinction entre l'information génétique et le métabolisme cellulaire (activité enzymatique des protéines). De la même façon qu'un programme peut "tourner" sur différentes machines, l'information génétique que l'on dira contenue dans l'ADN peut être exploitée dans les cellules les plus diverses. Les "manipulations génétiques" consistent précisément en un transfert d'ADN d'une cellule à une autre pour y faire exprimer son "programme". C'est d'ailleurs aussi ce qui se passe lors des infections virales (transformation), ou encore plus généralement lors des échanges de matériel génétique propres à toute reproduction sexuelle.

Le secret du vivant comme celui de la cognition résiderait alors dans un "langage" interne : le langage de la vie avec le code génétique de l'ADN (Watson et Crick 1953) ou le langage de la pensée (Fodor 1975). Cette notion de langage permet de fonder une distinction entre un niveau fonctionnel et un niveau de causalité matérielle, distinction qui semble aussi bien fonctionner dans les systèmes organiques que cognitifs. Elle sert alors de justification théorique à la spécificité épistémologique du domaine de recherche

considéré. Dans un style bien caractéristique du cognitivisme classique, Jacques Mehler écrit :

"Ainsi, de même que l'existence d'un code génétique valide l'autonomie d'une discipline comme la biologie, par rapport à la physique atomique ou la chimie, ce "langage de l'esprit" conférerait aux explications psychologiques un *niveau de description opératoire*, et par là même une certaine indépendance vis-à-vis de la biologie." (Mehler et Dupoux 1987 : 85)³.

Ajoutons que dans les deux domaines, la question de l'origine du langage est rejetée aux limites du champ de recherche, soit à l'origine de la vie, soit à l'hominisation.

Cette convergence de problématiques et de modes d'approche ne peut s'expliquer simplement par un transfert de concept qui se serait déroulé durant les années 50 avec le déplacement de divers scientifiques de la physique vers la biologie (Schrödinger, Delbruck, Bohr) dans l'atmosphère intellectuelle générale qui donna successivement le jour à l'ordinateur puis aux sciences cognitives. Un tel transfert n'a été possible que parce que la discipline d'accueil possédait déjà une problématique où ce concept, réinterprété, pouvait jouer un rôle structurant équivalent à celui qu'il avait eu dans sa discipline d'origine. Si Watson et Crick découvrant la structure de l'ADN en 1953 ont immédiatement pensé que l'enchaînement des bases nucléiques pouvait être compris comme de l'information, c'est que l'idée de représentation abstraite des caractères héréditaires était déjà ancienne. Depuis le début du siècle, toute explication génétique procédait par association systématique entre caractères observés et gènes. Les développements de la génétique de l'école de Morgan avaient été faits en associant à chaque caractère susceptible de variation héréditaire un symbole correspondant au gène qui le détermine. Ces symboles pouvaient alors entrer dans les formules génétiques donnant les prédictions probabilistes sur les combinaisons des caractères dans la descendance des croisements.

³ Par exemple, Theodosius Dobzhansky écrit: "Des lois biologiques, comme celles de Mendel par exemple, concernent des aspects particuliers de processus physiques et chimiques qui ne se passent que dans les corps vivants : ils n'ont simplement rien à voir avec la physique ou la chimie et ne sont pas opposés à elles." Dobzhansky 1977 : 26.

Le rapport entre gène et caractère était pensé comme un rapport de représentation et de détermination. Watson et Crick ne faisaient que donner un sens biochimique à une coupure instaurée par la "génétique formelle", entre les déterminants des caractères et les réalisations matérielles particulières de ces caractères.

La question de l'emploi des notions de représentation et d'information en biologie ne peut donc être résolue sans avoir compris l'origine de cette conception, propre à la génétique, pour laquelle les caractères sont pris comme des entités discrètes, indépendantes, manipulables comme des symboles formels. Mais l'on ne pourra expliquer la mise en place de ce type de représentation symbolique sans avoir d'abord saisi la fonction d'une conception abstraite du caractère dans la théorie darwinienne de l'évolution. Rôle qui lui avait d'abord été donné par la question de l'adaptation telle qu'elle fut posée au XVIIIème siècle dans la théologie naturelle.

Dans une première section, nous allons donc présenter une histoire simplifiée de la notion de caractère héréditaire en biologie. Elle visera à montrer comment la problématique de l'adaptation lie la théorie darwinienne de l'évolution à une théorie de l'hérédité par transmission de représentations des caractères. L'étude de la richesse historique des alternatives qui furent proposées puis abandonnées ou oubliées excéderait le cadre de cet article.

Dans une deuxième section, nous continuerons ce premier canevas historique en le mettant directement en rapport avec la problématique classique du cognitivisme.

Finalement, une dernière section, à propos de la question de l'intentionnalité tentera de faire sentir l'intérêt de l'approche historique pour la recherche théorique dans les sciences cognitives.

1. Le caractère héréditaire dans la biologie darwinienne

Depuis la théologie naturelle jusqu'à la découverte de l'ADN on notera surtout comment furent employées des analogies entre les ordres d'explication psychologique et biologique. Ces analogies ont des sources nombreuses et très anciennes qui renvoient à une communauté de problématique profonde. Sans remonter à la biologie aristotélicienne, ou aux différentes formes de vitalisme,

commençons par examiner le rôle particulier joué par l'idée de *caractère* des êtres vivants au cours du XVIIIème siècle.

1.1. Argument de la finalité

Tout d'abord, les caractères étaient les signes distinctifs qui servaient à la grande entreprise de rangement du monde vivant suivant une classification naturelle. Dans le cadre créationniste où se plaçaient des naturalistes comme Carl von Linné, une telle classification devait dévoiler le plan de la Création. Les caractères correspondaient à autant d'idées de Dieu marquant les différences entre espèces.

Par ailleurs, les caractères morphologiques ou comporte-mentaux pouvaient être systématiquement exploités à des fins apologétiques dans le cadre de la Théologie Naturelle. La complexité des êtres organisés et leurs multiples adaptations étaient pris comme autant d'arguments pour une preuve empirique de l'existence de Dieu. Il n'est pas inutile de rappeler cet argument qui procédait par analogie avec le rapport intelligent de l'artisan à son œuvre.

Dans le cadre mécaniciste du XVIIIème siècle, le seul moyen scientifique classiquement admis pour expliquer les phénomènes naturels était l'enchaînement direct de cause à effet. On ne pouvait envisager que deux types d'origines pour un système organisé. Soit l'intention d'un artisan, soit le hasard de l'heureuse rencontre des événements. Or, devant la merveilleuse complexité de l'organisation d'un être vivant on conçoit facilement que la "conspiration" précise de toutes les causes matérielles nécessaires à sa formation serait "trop improbable pour être le fruit du hasard"⁴. Au contraire, on doit apprendre à reconnaître ici l'existence d'une finalité, d'une intention qui s'exprime dans la Nature. Souvent développé dans le monde anglo-saxon, où on le nomme "l'Argument from Design", c'est

⁴ Remarquons qu'il faut se placer dans le cadre d'un déterminisme mécaniciste (de Descartes ou Galilée jusqu'à Newton) pour dire que l'improbabilité d'une forme est le signe d'une intention. En effet, l'évaluation de cette probabilité se fait à partir d'une conception du hasard comme étant précisément le déterminisme non finalisé des enchaînements indépendants de causes et effets. C'est donc dans le cadre de la naissance de la science classique, contre elle, mais grâce à elle, que peut se développer "l'Argument from Design". Une conception du déterminisme enrichie par la connaissance de la dynamique des systèmes complexes, qui donc rendrait compte de l'émergence de forme stables, n'aurait pas permis le développement d'un tel argument.

l'argument de la finalité : de même que c'est l'intention de l'artisan et non le hasard des circonstances qui, pour mieux voir, a façonné une longue vue en suivant un plan adapté aux lois de la nature, c'est l'intention d'un être intelligent, le Créateur, qui a façonné notre œil pour que nous puissions voir. Comme le montra Kant (parce que lui aussi partageait la confiance générale dans le déterminisme newtonien), on pose ici que le concept d'un objet est dans la nature et joue le rôle d'une cause⁵.

Le transfert est complet du plan psychologique au plan biologique : l'explication de l'ordre biologique est directement psychologique. Il est important de rappeler que le problème de l'adaptation a été posé dans un tel cadre créationniste. En effet, d'une certaine façon l'adaptation est une évidence. On devrait reconnaître que tout organisme, du fait même qu'il existe, est bien adapté à son environnement. Mais si l'on considère que chaque espèce est le résultat d'une construction libre, indépendante des contraintes du milieu, alors, comme toute création, elle pourrait être plus ou moins réussie. C'est la prévenance du créateur qui a veillé à accorder le fonctionnement de chaque être vivant avec les contraintes de son environnement. On pourra alors diviser l'organisme en de multiples caractères dont on montrera l'utilité pour sa survie : les pattes de la taupe sont adaptées au creusement de galeries souterraines, les bosses du chameau constituent une réserve d'eau qui lui assure la survie dans les déserts, etc.

Ici, l'argument théologique s'appuie sur l'idée d'une finalité *externe*, c'est-à-dire sur la convenance d'une chose pour une autre⁶.

⁵ "Nous introduisons un principe téléologique lorsque nous attribuons de la causalité par rapport à un objet à un concept d'un objet, comme si ce concept se trouvait dans la nature (et non en nous),..." (Kant 1979 : 182) Ce faisant, on confond d'après Kant, faculté de juger réfléchissante et faculté de juger déterminante : "Cependant on use à bon droit du jugement téléologique, du moins problématiquement, dans l'étude de la nature ; mais ce n'est que pour la soumettre, suivant *l'analogie* avec la causalité finale, aux principes de l'observation et de la recherche, sans prétendre *l'expliquer* par là. Il appartient donc à la faculté de juger réfléchissante et non à la faculté de juger déterminante." (Kant 1979 : 182).

⁶ Dans la mouvance romantique, depuis J.W. von Goethe (1749-1832) et Et. Geoffroy St. Hilaire (1772-1844) jusqu'à Sir R. Owen (1804-1892), une autre famille d'arguments appartenant à une morphologie transcendante était opposée à

I.2. Sélection naturelle

C'est dans le cadre de cette problématique de l'adaptation, mais contre l'emploi d'une intention agissante dans la nature que Darwin pensa avoir trouvé une explication entièrement mécaniste de l'origine des espèces. On connaît la solution : la finalité (téléologie) observée des caractères résulterait mécaniquement d'un processus de sélection naturelle. Tous les caractères seraient le produit d'une histoire évolutive au cours de laquelle se seraient progressivement accumulées les variations dites avantageuses. Cependant, il faut rappeler la genèse de cette théorie qui avait été construite en s'inspirant des pratiques des éleveurs.

Darwin avait longtemps cherché une théorie de l'origine des espèces qui pourrait rendre compte des multiples adaptations qui l'avaient tant impressionné lors de sa lecture des ouvrages de théologie naturelle. Au retour de son long voyage autour du monde, il entreprit une étude systématique des variations dans le monde vivant. Il s'intéressa plus particulièrement aux éleveurs qui lui semblaient être les détenteurs de la plus grande expérience en ce domaine et il se lança lui-même dans l'élevage des pigeons. Pourtant, les éleveurs n'avaient pas réussi à découvrir les mécanismes de la variabilité et devaient attendre que de légères variations se produisent parmi la descendance de leur élevage. Ils arrangeaient alors des croisements entre les individus sélectionnés pour accumuler lentement ces variations dans le sens désiré. Darwin était fasciné par l'immense diversité des variétés domestiques ainsi produites. C'est à la fin des années 1830, en lisant le pasteur et économiste anglais Thomas Robert Malthus (1766-1834), qu'il découvrit un processus naturel qui pouvait jouer un rôle équivalent à ce travail méticuleux des éleveurs : le simple phénomène de la reproduction devrait déboucher sur une croissance exponentielle de chaque population. La stabilité des populations naturelles serait donc l'effet d'une

toute forme d'utilitarisme. Ce serait plutôt dans l'existence d'*homologies* de formes (et non d'*analogie* de fonction) entre les organes ou les espèces qu'elle trouvait la preuve d'un ordre supérieur dans la nature. L'objet d'un futur travail sera d'étudier cette conception alternative du vivant en suivant sa continuité historique jusqu'à certaines spéculations contemporaines.

destruction permanente compensant cette tendance. Il devait ainsi y avoir dans la nature une "lutte pour l'existence" qui jouerait un rôle équivalent à la sélection des éleveurs. Les individus porteurs de variations avantageuses des caractères se reproduiraient mieux que les autres. Si ces caractères étaient héréditaires, ils tendraient à se répandre dans l'espèce.

Cependant, lors de ce passage de la sélection artificielle à la sélection naturelle, il n'est pas certain que tout ce qu'il y avait de proprement cognitif dans le travail des éleveurs ait été éliminé ou remplacé par des processus purement causaux. Il ne s'agit pas de réouvrir ici le procès de mauvaise foi que certains biologistes (comme Pierre Flourens en France) firent alors à Darwin en l'accusant de remplacer la conscience des éleveurs par une vaste conscience sélectionnante dans la nature. La sélection naturelle est un processus purement automatique qui ne demande aucune faculté cognitive comme la connaissance ou l'anticipation de ce qui sera retenu⁷. Il reste pourtant deux idées intrinsèques à la sélection artificielle dont on doit examiner de près le changement de statut quand on passe dans l'ordre des phénomènes naturels. Ce sont celles de "caractère" et "d'ignorance".

1.3. Caractère

Dans la sélection artificielle, ce sont les éleveurs qui, d'après les critères de sélection qu'ils ont en tête (meilleure production de lait, pelage plus épais, etc.), découpent des caractères différents dans les organismes observés. De même, bien qu'ils observent de multiples

⁷ Face à ces critiques, Darwin n'abandonna pas son analogie mais chercha plutôt à l'améliorer. La sélection artificielle qui doit servir de modèle serait plutôt une *sélection inconsciente* qui par exemple a présidé aux premières domestications animales et végétales. Elle ne nécessite pas d'intention méthodique qui la dirigerait, et pourtant elle devait elle aussi déboucher sur une apparente finalisation des espèces domestiques du fait de la constance des intérêts inconscients de l'humanité (on consomme d'abord les individus les plus faibles, on favorise les individus les plus sociaux, etc., sans avoir idée que par là l'hérédité est modifiée. La démarche de Darwin était donc de naturaliser les phénomènes de la sélection artificielle. Cependant, l'absence de finalisation consciente ne signifie pas pour autant que rien ne soit cognitif dans le comportement des éleveurs.

différences inter-individuelles, ils reconnaissent une continuité de ces caractères d'une génération à l'autre. Le caractère est un concept, une forme reproductible, exemplifiable (instanciable) par une diversité d'observations d'organismes différents.

Quand on passe dans l'ordre des phénomènes, la théorie de la sélection naturelle exige encore de chaque caractère qu'il soit réalisé (instancié) par une multitude d'individus. En effet, ces caractères sont d'un côté des *propriétés* ou des *fonctions* organiques qui se maintiennent parce qu'elles ont eu un effet dans la lutte pour l'existence en participant utilement à la survie et la reproduction. Et d'un autre côté, ce qui évolue, ce sont ces caractères en tant qu'ils sont héréditaires, c'est-à-dire en tant que formes transindividuelles (partageables par différents individus). Dans l'ensemble des caractéristiques physiques d'un organisme particulier, seul ce qui est héréditaire est à proprement parlé sélectionné. Rappelons qu'il s'agit de montrer l'adaptation progressive des espèces aux contraintes du milieu (finalité externe), et non les adaptations réactives individuelles d'un organisme aux circonstances de son existence (à moins que ces facultés de régulation soient elles-mêmes héréditaires et donc sélectionnées). Chaque espèce n'est que la somme des variations des caractères qui se sont accumulées au long de son histoire. Des caractères qui peuvent être dits abstraits dans la mesure où la logique de la sélection naturelle les traite comme des formes ou des propriétés reproductibles, indépendantes des multiples différences individuelles des organismes qui les instancient concrètement.

Il faut donc être attentif à la nature objective de la reproductibilité des caractères dans le cadre de la théorie de la sélection naturelle. La reconnaissance d'un caractère répété ne peut y être pensée comme simplement subjective, relative à un sujet connaissant. Les caractères doivent au contraire exister pour un processus, la sélection naturelle, qui appartient à la nature.

Faut-il déjà voir là une sorte de réification du concept, la présence d'une information dans la nature ? Darwin s'en serait fermement défendu. Dans le cadre déterministe et réductionniste où il se plaçait, admettre l'existence de formes ou de propriétés qui se transmettraient comme telles serait retourner à une conception idéaliste et fixiste. Ce serait admettre des caractères inscrits dans le ciel des idées qui ne manqueraient pas d'être parfaits et éternels.

Pour Darwin, la seule réalité du caractère est individuelle, concrètement réalisée à un moment donné dans un organisme particulier. Il n'y a pas de caractère concevable indépendant de l'ensemble des causes qui le constituent. La transmission, comme les variations des caractères, doivent résulter d'une causalité purement matérielle. Si deux individus se ressemblent, c'est seulement parcequ'ils descendent tous deux d'un ancêtre commun et qu'ils ont donc une cause commune. Cependant, Darwin ne possédait pas de théorie de l'hérédité au sens moderne (Gayon 1992). Pour lui comme pour la plupart de ses contemporains, la reproduction était un phénomène associé à celui de la croissance.

Le modèle de départ était la division de l'unicellulaire. Dans ce cas, il semblait clair que les cellules filles ressemblent à la cellule mère puisqu'elles sont constituées de la même substance qui n'a fait que croître avant de se diviser. On cherchait donc à penser l'hérédité exactement comme on pensait le développement. L'ensemble des causes capables d'expliquer comment un caractère organique se forme devait être suffisant pour expliquer sa reproduction. Si, pour parler comme Ernst Haeckel, l'ontogenèse est la suite des conséquences nécessaires d'un ensemble initial de matière et de mouvement, alors la reproduction consiste à continuer cette croissance à l'extérieur du parent. Il n'y a pas de distinction entre la causalité qui constitue matériellement le caractère et celle qui le reproduit. Darwin proposa en 1868 une théorie particulière où des "gemmules", produites par les différentes cellules des parents seraient les germes des cellules équivalentes de l'enfant. L'ontogenèse des caractères organiques résulterait de l'agrégation ordonnée de ces gemmules suivant un jeu d'affinités précises. Bien que ces théories soient restées très hypothétiques et assez confuses, on peut en comprendre le principe général : l'identité de type des caractères soumis à la sélection naturelle (ou pensés par les éleveurs) renvoie directement à une identité de type des structures matérielles sous-jacentes. Il semblait évident à Darwin comme à ses contemporains que la reproduction des caractères ne pouvait s'expliquer que par la conservation entre les générations d'une structure susceptible de croître et se diviser. Une structure qui serait en même temps susceptible de variations. Celles qui se maintiennent dans la descendance entrent automatiquement dans le processus de

la lutte pour l'existence qui résulte directement de la multiplication potentiellement exponentielle de chaque organisme⁸. Cependant, des difficultés intrinsèques à la théorie de la sélection naturelle allaient remettre en question cette identité entre structure matérielle et caractère, et conduire progressivement à leur distinction.

1.4. Ignorance

Darwin découvrit peu à peu les profondes difficultés que présentait sa conception de l'hérédité pour la théorie de la sélection naturelle. Nous ne retiendrons ici qu'un problème particulièrement délicat : l'hérédité des caractères acquis y était non seulement possible mais nécessaire. Toute variation héréditaire devait être l'effet d'une cause externe perturbant l'organisme d'une façon transmissible : c'est d'abord une variation acquise par un organisme. Dès lors, si l'on admet que ces variations sont d'emblée adaptées, la sélection naturelle ne joue plus de rôle explicatif. On peut retrouver une explication lamarckienne de l'évolution. L'édifice théorique de la sélection naturelle devient obsolète.

Pour que l'on puisse parler de sélection, il est crucial de maintenir une distinction entre variation et sélection : les variations des organismes doivent se produire d'abord, *au hasard*, avant d'être soumises à la sélection naturelle. Des variations infimes, dans toutes les directions, sont la matière de l'évolution, mais la sélection est la force créatrice qui la dirige. Ce point est essentiel pour que l'on puisse rendre compte de l'évolution indépendamment d'une étude approfondie des mécanismes de la variation. Cet emploi du hasard qui avait tant choqué les contemporains de Darwin était une difficulté centrale de sa théorie. Pour comprendre toute sa signification, il faut à nouveau suivre l'analogie de la sélection artificielle. C'est du moins ce que nous indiquait Darwin qui pensait

⁸ Ce n'est que tardivement que Darwin prit sérieusement en considération l'existence de variations neutres, c'est-à-dire de variations de structure héréditaires qui n'ont pas d'effet fonctionnel sur la survie. Dans ce cas on voit l'amorce d'un découplage entre un niveau fonctionnel significatif pour la sélection naturelle et un niveau des structures matérielles : la même fonction peut être réalisée par des structures matérielles différentes.

tenir là "la clé la meilleure et la plus sûre"⁹ pour résoudre les diverses difficultés théoriques qu'il rencontra.

En effet, pour les éleveurs, les variations qu'ils observent sont au hasard, simplement à cause de leur *ignorance* des mécanismes de cette variabilité. Une ignorance de fait qu'ils pouvaient considérer, suivant leurs convictions métaphysiques, comme momentanée ou définitive. Dans le cadre déterministe où voulait se maintenir Darwin, ces variations avaient nécessairement des causes. Mais puisqu'elles étaient inconnues, il était impossible de construire une liaison théorique, inférentielle, qui permettrait de déduire à partir d'un type de donnée initiale sur l'environnement de l'organisme (température, nourriture, chocs, etc.), un type de variation résultante. Il était donc inutile de postuler un hasard absolu ou une quelconque spontanéité du vivant pour dire que les variations étaient au hasard *pour* les éleveurs. C'est un hasard "subjectif" qu'ils reconnaissent précisément comme leur impuissance à finaliser les variations dans le sens de leurs objectifs. Ils sont ainsi contraint d'adopter la méthode de la sélection par choix *a posteriori* des variations observées. Darwin conduit alors son analogie en passant au plan des phénomènes naturels : de la même façon que les éleveurs ne peuvent déterminer les variations qui les intéressent, les conditions de sélection ne déterminent pas les variations avantageuses des organismes. Dans la nature, les variations ont certainement des causes, mais elles ne sont pas finalisées pour être avantageuses. Elles sont au hasard *relativement* à la sélection naturelle.

L'analogie fonctionne par comparaison de deux rapports : le découplage qui existe entre les connaissances (et comportements) des éleveurs et les causes inconnues des variations de leurs animaux domestiques serait analogue au découplage qui existerait entre la causalité de la sélection naturelle et la causalité des variations des êtres vivants en général. Le rapport entre le système cognitif des éleveurs et le monde sert à penser le rapport entre sélection et variations. J'appelle ce procédé de construction théorique, la *projection épistémique*. Ici, contrairement au cas de "l'argument from design", ce n'est pas tant la connaissance mais l'ignorance qui sert à conduire l'analogie.

⁹ " the best and safest clue " (Darwin 1980 :3-4).

Pour Darwin il fallait donc montrer que la variation, même si elle était d'abord une variation acquise par l'organisme, n'était pas pour autant nécessairement avantageuse. Or il était bien difficile de justifier, dans la nature, l'existence d'un tel hasard. Darwin admettait ne pas connaître les causes de la variation, et il reconnaissait aussi que la sélection résultait d'un enchevêtrement de causes trop complexe pour être complètement décrit. Comment assurer que ces causes ne soient liées, que les conditions externes de sélection ne déterminent directement les variations appropriées, et que donc il n'y ait plus de hasard des variations et par conséquent plus de sélection ? La lecture des différentes éditions de *l'Origine des espèces* montre bien les hésitations de Darwin face à ce problème¹⁰. En 1859, il avait proposé de distinguer les variations directes et indirectes. Les variations directes, produites par une cause externe sur les organismes d'une espèce, pourraient être immédiatement adaptées aux conditions de sélection. Mais les variations indirectes, qui résulteraient de perturbations des organes de la reproduction, ne feraient sentir leurs effets qu'à la génération suivante : les conditions environnementales de la variation seraient différentes de celles de la sélection.

Cependant, ce décalage n'assure pas que les causes de la sélection et celles de la variation n'aient une même origine et un même effet. Puisqu'il n'y a pas de différence fondamentale entre la substance transmise à la descendance et celle qui constitue les parents, la variation chez les parents ressemblera à celle qui se développera chez les enfants. C'est ce que s'empressèrent de penser

¹⁰ Pour un même passage, on trouve :

* Édition de 1859 :

" Such considerations as these incline me to lay very little weight on the direct action of the condition of life."

* Édition de 1869 :

" Such considerations as these incline me not to lay much weight on the direct and definite action of the condition of life; but I fully admit that strong arguments of a general nature may be advanced on the other side."

* Édition de 1872 :

" Such considerations as these incline me to lay less weight on the direct action of the surrounding conditions, than on a tendency to vary, due to causes of which we are quite ignorant." (Darwin 1959 : 279, n° 32, 32:e et 32:f).

différents lecteurs de Darwin comme Clémence Royer, la première traductrice en français de l'*Origine des espèces*. Traduisant le mot anglais "sélection" par "élection", elle ajoutait en note au texte de Darwin :

" Si l'effet des conditions de vie se confond avec celui de l'élection naturelle, c'est peut-être qu'au fond ils ont l'un ou l'autre une cause première identique qui agit seulement d'une manière plus ou moins directe, et à l'aide d'une série plus ou moins longue de causes secondaires."¹¹

Cette lecture fut partagée par de nombreux néo-lamarckiens français ou allemands, comme Alfred Giard (1846-1908), Yves Delage (1854-1920), ou Ernst Haeckel (1834-1919). Il est intéressant de noter que tous ces biologistes défendaient un monisme militant pour lequel aucun découplage de la causalité ne pouvait être admissible aussi bien entre la pensée et le monde, qu'au milieu du déterminisme de la nature entre le vivant et l'inerte. Le terme d'adaptation perd le sens fort qu'il avait dans le contexte de la théologie naturelle : il ne s'agit que de la simple *réaction* de l'organisme aux actions du milieu. Alors que pour Darwin la question de l'adaptation était posée dans le rapport entre deux éléments d'origine *distinctes* (l'espèce et son environnement), il n'y aurait plus, dans un tel équilibre dynamique entre action et réaction, de distinction nette de l'être vivant et du monde qui l'entoure¹².

¹¹ Royer 1962 : 195. Elle rajoutait plus loin: "Mais comme l'élection naturelle, dans toute contrée, n'est autre encore, à chaque moment donné, que la résultante de l'action toujours actuelle du milieu ambiant sur tous les êtres organisés d'un même lieu, c'est-à-dire des circonstances locales, ce sont donc bien ces circonstances, ou autrement les conditions complexes de la vie qui déterminent et règlent toute variation, en premier comme en dernier ressort, médiatement ou immédiatement, par leur action directe sur les générations présentes ou par leur action transmise sur les générations passées, et qui forment ainsi l'Alpha et l'Oméga de la série des causes qui contribuent à la transformation des espèces." note, p. 197.

¹² Il est d'ailleurs remarquable que la question de l'adaptation est absente comme telle du travail de Lamarck. Ce n'est que plus tard, dans un contexte structuré par la problématique darwinienne, que le *néo-lamarckisme* pourra être pensé comme une alternative à la sélection naturelle pour expliquer l'adaptation.

Darwin reconnaissait explicitement le problème de la distinction entre variation et sélection. Il le posait encore dans les termes de son analogie.

"Dans un certain sens, on peut dire que non seulement les conditions d'existence causent, directement ou indirectement, les variations, mais qu'elles influent aussi sur la sélection naturelle ; les conditions, en effet, déterminent si telle ou telle variété doit survivre. Mais quand l'homme se charge de la sélection, il est facile de comprendre que les *deux éléments du changement* sont distincts ; la variabilité se produit d'une façon quelconque, mais c'est la volonté de l'homme qui accumule les variations dans certaines directions ; or, cette intervention répond à la persistance du plus apte à l'état de nature." (Darwin 1980 : 146, je souligne).

Pour justifier dans l'ordre de la nature l'existence de ces "deux éléments du changement" il n'était pas question pour Darwin de se rabattre sur un dualisme du vivant et de l'inerte. Une quelconque causalité spontanée spéciale au vivant aurait ruiné toute son entreprise d'explication matérialiste.

Bien qu'il acceptât de donner une place plus importante à l'hérédité des caractères acquis, Darwin proposa aussi plusieurs hypothèses pour penser un décalage entre la causalité des variations et celle de la sélection. Il accorda une plus grande attention aux déterminismes internes des organismes individuels dans la production des variations. Et il insista sur la part créatrice des variations individuelles : elles participeraient à la création des contraintes sélectives en inventant des places nouvelles dans "l'économie de la nature". Mais on pourrait montrer que ces diverses recherches conduisaient à un abandon plus ou moins complet de l'idée originelle d'adaptation qui avait été le cadre de ses premières réflexions (l'adaptation ne peut plus y être prise comme une finalité externe dirigée vers un environnement indépendant prédéfini). Cependant, ces travaux, insuffisamment repris par ses contemporains, ne jouèrent pas un rôle important dans le cours général de l'histoire de la biologie auquel nous avons décidé de nous restreindre dans cet article¹³. En effet, c'est bien dans le cadre d'un

¹³ Rétrospectivement, ces hypothèses seraient pourtant passionnantes à explorer. Elle permettraient de saisir des alternatives possibles au cadre théorique général de la

téléologisme strict (finalité externe), d'une distinction forte entre l'ordre biologique et le reste de la nature, que le problème de Darwin allait être posé de nouveau par August Weismann (1834-1914). L'immense œuvre théorique de ce biologiste allemand, en fondant le néo-darwinisme, allait organiser le champ des recherches biologiques sous une forme qui est toujours actuelle.

Au début de ses recherches, Weismann admettait que toute variation était directe (action d'une cause externe sur l'organisme). Cependant, comme Darwin, il n'acceptait pas un néo-lamarckisme généralisé pour lequel toutes ces variations seraient nécessairement avantageuses dans la sélection naturelle. Les variations sont au hasard : elles doivent pouvoir être inadaptées. Ce problème, posé dans des termes évolutionnistes, allait l'entraîner vers une révision radicale des conceptions de l'hérédité. En effet, pour éclaircir le rapport entre variation et sélection, il chercha à distinguer, au cœur de la variation elle-même, entre ce qui serait héréditaire et donc susceptible d'évolution, et ce qui ne serait qu'une variation organique passagère. Si l'on ne voulait pas que les variations immédiates des organismes sous l'effet des contraintes du milieu fussent les variations héréditaires qui constituent l'évolution, il fallait montrer que les caractères héréditaires pouvaient se conserver alors que les organismes individuels variaient. Il s'agissait donc pour Weismann de théoriser une distinction entre le caractère héréditaire comme propriété biologique transindividuelle jouant un rôle fonctionnel dans la sélection naturelle, et les caractéristiques particulières des individus qui subissent concrètement l'action de la sélection naturelle. Avant de voir comment, il est intéressant de montrer combien cette problématique est isomorphe à celle que l'on trouve à l'origine des sciences cognitives classiques.

II Psychologie fonctionnaliste et théorie de l'hérédité

II.1. Etat mental versus état cérébral

biologie moderne. De plus on pourrait alors montrer qu'elles renvoient en psychologie à des perspectives alternatives au cognitivisme classique.

Les premiers cognitivistes développèrent leur théorie en s'opposant au behaviorisme qui croyait possible de saisir le comportement entièrement en terme de réactions déterminées à des stimuli externes (Voir : Gardner 1985). Les explications psychologiques devaient se faire à l'aide d'états internes, les "états mentaux", qui obéiraient à une causalité propre, non directement liée aux actions de l'environnement. Cependant, de la même façon qu'en biologie il était impossible de reprendre le dualisme du vivant et de l'inerte, il n'était pas plus question ici d'admettre une causalité spéciale à la pensée en se rabattant sur la distinction dualiste classique entre pensée et monde.

"There is no intelligence principle, just as there is no vital principle that conveys by its very nature the essence of life." (Newell et Simon 1981 : 38)

Fallait-il alors admettre de réduire la psychologie à la neurophysiologie en associant strictement chaque type d'état mental à un type d'état physique cérébral précis ? Une telle "théorie de l'identité" entre activité mentale et mécanisme cérébral ne déboucherait que sur un behaviorisme plus sophistiqué tenant compte des enchaînements physiques de la causalité dans le système nerveux. Au moins méthodologiquement, il s'agirait d'une théorie éliminativiste de l'esprit. Les représentations, les croyances ou les autres états mentaux ne seraient pas pris en considération comme tels.

Au contraire, pour la nouvelle approche, qu'un auteur comme Chomsky n'hésita pas à qualifier de "mentalisme", le comportement, en particulier le comportement verbal, ne pouvait s'expliquer sans tenir compte d'un système de causalité interne comprenant des représentations et des règles (voir : Chomsky 1957 ou 1985). On sait que la psychologie fonctionnaliste a pensé résoudre ce problème en proposant un nouveau modèle de la relation entre corps et esprit. La dualité de substance ou de loi est remplacée par la distinction entre état mental fonctionnel et état cérébral physique : seul compte le rôle que joue chaque structure physique dans le fonctionnement du système dont elle fait partie. Un même rôle causal aurait pu être réalisé à l'aide d'autres composants matériels. Chaque état mental se caractérise donc seulement dans les termes de ses relations causales

avec les autres états mentaux, les stimuli, et les comportements. Cette théorie non-éliminativiste de l'esprit tente ainsi de fonder une dualité entre état physique et état fonctionnel sans sortir d'un cadre physicaliste. On peut toujours maintenir que chaque occurrence particulière d'un état mental correspond à un état physique particulier du cerveau : il ne peut y avoir de différences psychologiques sans différences physiques. C'est la thèse de la "dépendance systématique" ou *supervenience* (que je traduirais par *surimposition*¹⁴) qui assure que le fonctionnalisme est bien matérialiste. Cependant, un type d'état mental (par exemple avoir de la douleur) qui correspond à un type de rôle causal particulier ne renvoie pas à un type d'état physique défini. La façon la plus simple de comprendre cette relative indépendance du niveau fonctionnel est de suivre la psychologie cognitive dans son emploi du modèle de l'ordinateur (nous reviendrons plus loin sur ce qui est impliqué par ce modèle). Dans ce cas on distingue aisément le plan fonctionnel des états logiques du programme et le plan matériel de la machine sur lequel il "tourne". Ce matérialisme est donc "minimaliste" au sens où deux individus peuvent partager un même état mental alors que leurs constitutions physiques (états cérébraux) sont différentes. C'est la thèse proprement fonctionnaliste qui réfute le matérialisme "maximaliste" de la "théorie de l'identité" (*type-type identity theory*). Elle fonde la psychologie cognitive comme une science autonome qui doit individuer ses objets suivant leur rôle causal à l'intérieur de ses propres explications.

L'étude de l'histoire de la biologie se révèle dès lors d'autant plus intéressante que l'on y reconnaît la nécessité de rendre compte d'une distinction entre caractère et organisme individuel semblable à la distinction psychologique entre état mental fonctionnel et état physique. En effet, comme on l'a dit plus haut, la théorie darwinienne exigeait que l'on distingue entre d'une part des traits, des caractères jouant un rôle causal dans la sélection naturelle et pouvant passer d'un organisme à un autre, et d'autre part, les singularités des organismes qui les possèdent. On va voir que la question de la justification de cette distinction, posée dans le cadre

¹⁴ Voir les remarques de Pascal Engel, in Dennett 1990 : 209, et de Jean Gayon 1989 : 211-2.

déterministe et matérialiste de la deuxième moitié du XIX^{ème} siècle, ne prit pas directement une forme fonctionnaliste, mais fut plutôt résolue par une séparation matérielle. Elle allait d'abord conduire de nombreux biologistes à introduire l'idée de *représentation* dans l'explication des phénomènes de l'hérédité. Plus étonnant encore, cette conception de l'hérédité allait déboucher sur une théorie basée sur un emploi de symboles formels qui par bien des aspects ressemble à celui que l'on trouve dans la forme la plus rigoureuse du cognitivisme classique, la théorie computationnelle de l'esprit" (Fodor 1980).

II.2. Variation héréditaire versus variation organiques

L'œuvre théorique de Weismann est la référence obligatoire pour toutes les tentatives ultérieures d'introduction de la notion de représentation en biologie. Comme plus haut avec Darwin, nous centrerons donc notre analyse sur les travaux et le parcours d'un seul auteur.

Son problème était de montrer, sans sortir d'un matérialisme de rigueur, une forme de surimposition du caractère héréditaire (transindividuel) sur les propriétés particulières des individus qui l'instancient ; c'est-à-dire de montrer à la fois que le caractère héréditaire puisse se maintenir constant alors que les organismes individuels subissent certaines variations, mais que, matérialisme oblige, ce caractère héréditaire ne puisse varier que s'il y a variation des organismes qui le réalisent physiquement. Or, comment penser qu'un caractère ait une relative indépendance vis-à-vis de ses réalisations matérielles ? Il n'apparaissait à Weismann qu'une alternative possible. Soit l'on admettait une certaine idéalité du caractère, mais ce serait sortir du matérialisme. Soit, l'on supposait qu'il existait *une cause constante* sous-jacente semblable chez tous les individus possédant un même caractère.

Pour différencier parmi les variations individuelles celles qui sont passagères, simples réaction à l'environnement et celles qui sont héréditaires, Weismann eut l'idée d'étudier un caractère dont la fonction adaptative elle-même ne pourrait être comprise que sur le plan de l'hérédité dans la population. Ce serait le cas de la mort de vieillesse.

Rapidement exposé, l'argument est le suivant¹⁵ : la limitation de la durée de vie n'est pas une nécessité interne au vivant. Certains organismes comme les unicellulaires sont même immortels. Ils se divisent, mais ce n'est pas là mourir puisqu'ils ne laissent pas de cadavre. La mort de vieillesse chez les pluricellulaires serait donc un phénomène adaptatif, un caractère particulier réglé dans chaque espèce par la sélection naturelle. Or, ce caractère ne représente aucun avantage individuel. Il faut plutôt imaginer un avantage pour le groupe. Par exemple, on pourrait dire que si les vieux vivaient trop longtemps, ils s'empareraient de la nourriture des jeunes reproducteurs. Dans chaque espèce, la durée de vie serait ainsi réglée de sorte à ce que chaque organisme puisse avoir des enfants, les éduquer si nécessaire puis, son devoir étant accompli, mourir¹⁶. Or, il est évident que ce caractère ne peut être un caractère acquis : il doit être transmis avant de se réaliser. Les variations *héréditaires* du caractère "durée de vie" doivent se produire dans un premier temps avant que, dans un deuxième temps, elles ne réalisent leur effet et soient soumises à la sélection dans la lutte pour l'existence¹⁷. Ce qui forme ici essentiellement l'indépendance entre la variation héréditaire et les conditions de sélection, c'est l'ordre logique dans lequel elles se produisent. La variation de la durée de la vie précède sa sélection, elle ne peut être déterminée par son utilité.

Les théories de l'hérédité connues alors n'offraient aucune possibilité rationnelle de comprendre la façon dont la durée de la vie pourrait être à la fois limitée et héréditaire¹⁸. D'une façon ou d'une

¹⁵ Pour une analyse historique plus complète voir Lenay 1989.

¹⁶ "Aussitôt que l'individu a fourni sa quote-part dans ce remplacement, il cesse d'avoir de la valeur pour l'espèce : il peut se reposer, il a fait son devoir", *ibid.*, p. 8.

¹⁷ "Toute formation nouvelle se produit, complètement indépendante, à l'origine, de toute utilité, par certaines causes matérielles, dans un grand nombre d'individus, pour se développer, si elle fait ses preuves d'utilité, et si elle est héréditaire, dans le groupe d'animaux en question, d'après les lois de la sélection naturelle." Weismann (1883) 1892: 93.

¹⁸ La mort de vieillesse d'un organisme devait s'expliquer de façon mécanique comme aboutissement nécessaire du développement déterminé de sa structure. On aperçoit immédiatement la difficulté : comment à chaque génération, l'horloge de la durée de vie pourrait-elle être remise à zéro? Ou bien, l'individu est mortel, et sa descendance aussi. La durée de la vie ne peut être que la durée d'existence de

autre, l'hérédité d'un caractère comme celui-ci doit être autre chose qu'une simple *prolongation* de la croissance. Il faut renverser cette conception et imaginer que l'hérédité *précède* le développement. La cause de la mort précède la mort et cette cause doit se maintenir inchangée d'une génération à l'autre. Weismann proposa une première explication qui s'appuyait sur les derniers résultats de la théorie cellulaire. Des cellules immortelles, à reproduction illimitée, conserveraient par division égale, les caractères de la lignée : ce sont les cellules germinatives. Simultanément, ces cellules seraient capables de donner, par une division inégale, un autre type cellulaire, les "cellules somatiques" qui, elles, ne pourraient subir qu'un nombre limité de divisions. La mort de vieillesse résulterait ainsi de la limitation de la faculté de multiplication des cellules du corps ("cellules somatiques"). Au contraire, la pérennité de l'espèce serait assurée par la reproduction illimitée des "cellules germinatives".

Weismann généralisa aussitôt ce résultat en posant que l'ensemble des caractères de l'espèce étaient "contenus" dans les cellules germinatives. Ils se réaliseraient concrètement dans chaque organisme par des séries déterminées de divisions différenciatrices des cellules somatiques. De même, pour suivre les rapides progrès de la cytologie de son temps, Weismann transforma progressivement la continuité d'une lignée germinative en la "continuité du plasma germinatif" et il déplaça la distinction entre les deux types de lignées cellulaires pour la positionner au cœur de chaque cellule, entre un plasma germinatif dans le noyau, et le cytoplasme qui l'entoure¹⁹.

Un même plasma germinatif peut déterminer la formation d'une pluralité de soma²⁰. On comprend que la variation héréditaire soit

l'espèce elle-même. Ou bien, la mort de vieillesse est impossible, l'individu est potentiellement immortel et l'on comprend que sa descendance le soit aussi. C'est le cas des unicellulaires.

¹⁹ A partir de 1887, Weismann en vint à associer son plasma germinatif aux chromosomes, ces batonnets colorés dont on découvrait l'étrange comportement lors de la fécondation et des divisions cellulaires.

²⁰ "Le corps, le *Soma*, produit à ce point de vue, dans une certaine mesure, l'effet d'un appendice accessoire des véritables porteurs de la vie, les cellules reproductrices", Weismann (1883) 1892: 97.

d'un genre différent d'une variation dans l'ontogenèse. Il ne peut y avoir de variation héréditaire sans variation du plasma germinatif. Mais pour un même plasma germinatif, il peut y avoir toute sorte de variations des organismes suivant les conditions particulières contemporaines de leur ontogenèse. Les causes qui réalisent la sélection agissent sur les organismes développés et n'ont donc pas d'effets héréditaires. Il n'y a plus d'hérédité de l'acquis. Les variations héréditaires des caractères doivent se produire avant, et indépendamment de l'expression de ces caractères. La sélection agit en favorisant les caractères exprimés dans les organismes et provoque *indirectement* la propagation de leurs supports germinatifs.

La distinction entre caractère héréditaire et organisme n'est pas pensée comme une distinction fonctionnelle, mais comme le résultat d'une séparation physique entre deux substances matérielles : le plasma germinatif qui se conserve identique à lui-même dans les divers individus, et le plasma somatique beaucoup plus variable qui constitue l'organisme de chaque individu. La continuité du plasma germinatif permet de différencier deux systèmes de causes qui interviennent au moment de la formation d'un organisme. Les causes héréditaires contenues dans le plasma germinatif, et les causes actuelles de son développement. Les causes héréditaires déterminent ce qui est transindividuel dans chaque organisme, et les causes actuelles ce qui est particulier. Seules les variations du plasma germinatif correspondent à des variations héréditaires. Le découplage recherché entre variations des caractères héréditaires et sélection s'explique donc par la distinction entre le *support* de ces caractères, et leurs réalisations concrètes dans chaque organisme particulier. On pourra bientôt dire que le plasma germinatif *représente* les caractères héréditaires.

II.3. Théorie représentationnaliste de l'esprit

L'idée de représentation que l'on voit se dessiner en biologie fait écho à la théorie représentationnaliste de l'esprit (Fodor 1980). En effet, un des premiers bénéfices que l'on fut tenté de tirer d'une approche fonctionnaliste des états mentaux était de travailler sur des *représentations*. On devrait ainsi pouvoir donner une théorie du

raisonnement suffisamment proche du sens commun, capable par exemple de prévoir avec une extraordinaire efficacité que si "John veut que (p)", et si "John croit que (q implique p)" alors "John espérera que (q)". Ces attitudes propositionnelles (vouloir, croire, craindre ...) sont associées à des états mentaux qui doivent posséder un contenu. Mais l'intérêt majeur de cette alternative au behaviorisme, c'est que les comportements sont essentiellement l'effet d'une causalité interne, indépendante des stimulus de l'environnement. En effet, ils peuvent être déterminés par des représentations indépendamment de la vérité ou non de ce qui est représenté : je peux fort bien agir en fonction d'une croyance en une chose qui est fausse ou qui n'existe pas. On parle d'opacité du contexte. Tout cela pose immédiatement le problème de l'intentionnalité, c'est-à-dire de la faculté des états mentaux d'être à propos de quelque chose. Deux approches sont possibles. Ou bien, l'on adopte ce que Putnam et Fodor ont défini comme le *solipsisme méthodologique* : on s'en tient à un fonctionnaliste strictement restreint à la causalité interne de l'esprit. La signification de chaque état fonctionnel mental, et donc en particulier de chaque représentation, ne doit être définie que par l'ensemble de ses relations causales avec les autres états mentaux (c'est ce qu'on appelle son "contenu étroit"). Ou bien, l'on reconnaît que le rôle causal d'au moins certaines attitudes propositionnelles dépend du contenu sémantique des représentations associées. Dès lors, on maintient l'objectif d'une *théorie naturaliste* pour laquelle l'individuation du contenu des représentations ne peut faire l'économie de l'analyse de leurs relations avec les états de choses dans le monde. C'est le "contenu large" des représentations, qui est le plus souvent entendu comme leurs conditions de satisfaction. Les psychologues de l'école cognitive qui défendent cette approche naturaliste du contenu sémantique des représentations ont commencé par proposer une théorie inspirée de la théorie causale de la référence qui avait été développée en linguistique. "De façon générale, une telle théorie explique la relation de référence entre une expression et une entité par l'existence d'une relation converse de causalité entre l'objet ou la propriété dénotés et le nom propre ou le

prédicat qui les dénotent..."²¹. On reviendra sur les problèmes que pose immédiatement cette approche.

II.4. Théorie représentationnaliste de l'hérédité

L'idée de représentation du caractère dans le plasma germinatif avait pour but de rendre compte d'une distinction entre le caractère héréditaire défini par son rôle dans l'évolution par sélection naturelle, et ses réalisations occasionnelles dans des organismes particuliers. Cependant, cette idée posait une difficulté intrinsèque qui allait conduire à reporter au niveau des déterminants eux-mêmes la distinction fonctionnelle qu'ils devaient justifier. En effet, comment rendre compte à la fois de l'isolement matériel du plasma germinatif et de sa capacité à déterminer dans chaque organisme les caractères transindividuels ?

Dans la théorie de Weismann, comme dans les théories précédentes, une continuité matérielle est encore la cause des phénomènes de l'hérédité. C'est parce que les cellules germinatives se divisent de façon égale, identiques à elles-mêmes, comme les unicellulaires, qu'elles conservent cette faculté de division à l'infini²². Pourtant, il y a une différence importante : les causes héréditaires et les effets de ces causes sont séparés. Dans le cas de "l'ontogenèse" de la mort on voit bien qu'il y a un *sens unique* de la causalité qui va de la cellule germinative vers les cellules somatiques. La cause de la mort est immortelle, elle ne disparaît pas avec son effet. Il faut être attentif à la signification ici du mot *cause*. Si l'on appelle *cause* un ensemble de conditions initiales qui donne à la suite d'une série de transformations déterminées un ensemble de conditions finales, la cause disparaît en se *transformant* en son effet. Ici, au contraire, la cause se conserve inaltérée, tout en *commandant* son effet. Elle agit comme une règle (une contrainte, une loi). On dira que les déterminants *représentent* les caractères. Pour Darwin aussi on pourrait parler de *particules représentatives* à propos de ses

²¹ Proust 1990 : 25. Ce panorama général des recherches actuelles de Fodor m'a beaucoup aidé dans la préparation de cet article.

²² "Les cellules reproductrices ne peuvent perdre la faculté de se multiplier à l'infini, car autrement l'espèce s'éteindrait", Weismann (1881) 1892 : 25.

gemmales. Mais les gemmules étaient des germes de cellules, ils exprimaient leurs caractéristiques en se *transformant* en les cellules qu'ils représentaient. La représentation était analogique au sens où ce qui représentait contenait dans sa forme même la forme de ce qui était représenté. Au contraire, chez Weismann, le plasma germinatif agit comme un déterminant qui se maintient constant tout en produisant ses effets.

Cette distinction entre germen et soma donnait son sens moderne à l'opposition entre inné et acquis. Avant la construction weismannienne, ces deux origines possibles des caractères individuels étaient profondément imbriquées puisqu'une variation héréditaire était d'abord une variation acquise. Inné et acquis ne pouvaient s'opposer que comme des tendances, des forces. On pouvait dire d'un caractère qu'il était plus ou moins héréditaire. Après Weismann, les deux types de causes des caractères sont ontologiquement distinctes, référées à deux substances différentes²³. Dès lors, le problème de l'hérédité des caractères acquis se pose comme celui d'une *transmission* d'une variation somatique vers la substance du plasma germinatif. L'exclusion de cette possibilité se fait en marquant un sens unique de la causalité du germen vers le soma, et en insistant sur l'inaltérabilité nécessaire d'une substance capable de se transmettre à l'identique pendant des milliers de générations. De plus, les effets de l'usage ou du non usage, qui nécessairement concernent l'organisme développé, ne peuvent s'inscrire comme tel sur le plasma germinatif puisque la nature de ce dernier est profondément différente de celle des caractères qu'il détermine :

"How could it happen that the constant exercise of memory throughout a lifetime [...] could influence the germ cells in such a way that in the offspring the same brain cells which preside over memory will likewise be more highly developed ? [...] I can only compare the assumption of the transmission of the results of memory-exercise to the telegraphing of a poem, which is handed in

²³ En Angleterre, un cousin de Darwin, Francis Galton, avait développé une compréhension de la théorie de la sélection naturelle qui, à travers une approche populationnelle, statistique, débouchait sur une même opposition entre inné et acquis. Dès le début des années 1870, il avait, lui aussi pensé une continuité des causes héréditaires sous-jacentes, différentes des causes du développement.

in German, but at the place of arrival appears on the paper translated into Chinese." (Weismann 1904 : 2, 107).

La langue des déterminants du germen n'est pas la même que celle du soma ! Une traduction automatique n'est donc pas concevable du soma vers le germen. Un généticien moderne, comme John Maynard Smith qui cite ce passage, peut conclure avec satisfaction : "...the use of the information analogy is clear and modern" (Smith 1989 : 7).

Malgré ses difficultés intrinsèques, la distinction entre support des caractères et caractères allait avoir un grand succès. Sa première force de séduction tenait à la justification apparemment réductionniste qu'elle offrait pour une division des programmes de recherche en biologie.

De même qu'en psychologie, l'idée de représentation devait permettre d'expliquer les comportements en vertu d'une causalité interne entre états mentaux, indépendante des relations directes avec l'environnement, en biologie l'idée de représentation des caractères dans le plasma germinatif allait permettre l'autonomisation d'un programme de recherche sur l'hérédité. Il devenait possible d'étudier les mécanismes de la transmission des caractères en tant que tels, indépendamment des détails de la physiologie et de l'embryologie qui expliquent leurs réalisations²⁴. Cette distinction méthodologique et théorique fut à l'origine de la génétique. En effet, c'est la distinction entre plasma germinatif et plasma somatique qui allait se transformer progressivement pour devenir celle qui existe maintenant entre génotype et phénotype, entre l'information génétique symbolique et son expression (sa signification) organique.

Cependant, séparer un programme de recherche en distinguant théoriquement un domaine opératoire ne permet pas de faire l'économie des problèmes posés par ses articulations avec les domaines adjacents, même s'ils peuvent être mis momentanément en réserve. En biologie, le travail de Weismann posait à la fois le problème nouveau et toujours actuel de la relation entre déterminant

²⁴ Weismann pouvait écrire : "L'étude des faits de l'hérédité n'a pas à attendre que la physiologie de la cellule soit définitive", Weismann (1885) 1892 : 342. Voir aussi Weismann 1893.

héréditaire et caractère (entre génotype et phénotype), et le problème de la nature matérielle de ces déterminants. De même, en psychologie, la théorie représentationnelle de l'esprit posait immédiatement à la fois le problème crucial de la relation entre les représentations mentales et leur contenu, et le problème de la nature matérielle précise des états cérébraux pouvant jouer le rôle fonctionnel de ces représentations mentales. On y reviendra.

Remarquons auparavant que ces ressemblances ne sont ni artificielles, ni contingentes. En effet, comme le montra plus tard Paul Medawar (Medawar 1957), toute la construction théorique de Weismann était partie de l'anthropomorphisme singulier où il était tombé en posant au départ que le caractère "durée de vie" était un caractère adapté indépendant, objet d'une sélection propre. Rien n'indique que dans la nature il existe une telle pression de sélection : contrairement à l'homme qui peut toujours croire que s'il ne devait mourir de vieillesse, il aurait pu continuer à vivre, dans la nature les organismes meurent accidentellement avant de devenir vieux²⁵. On peut même considérer la mort de vieillesse comme un artéfact de laboratoire : pour connaître la durée de vie maximale d'une souris, il faut l'isoler avec beaucoup de soin de tout danger ou maladie. Weismann aurait donc projeté dans la nature un caractère qui ne pourrait être que culturellement défini. De même que l'homme se *représente* la mort sans pour cela la subir, les mécanismes du vivant posséderaient un mode de représentation. Sur le plan cognitif, comme sur le plan biologique, l'idée de mort joue le rôle équivalent d'une notion limite qui caractérise la nature symbolique de la représentation. Dans les deux cas, il est clair qu'entre la représentation et la chose représentée l'écart est irréductible.

Comme plus haut avec Darwin, mais cette fois de façon moins consciente, on trouve ce que j'appelle une "projection épistémique". Il ne s'agit pas de mener quelque jugement normatif que ce soit. Les scientifiques utilisent les modèles comme bon leur semble. Seul est significatif le succès, ici immense, des théories construites. Mais l'analyse historique de la genèse des grands concepts théoriques de la biologie, en mettant en évidence les modèles cognitifs qui furent

²⁵ Medawar proposait sa propre solution, elle aussi darwinienne, à la question de l'origine de la mort de vieillesse. Voir Lenay 1989.

employés, devrait permettre, si l'on veut développer des alternatives radicales dans les sciences cognitives, de définir les alternatives biologiques isomorphes que l'on pourra envisager.

II.5. Théorie formaliste de l'esprit

Dans les sciences cognitives, l'inspiration de l'Intelligence Artificielle mettait directement en relation une théorie représentationnaliste et une théorie computationnaliste de l'esprit. Un tel passage était facilité par la séduction de l'analogie de l'ordinateur pour caractériser l'idée fonctionnaliste. En effet, dans ce cas, on voit clairement qu'un état computationnel se caractérise par son rôle dans le calcul et non par l'état matériel du dispositif physique auquel il est lié, et qui peut être échangé. Or, l'ordinateur est la réalisation matérielle d'une machine de Turing universelle, c'est-à-dire une machine abstraite effectuant un traitement de symboles formels suivant des règles de réécriture. L'intérêt de cette approche "computationnaliste" est donc d'utiliser l'idée de système formel qui avait été développée par les logiciens depuis Frege jusqu'à Turing et Gödel. Elle permet d'articuler causalité physique et inférence formelle. Pourvu que l'on ait correctement associé chaque symbole élémentaire à un état physique précis d'un dispositif matériel, et chaque règle à une transformation mécanique qui mime les manipulations de symboles autorisées dans le système formel, alors on sera assuré que toutes les opérations effectuées mécaniquement dans l'interprétation physique du système formel correspondent à des inférences syntaxiques de ce système. On comprend alors qu'il était tentant de traiter chaque état mental comme un état computationnel d'une machine de Turing universelle, notre système cognitif bénéficiant ainsi des propriétés d'universalité de cette machine abstraite (faculté de calculer toute fonction calculable par une machine de Turing particulière, c'est-à-dire encore, toute fonction définissable avec assez de précision). C'est dans ce cadre que Fodor propose d'expliquer la cognition par des enchaînements de représentations symboliques et *formelles*. La condition de formalité signifie que ces processus ne dépendent que de la syntaxe

des représentations, c'est-à-dire de leurs formes, sans tenir compte de leurs propriétés sémantiques (vérité, référence, signification)²⁶.

II.6. Théorie formaliste de l'hérédité

Dans les sciences cognitives, l'intérêt principal d'une approche de la cognition en termes de représentations symboliques était de permettre une combinatoire de ces représentations. De la même façon, l'approche représentationnaliste de l'hérédité allait permettre de penser une théorie de la combinatoire des caractères organiques. Chez Weismann pourtant, il y avait une forme de holisme des caractères. Dans chaque organisme, le plasma germinatif agissait comme une cause unique, globale, qui déterminait l'ensemble de ses caractéristiques héréditaires²⁷. Dans un organisme tout est lié, il n'y a pas d'indépendance pensable entre les caractères. C'est l'observateur, ou la sélection naturelle, qui distingue des propriétés indépendantes.

Cependant, les phénomènes de variation et de transmission indépendantes des différents caractères d'un organisme étaient connus depuis longtemps, en particulier des botanistes. C'est dans ce cadre que Mendel avait poursuivi les recherches qu'il publia en 1865. Mais ces travaux restèrent inconnus jusqu'en 1900 et ne jouèrent donc jusqu'à cette date aucun rôle dans la structuration des programmes de recherche en biologie qui nous intéresse ici.

Dans l'esprit réductionniste de la deuxième moitié du XIX^{ème} siècle, le problème de l'indépendance des caractères était théorique. Pour prétendre conduire un travail expérimental sur des rencontres aléatoires entre caractères, on se devait d'en proposer une explication obéissant à une causalité définie. Depuis Maupertuis, Buffon, jusqu'à Spencer ou Darwin, on avait proposé des théories particulières de l'hérédité. Cependant, tant que ces particules étaient pensées comme directement *constitutives* des caractères, on ne

²⁶ "Formal operations are the ones which are specified without reference to such semantic properties of representations as truth, reference and meaning", Fodor 1980 : 309.

²⁷ Cependant les mécanismes de la reproduction sexuelle l'obligeaient à considérer que plusieurs plasma germinatifs puissent cohabiter et entrer en concurrence.

pouvait envisager une disjonction des caractères morphologiques généraux comme des unités discrètes. C'est la distinction établie par Weismann qui allait permettre à un botaniste hollandais, Hugo de Vries (1848-1935), de résoudre cette profonde difficulté. On peut résumer sa théorie de la "pangenèse intracellulaire" proposée en 1889, en remarquant simplement que le plasma germinatif de Weismann est divisé en particules indépendantes, les "pangènes", dont chaque type détermine un caractère particulier²⁸. Dès lors que l'on admet un rapport de commande, de détermination du support des caractères héréditaires vers leurs réalisations concrètes, il devient possible de diviser cette commande en spécifications indépendantes et hiérarchisées. L'idée de représentation des caractères permet un matérialisme modéré : à chaque caractère exprimé susceptible de variations héréditaires indépendantes, on associe une particule matérielle spécifique sans se soucier des mécanismes précis de cette association²⁹. On peut alors envisager une libre combinatoire entre caractères. Bien que les différents caractères (couleur, dimensions, formes des fleurs, de la tige, des graines, etc.) soient bien sûr interdépendants dans l'organisme achevé, ils seraient déterminés par des pangènes matériellement séparables contenus dans les noyaux cellulaires. Ces particules pourraient alors se distribuer aléatoirement dans les cellules sexuelles, ce qui expliquerait la disjonction des caractères dans la descendance des croisements.

C'est dans ce contexte théorique que furent redécouvertes les "lois de Mendel" à la fin du siècle. Rapidement, on appela "gène" les déterminants de nature inconnue qui se trouvent réunis par paires dans chaque organisme, et "génétique" la science de l'hérédité qui venait de naître.

²⁸ Pour une présentation plus détaillée voir Lenay 1992, ainsi que Vries 1990.

²⁹ C'est ce que de Vries appelait la "méthode de Darwin": "Nous n'essaierons pas d'expliquer les détails morphologiques de ces processus ; nos connaissances sont trop limitées pour cela. Mais, suivant la méthode de Darwin, trouver dans chaque cas spécial le substrat matériel des processus physiologiques, tel est notre problème." (Vries 1889 : 6) On peut opposer à ce matérialisme minimaliste, un réductionnisme fort qui a chaque type de combinaison entre caractères exprimés associerait un type unique de déterminant.

Ce que l'on nomme fort justement la "génétique formelle" associe à chaque variante d'un caractère un symbole différent et permet alors d'écrire les "formules génétiques" des parents comme des enfants. Ce n'est pas là seulement une pratique opérationnelle pour décrire la phénoménologie de la reproduction. Cela n'est possible que parce que *théoriquement* la distinction entre déterminants des caractères et caractère justifie la manipulation de ces déterminants comme des éléments discrets indépendants. Les lois employées sont des lois probabilistes qui indiquent les proportions statistiques attendues des diverses combinaisons des caractères des parents chez les enfants.

Il est important pour notre propos de bien saisir la justification théorique de l'équiprobabilité de la distribution des caractères dans les cellules sexuelles. Quand on dit de la rencontre entre deux variantes d'un gène (deux allèles) qu'elle se produit au hasard, ce n'est pas exactement au sens de la rencontre de deux séries causales indépendantes. La rencontre entre deux cellules sexuelles est bien déterminée, c'est même souvent l'expérimentateur qui l'a provoquée. Mais c'est parce qu'il *ne connaissait pas* la nature des caractères contenus dans ces cellules, que son action, pourtant déterminée, devait produire des rencontres aléatoires entre ces caractères. De même, on dira que dans la nature les processus de transport et manipulation des gènes (lors des divisions cellulaires, des recombinaisons et de la fécondation) s'effectuent sans tenir compte de leurs différences de signification qui ne s'exprime que lors de l'ontogenèse. C'est la même distinction, entre représentation et caractère, qui servait tout à l'heure de justification au hasard des variations, qui explique maintenant le hasard des combinaisons entre caractères. En effet, de même que les variations sont au hasard pour la sélection parce qu'elles se produisent directement sur les représentations indépendamment de ce qui est représenté, les rencontres de ces déterminants ne se font au hasard que dans la mesure où ils sont manipulés indépendamment de leur signification.

Cette combinatoire de symboles génétiques fait irrésistiblement penser à la théorie computationnaliste de l'esprit. On retrouve ici la condition de formalité définie par Fodor. On a bien, avec la génétique formelle, une multitude d'opérations effectuées en dehors de toute référence aux contenus des symboles manipulés. Plus précisément, c'est parce que les processus de division cellulaire

(mitose, méiose, recombinaisons, etc.) se font sans tenir compte de la signification ultérieure des éléments manipulés que l'on peut dire que les rencontres entre variantes génétiques se font au hasard. De même, c'est parce que les variations héréditaires se produisent sans tenir compte de leur valeur sélective future que l'on dit qu'elles se font au hasard.

II.7. Le langage de l'hérédité

Les résultats de la recherche sur la nature physique des déterminants héréditaires allaient révéler l'irrésistibilité de l'analogie que nous avons mis en évidence.

Durant la première moitié de notre siècle, il semblait difficile aux biologistes d'admettre jusqu'au bout les conséquences de la génétique formelle. Si l'on acceptait assez bien, pour le développement la non identité entre le déterminant d'un caractère héréditaire et ses réalisations organiques, on pensait encore qu'au niveau de l'hérédité il devait y avoir identité stricte entre les déterminants des caractères et leurs supports matériels. On espérait que l'analyse de la nature physique des gènes donnerait des indications sur les mécanismes de la détermination des caractères. Les découvertes de la biochimie avaient montré l'extraordinaire complexité et l'universalité des protéines qui forment les structures cellulaires et contrôlent les activités biochimiques. On a donc longtemps espéré retrouver ces molécules au niveau des gènes. Cela aurait permis de conserver une continuité de la complexité structurelle, une ressemblance de nature, entre les déterminants génétiques et les caractères biochimiques. Pourtant, si tel avait été le cas, la distinction fondatrice entre caractère héréditaire et organisme individuel aurait été fragilisée à sa racine. Il aurait été plus difficile d'expliquer que la manipulation des gènes puisse se faire sans qu'interviennent la différence de leur signification, mais une hérédité des caractères acquis serait devenue plus facilement envisageable. C'est certainement ce qu'espéraient certains biologistes.

A l'opposé, des physiciens, comme Max Delbrück ou Erwin Schrödinger, qui cherchaient à appliquer à cette problématique biologique leurs connaissances nouvelles quant à la structure de l'atome et des liaisons moléculaires, prolongeaient rigoureusement

l'axe de réflexion de la génétique classique. En physicien, Schrödinger s'étonnait de l'extraordinaire fiabilité des prédictions des biologistes sur les caractères devant apparaître dans la descendance d'un croisement alors qu'ils ignorent pratiquement tout des mécanismes physico-chimiques précis de l'ontogenèse. De même qu'en psychologie, où c'est l'idée de représentation qui permet d'expliquer l'extraordinaire fiabilité des prédictions du sens commun sur les comportements humains alors que tout est ignoré des mécanismes précis infiniment complexes qui les déterminent, en biologie, c'est l'idée de gène représentant les caractères qui permet ces prédictions. En réfléchissant dans un cadre thermo-dynamique sur la difficulté à concilier l'inaltérabilité des gènes et leur faculté à déterminer la formation des caractères, Schrödinger spéculait sur la nécessité d'un principe de *codage* de ces caractères dans les molécules des chromo-somes³⁰. La forme ordonnée des caractères serait codée dans la structure ordonnée des atomes d'une molécule particulière ("cristal aperiodique"). Mais lui aussi pensait que cette molécule devait être une protéine. On comprend les hésitations d'Avery au long des années 40 ; il avait pourtant purifié un principe transformant (correspondant à un déterminant génétique) ne contenant pratiquement que de l'ADN. Il fallut donc attendre, la découverte de la structure en double hélice de l'ADN par Watson et Crick en 1953 pour que les biologistes acceptent que cette longue molécule linéaire apparemment répétitive puisse être le support des caractères héréditaires.

Les déterminants consisteraient uniquement en des chaînes formées par la succession de quatre nucléotides. Tout ce qui serait nécessaire pour la reproduction des caractères héréditaires tiendrait dans l'*ordre* de ces nucléotides. La double hélice qui réunit ces chaînes par paires complémentaires suggérait immédiatement un mécanisme de reproduction (duplication). C'est l'ordre des bases et non une substance particulière qui est conservé de génération en génération. La nature syntaxique et linéaire de ce "message" génétique imposait donc les idées de "langage" et "d'information",

³⁰ "Les structures chromosomiques servent en même temps à réaliser le développement qu'elles symbolisent. Elles sont le code de loi et le pouvoir exécutif", Schrödinger 1986 : 72.

empruntées à la linguistique et à la récente théorie de l'information que Shannon avait développé à la fin des années 40 (Shannon 1949). On retrouve la nature alphabétique, combinatoire, d'un enchaînement de symboles pouvant être combinés en une infinité de messages différents. L'information génétique peut ainsi être transportée sur un autre support où sera conservée la connaissance de la séquence des bases nucléiques³¹.

Avec la découverte de la structure de l'ADN on pensa que le niveau matériel ultime d'implémentation des symboles génétiques était atteint. Dès lors, la question de la relation entre ces déterminants héréditaires et les caractères devenait centrale. Elle était posée comme le problème des rapports entre génotype et phénotype. La solution classiquement proposée était alors de réduire cette question à celle du passage des gènes aux protéines. En effet, on peut admettre que chaque protéine joue le rôle d'un transducteur qui transforme spontanément la structure formelle, linéaire, d'un enchaînement ordonné d'acides aminés, en une structure tridimensionnelle dont la composition physico-chimique déterminera la forme et la thermodynamique qui définissent sa fonction dans la cellule. Ce passage fut pensé comme un problème de traduction d'une séquence des 4 nucléotides de l'ADN vers la séquence des 21 acides aminés d'une protéine. Très rapidement, au cours des années 60, on décrypta un "code génétique" qui associait aux triplets possibles de nucléotides des acides aminés déterminés. Cependant, l'étude des relations entre la séquence d'une protéine et la fonction qu'elle pourra avoir dans un environnement intracellulaire donné s'est révélée extraordinairement complexe, et reste de nos jours à l'état d'ébauche.

La distinction fonctionnelle entre les caractères transindividuels et leurs supports s'étend maintenant au niveau des déterminants eux-mêmes en une distinction entre le niveau syntaxique, formel, de l'information génétique et le niveau matériel de sa réalisation concrète

³¹ Par exemple, alors que l'on se demande s'il ne serait pas judicieux de détruire les stocks militaires de variole au moment où ce virus semble avoir été éliminé de la planète, on se propose de réaliser un séquençage complet de son génome pour conserver sur papier (ou sur support informatique) l'information génétique de cette espèce en voie de disparition.

sur un brin d'ADN particulier. A ce titre, la dégénérescence du code génétique est caractéristique : un même acide aminé peut être codé par différents triplets de nucléotides. Mais deux acides aminés différents ne peuvent être codés par un même triplet (il n'y a pas de différence de rôle fonctionnel sans différence physique). Cette surimposition est justifiée par la distinction entre le niveau matériel de l'ADN et un niveau fonctionnel qui lui attribue une signification. L'autonomie de ce niveau fonctionnel se caractérise par le cercle causal bien connu : la traduction d'un gène en protéine nécessite l'intervention de nombreuses protéines qui elles-mêmes doivent avoir été produites par cette traduction.

On voit mieux que les opérations de duplication ou de transport de l'ADN puissent s'effectuer directement en fonction de la structure syntaxique de l'ordre des bases nucléiques, indépendamment de sa signification potentielle. Il n'y a aucune ressemblance de morphologie ou d'activité physico-chimique entre un enchaînement de bases nucléiques et le caractère qu'il détermine. C'est ce que marque l'arbitraire du code génétique. On est donc conduit à parler non seulement de *théorie représentationnaliste de l'hérédité*, mais aussi de *théorie formaliste de l'hérédité*. *Théorie computationnaliste* serait excessif. A ma connaissance, il n'y a pas en biologie de réflexion en terme de règles formelles à proprement parler qui décriraient des actions causales directes d'un symbole génétique sur un autre. Ce rôle, que l'on pourrait par exemple attribuer aux gènes de régulation nécessite que l'on passe d'abord par l'expression protéique de ces gènes. La "logique du vivant" ne semble pas telle que l'on puisse y trouver l'équivalent d'un "système formel" avec ses règles d'inférence ! Néanmoins, le style de certaines recherches, par exemple sur le déterminisme génétique de la différenciation cellulaire, semble bien être de mettre en relation directe divers gènes de régulation en négligeant la nature des protéines impliquées. C'est aussi peut-être ce rêve que l'on trouve derrière l'idée de séquençage complet du génome humain, comme si l'observation directe de l'ensemble de notre ADN contenait en elle-même l'intelligibilité de notre nature humaine.

III. La question de l'intentionnalité

III.1. Signification des symboles génétiques

Bien que le code génétique permette de déterminer la séquences des acides aminés d'une protéines à partir de la connaissance de son gène, on est loin de comprendre l'ensemble des mécanismes qui permettent de passer du niveau des protéines à celui des caractères physiologiques et morphologiques qui sont significatifs pour la survie et la reproduction de l'organisme. Remarquons aussi que ni le code génétique, ni le comportement des protéines ne donne le contenu sémantique complet des symboles génétiques. On devrait plutôt dire qu'ils décrivent leur "contenu étroit". En effet, ils ne font que définir leur fonction dans le réseau métabolique cellulaire interne qui réalise le caractère. Il faut garder en mémoire que ce caractère héréditaire était défini par son rôle dans la sélection naturelle (ou dans la sélection des éleveurs). Ce qui était représenté dans le plasma germinatif, c'était ce qui avait une "valeur adaptative" dans la lutte pour l'existence. Et c'est d'ailleurs à travers la sélection naturelle qui s'ensuit que le plasma germinatif est réglé et conservé. La signification ultime (le "contenu large") du plasma germinatif est l'adaptation qu'il confère à l'organisme qui le porte. De même, dans la théorie classique de la génétique des populations (bien représentée par les travaux de R.A. Fisher), on attribue à chaque variante d'un gène (allèle) une "valeur sélective" (*fitness*) correspondant à la probabilité relative moyenne qu'il a d'être transmis à la descendance. La signification ultime d'un gène, c'est son rôle dans la causalité de la sélection naturelle, sa fonction pour sa survie et sa reproduction. Ainsi l'on peut dire que chaque gène réfère à "*ce pour quoi il a été sélectionné*". Cette signification (contenu large) est donnée *indirectement* par les contraintes sélectives extérieures. Cet *indirectement* est important. Si les caractères spécifiques étaient directement déterminés par le milieu, on serait dans le cadre d'un néo-lamarckisme : des causes dans l'environnement détermineraient les variations héréditaires des organismes. Il n'y aurait plus de besoin intrinsèque d'une représentation puisque l'on n'aurait plus à rendre compte d'un hasard des variations, c'est-à-dire d'inadaptations possibles.

Cependant, ce cadre théorique n'est pas sans poser de graves problèmes. Si l'on est loin de posséder une théorie permettant de

déduire le caractère à partir de la connaissance du gène (la fonction d'une protéine à partir de sa séquence en acides aminés), on l'est encore plus de pouvoir déduire sa valeur adaptative.

III.2. Signification des symboles mentaux

Pour la psychologie cognitive, on a déjà signalé que l'approche naturaliste cherchait, dans une théorie causale de la référence, une explication de la relation entre les symboles mentaux et leur contenu sémantique large. Or, cette idée très générale pose immédiatement de nombreux problèmes. Le plus intéressant semble être celui de l'erreur ou de la "méprise représentationnelle" (*misrepresentation*). En effet, dans cette perspective réaliste il faut admettre que ce sont les choses mêmes qui agissent sur les transducteurs (des systèmes périphériques de perception) et causent l'occurrence du symbole mental approprié. Il devient donc impossible de comprendre pourquoi nous ne sommes pas omniscients, du moins dans les frontières de nos structures cognitives. Comment envisager que le soir tombant je puisse prendre un chien pour un loup si seule la perception d'un chien dans le monde devait provoquer l'occurrence de mon symbole mental [chien] ? Faut-il poser que ce symbole mental [chien] a en fait pour signification : "Chien *ou* Loup en cas de faible luminosité"... Les théories causales de la référence tentent donc de distinguer des "situations normales" et des situations productrices d'erreurs. Mais il devient alors très délicat de donner une explication purement causale de l'intentionnalité sans employer de termes intentionnels pour caractériser la "situation normale". Face à ce problème, certaines recherches comme celles de Fodor actuellement restent dans le cadre de l'analyse de ces relations causales ou nomiques (théorie de la dépendance asymétrique Fodor 1991). D'autres, qui nous intéressent plus particulièrement ici, font appel à des considérations biologiques. Remarquons auparavant, à la suite de Fodor, que le problème de la méprise représentationnelle renvoie au problème plus général de la "robustesse du sens". En effet, la signification des états mentaux ne peut simplement toujours dépendre de ce qui les cause. Une multitude de causes internes doivent pouvoir provoquer l'occurrence d'un état mental donné tout en lui conservant un même sens. Je peux penser [chien] parce que

j'ai auparavant pensé [chat], et non parce qu'un chien est là devant moi. La valeur informationnelle (présence d'un référent) doit être distinguée du sens proprement dit de ces symboles. Ceci me semble poser le problème encore plus général de la relative indépendance de la causalité interne de l'enchaînement des états mentaux, c'est-à-dire de la validité du fonctionnalisme computationnaliste même. En effet, l'intérêt d'une telle théorie consiste précisément à poser que les états mentaux puissent être déclenchés dans une causalité interne et non pas seulement sous l'effet des actions de l'environnement. Si tel n'était pas le cas, on retrouverait une forme de behaviorisme.

Certaines tentatives de résolution du problème de la méprise représentationnelle utilisent l'idée de sélection naturelle en suivant une stratégie assez proche de celle de "*l'evolutionary epistemology*" (Lorenz 1979, Riedl 1984, Gulick 1990). Il y aurait un réglage par sélection de la liaison causale normale (soit au niveau de l'espèce Millikan 1984³², soit au niveau de l'individu Dretske 1986). Le déclenchement (l'activation) d'un état interne (un symbole formel) est correct s'il a été produit par "*ce pour quoi il a été sélectionné*" ; et faux dans le cas contraire. La signification de cet état mental élémentaire lui aurait donc été *indirectement* donnée à travers un processus de sélection. Là aussi, cet "indirectement" est important. Si le contenu large d'un symbole mental (sa valeur de vérité) était directement déterminé par l'action causale de ses référents, il n'y aurait plus d'erreur possible, c'est-à-dire plus de distinction entre signification et valeur de vérité. En l'absence de toute autonomie de la causalité au niveau des représentations, on retournerait à un behaviorisme simple. Au contraire, si l'on admet cette construction indirecte de la signification, on peut comprendre l'erreur : c'est l'occurrence d'une représentation élémentaire déclenchée par la rencontre entre le système cognitif et des conditions environnementales exceptionnelles qui n'ont pas participé à la sélection du dispositif de déclenchement de ces symboles.

Une telle approche rencontre de nombreuses difficultés (Pacherie 1992). Dire que la signification de certains états mentaux a été donnée par la contrainte sélective qui a réglé le dispositif qui les

³² Fodor (1984) défendait une hypothèse très proche mais il s'est entièrement rétracté in Fodor 1987.

déclenche n'est une solution que si l'on a réussi à produire une définition bien déterminée de cette contrainte. On doit aussi se demander quelle est la nature de ce qui varie et se transmet. Faut-il supposer que la structure des transducteurs et leur association avec des états mentaux définis fonctionnellement est déterminée génétiquement ? Plus généralement, remarquons que, comme dans une multitude de domaines, la théorie de la sélection naturelle est ici employée pour rendre compte de l'existence d'un dispositif finalisé sans faire appel à des causes finales. Cependant, l'analyse historique suggère la prudence. Il semble rester une forme d'intentionnalité au cœur de la théorie biologique elle-même. En effet, la question de la méprise représentationnelle ou de l'*erreur* fait exactement écho à celle du *hasard* en biologie. Rappelons que tout le problème du néo-darwinisme était de justifier que des variations puissent être *désavantageuses*, *inadaptées* relativement à des conditions de sélection prédéfinies. Pour rendre compte du décalage entre variation et sélection, on a fait appel à une théorie représentationnaliste (puis symbolique et formaliste) de ces variations. De la même façon, en psychologie, pour rendre compte d'une certaine autonomie de la causalité des états mentaux on a fait appel à une théorie représentationnelle de l'esprit. Ce qui était recherché c'était l'identification de types d'états mentaux *avant* et *indépendamment* de leurs conditions de validité (comme les caractères biologiques doivent être donnés avant et indépendamment de leurs conditions de sélection). Cet isomorphisme n'est pas étonnant si l'on se souvient que c'est l'*ignorance* des éleveurs (leur reconnaissance qu'ils commettent des erreurs) qui avait servi de modèle à la théorie biologique de la sélection naturelle. On a vu que la recherche d'une justification théorique de la relative indépendance des "deux éléments du changement" de Darwin (connaissance des éleveurs et variation des organismes) avait conduit à l'idée d'une distinction entre les représentations des caractères et leurs réalisations matérielles. Distinction dont le paradigme est, dans le cas de la représentation de la mort individuelle, la séparation nécessaire entre signification et référence. L'histoire rapidement parcourue ici montre donc comment l'intentionnalité qui était présente au niveau du travail des éleveurs, se retrouve au cœur de la théorie génétique de l'hérédité. Pour le dire rapidement, de la même façon que les

éleveurs se représentent les caractères organiques qu'ils sélectionnent, les déterminants génétiques représentent les caractères organiques qui sont soumis à la sélection.

Cet historique devrait avoir pour effet d'éviter tout argument d'autorité trop rapide qui pourrait être produit par l'importation non analysée d'éléments de théorie biologique en psychologie. En particulier, elle montre que l'utilisation de la théorie de la sélection naturelle pour tenter de rendre compte de ce qui serait une forme d'adaptation de l'état mental à un état de chose dans le monde, plutôt que de résoudre le problème de l'intentionnalité ne fait que le redoubler³³. L'erreur en psychologie est expliquée par le hasard en biologie qui lui-même fut construit sur le modèle de l'ignorance des praticiens de la sélection artificielle.

Cette liaison, depuis les activités cognitives des éleveurs jusqu'à une théorie représentationnaliste et formaliste de l'hérédité, montre combien tout changement dans le mode d'explication des phénomènes cognitifs peut être lié à des changements en biologie. Si l'on développe une théorie de l'évolution alternative où le hasard ne joue plus de rôle (on ne pose plus un monde externe prédéfini et constant vis-à-vis duquel les caractères héréditaires sont ou non adaptés), on pourra symétriquement proposer une psychologie où la méprise représentationnelle n'est pas admise comme telle. C'est par exemple l'attitude très cohérente de Francisco Varela qui refuse toute opposition absolue entre hallucination et perception (Varela 1989).

Pour simplifier notre historique, nous n'avons présenté que le courant rétrospectivement dominant en biologie en négligeant l'histoire buissonnante des théories. A chaque moment, et encore actuellement, toute une diversité d'alternatives sont proposées.

³³ A moins de généraliser la démarche des recherches qui se développent à l'heure actuelle sur les "algorithmes génétiques" et qui utilisent crûment l'analogie biologique. Une bonne solution est définie comme une bonne adaptation à un problème. Elle est le résultat d'un processus d'optimisation par variation (mutation et recombinaison) des symboles composant l'algorithme. La sélection s'effectue suivant une fonction d'évaluation de la "valeur adaptative" qui contient en elle-même ce qui serait à la fois, la traduction de l'algorithme en sa signification fonctionnelle, et la mesure de son efficacité dans l'espace du problème.

L'isomorphisme entre biologie moléculaire et psychologie cognitive se double d'un isomorphisme des critiques et controverses dans lesquelles ces disciplines ont été et sont toujours engagées. L'utilisation de tel modèle biologique plutôt que de tel autre marque d'emblée un engagement théorique interne aux sciences cognitives. L'analogie historique entre biologie et psychologie peut donc avoir un effet heuristique.

Par exemple, en biologie, la question de la déduction de la fonction d'une protéine à partir de la connaissance de sa séquence en acides aminés reste tout à fait ouverte³⁴. Ce domaine de recherche se caractérise même par l'absence presque complète de théorie générale qui pourrait le structurer. On peut bien sûr continuer les recherches, mais l'on peut aussi se demander si cette question, qui s'inscrit dans le cadre de la problématique de la représentation des caractères par les gènes, n'est pas mal posée. En psychologie on peut proposer d'abandonner l'idée de traitement computationnel de représentations symbolique au profit d'un point de vue néo-connexionniste pour lequel les connaissances sont distribuées dans le système dynamique des interactions d'une multitude de composants. De la même façon, on pourrait proposer une alternative semblable en biologie. Il s'agirait d'abandonner l'approche en terme de représentation symbolique et indépendante des divers caractères biochimiques par des gènes et des protéines spécifiques au profit d'une approche en terme de système métabolique où les divers caractères biochimiques seraient les états stables émergents dans un réseau de réactions physico-chimiques.

Maintenant que notre analogie est historiquement établie nous allons l'utiliser pour examiner quelques éléments du travail d'Eliot Sober, philosophe des sciences américain, qui tente actuellement de résoudre les principaux problèmes du cognitivisme classique par une approche téléologique du fonctionnalisme qui emprunte beaucoup à la biologie.

³⁴ Bien sûr, par analogie entre séquences on peut supputer des analogies de fonction des protéines (par exemple, une région qui sera probablement intra-membranaire parce que formée d'acides aminés hydrophobes), mais ce n'est pas là déduire la fonction enzymatique qui consiste précisément dans la spécificité de la protéine vis-à-vis de divers ligands.

III.3. Fonctionnalisme téléologique

Un des problèmes de fondement du fonctionnalisme classique en psychologie tient à ce qu'on appelle le "libéralisme". Comme on l'a rappelé, le fonctionnalisme s'est fondé en s'opposant à la thèse de l'identité stricte du mental et du cérébral. Un tel réductionnisme conduisait à une forme de "chauvinisme" : seuls des êtres identiques aux hommes seraient capables de pensée. Par exemple, si la douleur est simplement comprise comme la sécrétion de tel neuromédiateur, alors une créature ne pourrait ressentir de la douleur que si elle possédait précisément cette substance. Cependant, en récusant ce réductionnisme, le fonctionnalisme risque de tomber dans l'excès contraire du "libéralisme". L'idée d'une identité *occasionnelle* entre état mental et état physique s'appuie classiquement sur l'idée de machine de Turing : la réalisation matérielle (implémentation) d'un programme abstrait (en quoi résiderait ultimement la pensée) consiste à associer aux états computationnels et leurs règles de manipulation, les états physiques et mécanismes d'un dispositif matériel. Or, dans son abstraction, la machine de Turing tire son universalité de son extrême simplicité. Il n'y a alors que peu de contraintes sur la pertinence des états physiques qui peuvent être pris pour les états fonctionnels d'une machine de Turing. Pratiquement n'importe quoi pourrait jouer le rôle de système cognitif.

Pour lutter contre cette indétermination, Sober propose de mener une analyse plus précise de l'idée de départ du fonctionnalisme (Sober 1990). Le mot "fonction" à deux sens distincts. Soit on l'entend dans un cadre biologique comme une fonction organique au sens téléologique d'un rôle fonctionnel *pour* l'organisme ou le système (le rôle du cœur est de pomper le sang). Soit on l'entend dans un cadre mathématique comme une fonction qui associe à un ensemble de données des résultats déterminés. L'erreur initiale du cognitivisme, d'après Sober, est d'être passé trop rapidement du premier au second sens du mot *fonction*. Dans son premier sens, elle serait susceptible d'une analyse empirique qui permettrait de spécifier beaucoup plus précisément les états physiques devant être associés à des états fonctionnels.

De plus, un fonctionnalisme simplement téléologique suffit pour réfuter la théorie de l'identité, et ceci sans tomber dans les multiples difficultés rencontrées par l'approche computationnaliste stricte. Deux fonctions au sens téléologique peuvent être identiques alors que leurs modes de réalisation matérielle sont différents. Il suffit que dans les deux cas la finalité soit la même. Ceci ne nécessite aucunement l'identité d'un programme abstrait comme pour le fonctionnalisme computationnaliste. Par exemple, en biologie, on pourra dire qu'une même fonction de la digestion est réalisée par différents systèmes matériels (dans différentes espèces) pourvu qu'il s'agisse toujours d'extraire de l'énergie à partir de l'environnement. De même en psychologie on pourra dire que différents états physiques participent d'une même fonction de perception (si tant est qu'une fonction si générale puisse être précisément caractérisée) si l'on peut dire d'eux qu'ils réalisent d'une façon ou d'une autre une acquisition d'information sur l'environnement. La spécification des états physiques appropriés pour être associés à un état fonctionnel nécessite donc de définir précisément leur fonction. Elle doit avoir une utilité relativement à des états privilégiés du système. Cette approche ne conduit pas nécessairement au panglossisme (pour lequel toute chose serait une adaptation) : on peut fort bien admettre qu'il existe des différences d'états psychologiques qui ne servent à rien, comme il y a des différences d'états biologiques non significatives (il n'y a aucune raison fonctionnelle qui explique pourquoi le rhinocéros d'Afrique a une corne alors que le rhinocéros de Java en a deux).

Cette téléologie du système cognitif s'inscrit dans le cadre d'une conception orthodoxe de l'adaptation, c'est-à-dire dans une conception de l'organisation de l'être vivant comme finalisée par sélection naturelle vers des contraintes externes indépendantes. Toute fonction interne à un niveau hiérarchique intermédiaire se ramène en dernier ressort à une fonction externe : la survie et la reproduction de l'organisme.

En biologie, Sober a développé une analyse épistémologique très complète du concept de sélection dans la théorie synthétique de

l'évolution³⁵. Il insiste sur le caractère non-réductif, fonctionnel, de la sélection naturelle. En particulier, il montre la surimposition (*supervenience*) de la *fitness* (succès reproductif différentiel) par rapport aux multiples causes physiques qui peuvent la déterminer. Par ailleurs, contre le réductionnisme du "gène égoïste" (toute la sélection ne jouerait que pour le bénéfice des gènes), il distingue les propriétés qui jouent un rôle causal dans la sélection naturelle, et les objets matériels qui sont finalement sélectionnés. Ces propriétés biologiques peuvent être liées à toutes une diversité d'entités (gènes, génotypes, organismes développés ou même populations). L'illustration classique en est l'avantage de l'hétérozygote pour la maladie génétique appelée "anémie falciforme" : l'avantage ne serait pas réductible à un gène mais devrait être associé à un couple de gènes (les deux allèles différents apportés par les deux parents). On voit là clairement la distinction entre une propriété participant causalement à la sélection (résistance à la malaria), et les objets qui la portent (les deux variantes du gène de l'hémoglobine). La sélection naturelle s'exerce *pour* cette propriété, et *indirectement*, elle réalise la sélection *des* objets qui la portent. Chaque type de gène est finalement reproduit ou éliminé, mais il n'a pas comme tel joué un rôle causal dans les mécanismes de la lutte pour l'existence (survie et reproduction des organismes).

Cependant, comme on l'a rappelé dans notre historique, les gènes ne sont pas de simples objets. Ils ont été pensés justement pour *représenter* les propriétés soumises à la sélection. On peut dire que "par construction historique", ce sont les propriétés de ces gènes qui sont sélectionnées. Bien sûr, maintenant que la génétique est fondée depuis longtemps, on peut remarquer que la plupart des propriétés biologiques ne sont pas directement représentées dans des gènes précis mais dans le système de leurs interactions entre eux ou leurs environnements particuliers. Néanmoins, ces critiques sont construites dans un cadre théorique qui est déjà structuré par une distinction entre déterminant et caractère. Sober écrit que nous ne possédons pas encore en biologie de *théorie philosophique* de la surimposition de la "fitness" par rapport aux propriétés physiques

³⁵. Sober 1984. Je conseille vivement de lire en introduction la présentation que donne Jean Gayon de cet ouvrage (Gayon 1989).

multiples qui la déterminent concrètement. Mais il semble plutôt que la question de l'origine des espèces et de leurs adaptations a été le lieu du développement d'une *théorie biologique* de la surimposition, entendue comme celle des propriétés héréditaires relativement au matériel qui les porte. Cette problématique, bien que non définie en ces termes, était celle de la sélection naturelle lorsqu'il fallait rendre compte de la relative indépendance des caractères organiques (les propriétés soumises à la sélection) vis-à-vis des individus qui les réalisent concrètement. Rappelons que l'on devait pour cela justifier de la non identité entre les variations héréditaires de ces caractères et les variations organiques. Ce décalage fut finalement réalisé à l'aide de l'idée de représentation formelle, manipulable indépendamment de son contenu. On trouve alors une surimposition qui distingue un niveau fonctionnel de l'information génétique, et le niveau matériel de l'ADN sur lequel elle est inscrite. Cependant, on comprend qu'une telle théorie biologique de la surimposition puisse ne pas convenir à Sober puisqu'elle peut aisément s'inscrire dans la perspective socio-biologiste du gène égoïste : la sélection ne concernerait que le gène et toute la surimposition se ramènerait au niveau de leur interprétation fonctionnelle. En fait, il faudrait pour Sober une *autre* théorie de la surimposition que celle qui est employée dans le cadre de la théorie synthétique de l'évolution où pourtant il se place.

Du point de vue des sciences cognitives, il s'agit pour Sober de développer une théorie de la surimposition des états mentaux à l'aide d'un fonctionnalisme qui s'en tiendrait à la téléologie, c'est-à-dire qui n'emploierait pas l'idée de traitement computationnel sur des représentations symboliques formelles. Or on a montré ici qu'en biologie, au moins historiquement, le fonctionnalisme téléologique des caractères dans la théorie darwinienne a mené à une forme de fonctionnalisme computationnaliste (formaliste) de l'hérédité. On doit donc s'interroger sur le caractère nécessaire de cette liaison. Retraduite en biologie, la problématique de Sober serait de penser une théorie de la sélection naturelle qui ne fasse pas appel à l'idée de représentation des caractères hérités. On pourrait ici suivre diverses traditions d'opposition au néo-darwinisme de Weismann puis à la génétique formelle. De même, on pourrait explorer les travaux de Darwin lui-même qui s'inscrivaient dans un cadre où la notion de représentation formelle était encore tout à fait absente. On montrerait

alors que la pensée darwinienne était infiniment plus riche que ce qui en a été conservé.

L'histoire des sciences et des idées conduit à une analyse de l'ordre de construction des concepts. Elle permet alors de retrouver les bifurcations intéressantes, et d'explorer les variantes nombreuses qui étaient historiquement présentes (avant qu'un consensus trop lourd ne les fasse oublier). Mais il faut mesurer l'ampleur du changement théorique dont il serait ici question. Il faudrait alors retraduire tous les résultats de la biologie moléculaire dans un autre cadre conceptuel et attribuer à l'ADN un rôle différent de celui de porteur symbolique des caractères héréditaires.

IV Conclusion.

La conception et les problèmes de la biologie actuelle trouvent leur source dans une problématique de l'adaptation qui fut posée dans le cadre de la théologie naturelle, c'est-à-dire dans l'idée de créations séparée du monde physique, et des êtres vivants. De même, en psychologie, la conception et les problèmes des sciences cognitives classiques trouvent leur source dans la problématique de l'intentionnalité qui est posée dans le cadre d'une séparation entre la pensée individuelle et un monde extérieur indépendant. Au contraire, si la problématique de l'adaptation est d'emblée absente — soit parce que l'organisme est pensé en continuité avec son environnement, soit parce que l'environnement est lui-même pensé comme défini par les organismes — les conceptions et problèmes du vivant ou de la cognition sont profondément renouvelés. L'objectif n'est plus de comprendre l'adaptation d'un système à un monde donné par ailleurs, mais de rendre compte de la cohérence interne des systèmes et d'expliquer leur faculté de construire collectivement un monde stable.

Les diverses traditions qui en biologie, tentent de trouver des alternatives au formalisme de la génétique, semblent naturellement conduire à une critique de la téléologie au sens strict. Ou bien la notion de finalité disparaît complètement ou bien elle se trouve relativisée à l'intérieur du système, soit pour l'organisme, soit pour la population. De même, les alternatives au cognitivisme classique sont entraînées vers une remise en cause de l'idée de représentation

formelle. Ou bien une continuité est établie entre les formes du monde et celles de la pensée, ou bien l'objectivité est construite de l'intérieur du système, soit dans le sujet, soit dans la société.

Bien que l'espace d'un article soit trop étroit pour la justifier entièrement nous proposerons en conclusion la thèse suivante : si l'on admet au départ une finalité externe des caractères, c'est-à-dire une conception de l'organisme comme étant différent de son environnement et pourtant historiquement adapté à cette réalité extérieure constante, alors on est conduit à une approche représentationnaliste et formaliste de ces caractères. De même, si l'on admet un téléologisme strict des états mentaux, c'est-à-dire une conception du système cognitif comme obéissant à une causalité fonctionnellement distincte de son support matériel et pourtant bien adaptées à représenter une réalité extérieure préexistante, alors on est conduit à une approche représentationnaliste et computationnaliste de ses états internes.

Charles LENAY

Université de Technologie de Compiègne
Département TSH, B. Franklin,
BP 649-60206 Compiègne Cédex

Bibliographie

- CRICK F., GRIFFITH J.S., et ORGEL L.E. (1957), "Codes Without Commas", *Proc. Nat. Acad. Sci.*, 43, p. 416.
- CRICK F. (1970) "Central Dogma of Molecular Biology", *Nature*, 227, pp. 561-563.
- CHOMSKY N. (1957) *Syntactic Structures*, The Hague, Mouton.
- CHOMSKY N. (1980) *Rules and Representations*, New York, Columbia University Press, trad. franç. KIHM A., *Règles et représentations*, Paris, Flammarion.
- DARWIN C. (1959) *The Origin of Species by Charles Darwin; A Variorum Text*, PECKHAM M. Ed., USA, 1959.
- DARWIN C. (1859) *L'Origine des espèces au moyen de la sélection naturelle ou de la lutte pour l'existence dans la nature*, trad. BARBIER E. d'après la 6^e ed. de 1876, Paris, Maspero, 2 vols., 1980.
- DAWKINS R. (1978) *The Selfish Gene*, Oxford, Oxford University Press.

- DAWKINS R. (1981) "Gènes égoïstes et mêmes égoïstes", in *Vues de l'Esprit*, HOFSTADTER D.R. et DENNETT D.C. Eds., trad. franç. par HENRY J., Paris, InterEditions, 1987, pp. 132-150.
- DENNETT D.C. (1990) *La Stratégie de l'interprète*, (1987), trad. franç. ENGEL (P.), Paris, Gallimard.
- DOBZHANSKY T. (1977) *Génétique du processus évolutif*, trad. franç. GUY Y., Paris, Flammarion.
- DRETSKE F. (1986) "Misrepresentation", repris in *Mind and Cognition*, LYCAN W.G. Ed., Blackwell, 1990, pp. 129- 143.
- FODOR J. (1975) *The Language of Thought*, New York, Croowell.
- FODOR J. (1980) "Methodological Solipsism Considered as a Research Strategy in Cognitive Psychology", *The Behavioral and Brain Sciences*, 3, 1980, pp. 63-73, repris in HAUGELAND J. Ed., *Mind Design*, MIT Press, 1985, pp. 307-338.
- FODOR J. (1983) *La modularité de l'esprit. Essai sur la psychologie des facultés*, Paris, Editions de minuit, 1986.
- FODOR J. (1984) "Psychosemantics or: Where Do Truth Conditions Come From?", repris in *Mind and Cognition*, LYCAN W.G. Ed., Blackwell, 1990, pp. 312-338.
- FODOR J. (1987) *Psychosemantics: The Problem of Meaning in the Philosophy of Mind*, Bradford Books/MIT Press.
- FODOR J. et PYLYSHYN Z. (1988) "Connectionism and Cognitive Architecture: A Critical Review", *Cognition*, 28.
- FODOR J. (1991) *A Theory of Content and other essays*, Bradford Books/ MIT Press.
- GARDNER H. (1985) *The Mind's New Science: A History of the Cognitive Revolution*, New York, Basic Books.
- GAYON J. (1989) "Epistémologie du concept de sélection" in *L'âge de la science*, 2 *Epistémologie*, Paris, Odile Jacob, pp. 201-227.
- GAYON J. (1992) *Darwin et l'après-Darwin: une histoire de l'hypothèse de sélection naturelle*, Paris, Kimé.
- GULICK R. van (1990) "Functionalism, Information and Content", in *Mind and Cognition*, LYCAN W.G. Ed., Blackwell, pp. 107-129.
- KANT E. (1979) *Critique de la faculté de juger*, (1790), trad. franç. PHILONENKO A., Paris, Vrin, 1979, p. 182.
- LORENZ K. (1975) *L'Envers du miroir*, Paris, Flammarion.
- LENAY C. (1989) *Enquête sur le hasard dans les grandes théories biologiques de la deuxième moitié du XIXe siècle*, Thèse, Paris I, directeur ROGER J.
- LENAY C. (1992) "Hugo de Vries et l'idée d'indépendance des caractères", in Volume en l'hommage à Jacques Roger, à paraître aux éditions Klincksieck.

- MEDAWAR P.B. (1957) "Old Age and Natural Death" (1946), et *An Unsolved Problem of Biology* (1952) republiés in *The Uniqueness of the Individual*, Londres, Methuen.
- MEHLER J. et DUPOUX E. (1987) "De la psychologie à la science cognitive", *Le Débat*, novembre-décembre, pp. 65-87.
- MILLIKAN R. (1984) *Language, Thought and other Biological Categories*, MIT Press.
- NEWELL A. et SIMON H. (1980) "Computer Science as Empirical Inquiry: Symbols and Search", in HAUGELAND J., 1981, p. 38
- PACHERIE E. (1992) *Perspectives physicalistes en matière d'intentionnalité*, Thèse de l'EHESS, 19 juin 1992, à paraître aux PUF.
- PROUST J. (1990) "De la difficulté d'être naturaliste en matière d'intentionnalité", *Revue de Synthèse*, 1.2., Janvier-Juin, quatrième série, pp. 13-32.
- RIEDL R. (1984) *Biology of Knowledge. The Evolutionary Basis of Reason*, John Wiley & Sons, 1984.
- ROYER C. (1862) Préface et traduction, *De l'origine des espèces ou des lois du progrès chez les êtres organisés*, Paris, Masson.
- SCHRÖDINGER E. (1986) *Qu'est-ce que la vie ?* (1945), Paris, Christian Bourgois.
- SHANNON C.E. et WEAVER W. (1949) *The Mathematical Theory of Communication*, Urbana, University of Illinois Press.
- SMITH J.M. (1989) "Weismann and modern biology", *Oxford Surv. Evol. Biol.*, 6, pp. 1-12.
- SOBER E. (1984) *The Nature of Selection: Evolutionary Theory in Philosophical Focus*, MIT Press.
- SOBER E. (1990) "Teleological Functionalism", in *Mind and Cognition*, LYCAN W.G. Ed., Blackwell, pp. 97-106.
- VARELA F. (1989) *Autonomie et connaissance: Essai sur le Vivant*, trad. franç. Bourguine P. et Dumouchel P., Paris, Seuil.
- VRIES H. de (1990) *Intracellulare Pangenesis*, Jena, 1889, trad. franç. de la quatrième section par N. Stewart et C. Genet in *La découverte des lois de l'hérédité (1862-1900) : une anthologie*, LENAY C. Ed., Presses Pocket, pp. 215-263.
- WATSON J. et CRICK F.H. (1953), "Molecular structure of nucleic acids. A structure for desoxyribose nucleic acid", *Nature*, 171, avril, pp. 737-738.
- WEISMANN A. (1892) *Essais sur l'hérédité et La Sélection Naturelle*, trad. franç. VARIGNY H. de, Paris, Reinwald, 1892. Contient : "La Durée de la vie" (1881), pp. 1-64 ; "La Vie et la Mort" (1883), pp. 65-116 ; "La continuité du Plasma germinatif"(1885), pp. 157-244 ; "La signification de la Reproduction Sexuelle pour la Théorie de la Sélection Naturelle" (1885), pp. 297-378.

- WEISMANN A. (1990) "Ueber Vererbung" ("De L'Hérédité") (1883) trad. franç. 1892, repris in *La découverte des lois de l'hérédité (1862-1900) : une anthologie*, LENAY C. Ed., Presses Pocket, pp. 167-212.
- WEISMANN A. (1904) *The Evolution Theory* (1902), 2 vols.