

## **Théorie de l'évolution et psychologie différentielle : vers une nouvelle phase? <sup>1</sup>**

Jacques Lautrey<sup>2</sup>

Une des premières tentatives d'articulation entre la psychologie et la théorie de l'évolution est celle qui a donné naissance à la psychologie différentielle. L'objectif de Galton, qui fut le pionnier de cette nouvelle sous-discipline, était de montrer que l'on pouvait trouver, dans le domaine de la psychologie aussi, des faits susceptibles d'étayer la théorie, alors toute récente, de son cousin Charles Darwin. Il lui fallait pour cela montrer que les différences comportementales avaient une ampleur suffisante pour donner prise à la sélection et étaient héréditairement transmises. Le recueil de données biographiques sur plusieurs générations ou l'application de « tests » à un grand nombre de personnes à l'occasion de l'exposition internationale de Londres, étaient inspirés par cet objectif. On sait comment ce programme de recherche a conduit Galton et ses successeurs à innover sur le plan des méthodes de description et de mesure des différences individuelles et à jeter ainsi les bases de l'approche différentielle.

Après Galton, la recherche sur les différences individuelles s'est concentrée sur des objectifs techniques (comment assurer la mesure), et sociaux (élaboration de tests en réponse à la demande sociale d'évaluation), mais les relations initiales avec la théorie de l'évolution ont été perdues de vue. Même lorsque les recherches ont porté sur l'hérédité des différences, il s'agissait moins d'étayer la théorie de l'évolution, qui n'en avait plus guère besoin, que d'étayer -ou de réfuter - des idéologies relatives à l'origine des inégalités sociales.

Il semble que les relations entre la recherche sur les différences individuelles et la théorie de l'évolution soient entrées, depuis quelques années, dans une seconde phase. Il ne s'agit plus d'utiliser les différences observées au niveau comportemental pour étayer la théorie de l'évolution, mais d'utiliser les concepts de la théorie de l'évolution, notamment

---

<sup>1</sup> Texte de la communication présentée aux Xièmes Journées de Psychologie Différentielle, Montpellier, 8-9 septembre 94

<sup>2</sup> Université René Descartes - Paris V, Laboratoire de Psychologie Différentielle, 28 rue Serpente, 75 005 Paris.

ceux de variation, de sélection, de stabilisation, pour expliquer le fonctionnement des organismes vivants et - par voie de conséquences - les différences individuelles. Ce mouvement est de nature à faciliter et à accélérer la réintégration de l'étude des différences individuelles dans la recherche fondamentale ou, ce qui revient au même, à accélérer l'évolution de la recherche fondamentale vers la prise en compte du rôle essentiel que joue la variabilité dans le fonctionnement et le développement cognitifs.

Quelques exemples de cette évolution, qui traverse aussi bien différents courants de la psychologie que la neurobiologie, seront d'abord donnés. L'objectif est de montrer qu'il existe une certaine convergence d'idées, entre courants différents d'une même discipline comme entre disciplines différentes, et que cette convergence relève d'une sorte d' « air du temps ». Quelques directions de recherche inspirées par cet air du temps seront ensuite proposées dans la discussion.

## **Théorie de l'évolution et psychologie**

### **Variation et sélection dans l'approche behavioriste**

Deux des idées sous-jacentes à l'approche behavioriste paraissent être nées dans la filiation de la théorie de l'évolution. La première est celle qui met l'accent sur la finalité, la fonction adaptative, des comportements et inscrit ainsi le behaviorisme dans le courant fonctionnaliste. La seconde est celle qui fait intervenir un processus de sélection dans la « reproduction » de ces comportements. Ces deux idées sont intimement liées car c'est précisément la valeur adaptative des comportements qui oriente leur sélection. On peut noter dès ici le caractère apparemment paradoxal de la forme de fonctionnement ainsi définie: l'information qui oriente la sélection d'une réponse, c'est à dire l'information sur sa valeur adaptative, n'est disponible qu'après que cette réponse ait été produite.

Thorndike paraît être le premier à avoir explicité ces idées en formulant en 1898 la « loi de l'effet ». Le besoin, par exemple le besoin de nourriture, engendre des comportements plus ou moins désordonnés et si l'un d'entre eux donne accès à la nourriture, le plaisir qui en résulte contribuera à fixer sa trace en mémoire et assurera donc sa « reproduction ». La filiation entre Darwin et Thorndike paraît ici passer par l'orientation fonctionnaliste de William James, dont Thorndike fut le disciple (Reuchlin, 1995)<sup>3</sup>

---

<sup>3</sup>Ce passage doit beaucoup aux indications données par M. Reuchlin à l'occasion de la lecture d'une première version de ce texte.

Ces idées ont été reprises et systématisées par Skinner (1981, 1984). Selon Skinner, *la sélection par les conséquences* est apparue avec la vie, dès le moment où une première molécule s'est reproduite. Cette reproduction était elle-même la première conséquence d'une variation et, à travers la sélection naturelle, elle a conduit à l'évolution de cellules, d'organismes, qui se sont à leur tour reproduits sous des conditions de diversité croissante.

La possibilité de produire des comportements nouveaux serait apparue avec une seconde forme de sélection par les conséquences qui est, bien sûr, *le conditionnement opérant*. Il s'agit d'un mécanisme permettant que des réponses soient renforcées par les événements *qui les suivent* immédiatement. Ce mécanisme suppléerait à la sélection naturelle et pourrait même la supplanter. Il est en effet moins utile, dit Skinner, qu'une espèce dispose d'un répertoire inné de comportements lorsqu'elle peut acquérir ainsi un comportement approprié à un environnement donné.

Pour Skinner donc, un même principe général, indissociable de la vie même, *la sélection par les conséquences*, est responsable à la fois de l'évolution de l'espèce à l'échelle phylogénétique, de l'évolution du comportement à l'échelle de l'ontogenèse, et d'ailleurs aussi -troisième forme que je passe ici sous silence- de l'évolution de la culture à l'échelle de l'histoire humaine (il s'agit ici de la sélection par les conséquences *pour le groupe*). Les mécanismes, par contre, sont bien entendu différents à chacune de ces échelles.

La transposition que fait Skinner des concepts de la théorie de l'évolution au niveau du comportement ne manque pas d'intérêt ni de hardiesse. Elle souffre cependant, à mes yeux, de trois grandes limitations.

Tout d'abord, rien n'est dit des mécanismes qui sous-tendent les variations du comportement. On ne peut sur ce point qu'être d'accord avec M. Richelle (1995) lorsqu'il note que «seule, la moitié du processus d'apprentissage que décrit le conditionnement opérant a été explorée - celle qui correspond à la sélection par le renforcement - l'autre moitié, à tout le moins aussi importante - celle qui correspond aux variations - ayant, à de rares exceptions près, été complètement négligée. »

Ensuite, cette transposition a les limites de l'approche behavioriste, qui ne peut faire autrement que de faire porter la sélection sur une population de *comportements*. La psychologie cognitive a montré que dans de nombreux cas, un même comportement peut être sous-tendu par des processus mentaux différents. Ceci ouvre une question qui était hors du champ du behaviorisme mais qui prend tout son sens dans le cadre du cognitivisme: la

sélection porte-t-elle seulement sur les comportements ou aussi sur les processus mentaux qui les sous-tendent?

Enfin, Skinner place les contraintes responsables de la sélection des comportements dans l'environnement exclusivement. En analysant les résistances au principe de sélection par les conséquences dans l'histoire des sciences, Skinner avance qu'elles viennent peut-être de ce que ce principe ne laisse pas de place à l'agent initiateur que suggère la mécanique classique: « nous cherchons à identifier un tel agent lorsque nous disons qu'un individu s'adapte à une situation, au lieu de dire que la situation modèle et maintient un comportement adapté ». Mais s'il critique avec raison l'utilisation en psychologie d'un modèle causal importé de la mécanique classique, il ne fait guère qu'inverser une relation causale linéaire en plaçant l'origine de l'organisation du comportement du seul côté de l'environnement. On remarquera au passage que cette conception admet les différences individuelles, mais celles-ci ne font alors que refléter de façon mécanique les variations dans les conditions environnementales. Des milieux différents sélectionnent des comportements différents et produisent donc des individus différents, mais un même milieu est supposé modeler des individus strictement identiques. Cet environnementalisme forcené a nourri, chez Skinner (1972) et chez d'autres, quelques rêveries totalitaires: une fois défini l'idéal vers lequel doit tendre l'humanité, il ne reste plus qu'à mettre en place l'environnement qui modèlera les hommes à cette image. Pour ne prendre qu'un exemple relativisant cette conception exclusivement environmentaliste de la sélection par les conséquences, les travaux sur le « lieu du contrôle » (Rotter, 1966) ont montré que la valeur de renforcement de la réussite ou de l'échec dépendait beaucoup de la représentation que se fait le sujet de la cause (interne ou externe) de cette réussite ou de cet échec.

### **Variation et sélection dans l'approche cognitive**

Certaines transpositions des concepts de la théorie de l'évolution font porter les mécanismes de variation et de sélection sur les processus mentaux et relèvent donc, de ce fait, de la psychologie cognitive. J'en retiendrai deux, l'une plutôt tournée vers l'explication des différences individuelles -il s'agit du modèle de la vicariance proposé par M.Reuchlin (1978) et de ses prolongements proposés par T.Ohlmann (1995) -l'autre plutôt tournée vers l'explication du développement - Il s'agit du modèle ASCM de R.Siegler (1994).

*Le modèle des processus vicariants de M.Reuchlin.*

Il s'agit d'un modèle probabiliste du fonctionnement cognitif, dont les principales propositions sont les suivantes: 1) dans beaucoup de situations, le répertoire dont dispose chaque individu comporte *plusieurs processus* susceptibles d'être activés pour élaborer une réponse adaptée; 2) Il existe néanmoins une *hiérarchie d'évocabilité* de ces différents processus, qui peut être formalisée par l'ordre d'importance de leurs probabilités d'activation; 3) *Cette hiérarchie peut différer d'un individu à l'autre* et ceci peut donner lieu à des différences *interindividuelles* à situation constante : tous n'activeront pas nécessairement le même processus de traitement dans une situation donnée; 4) *Elle peut aussi différer d'une situation à l'autre*, toutes les situations ne sollicitent pas les différents processus évocables au même degré et ceci peut donner lieu à une variabilité *intra-individuelle* des réponses en fonction des situations; 5) Enfin, tous les processus susceptibles de remplir une même fonction *ne sont pas également efficaces* dans une situation donnée, ce qui contribue à modifier leur probabilité d'évocation par le biais du renforcement. Le modèle étant probabiliste, la substitution d'un processus à un autre n'est jamais entièrement déterminée par une situation ou par une préférence individuelle, elle peut aussi résulter de fluctuations aléatoires.

Ce modèle de fonctionnement n'est certes pas ancré très explicitement dans la théorie de l'évolution mais il se situe clairement dans le courant fonctionnaliste qui en est issu. Une influence plus directe de cette théorie apparaît par ailleurs en filigrane dans un passage comme celui-ci: « ce que l'on sait en biologie et spécialement en physiologie nerveuse permet sans doute de considérer que la vicariance, la redondance et donc d'une certaine façon le gaspillage sont des caractères présents dans toutes les modalités de reproduction et d'adaptation des organismes vivants, comme si les pressions sélectives s'étaient exercées en faveur des organismes mettant en oeuvre les processus les plus fiables, même si ces processus sont les plus coûteux » (Reuchlin, 1978, p. 9). En d'autres termes, les processus vicariants sont des processus susceptibles de substituer les uns aux autres dans la réalisation d'une même fonction.

Le modèle de la vicariance opérationnalise, de fait, les principaux concepts de la théorie de l'évolution. La pluralité des processus évocables, alliée au caractère probabiliste du modèle, introduit une source de variation dans une population de processus. La notion de hiérarchie d'évocabilité rend compte de la façon dont la sélection s'opère dans cette

population. A propos de cette notion de hiérarchie d'évocabilité, M. Reuchlin fait référence à Maltzman (1955) qui, pour étendre l'approche behavioriste à l'explication de la résolution de problèmes, avait proposé une généralisation de la notion de hiérarchie d'habitudes empruntée à Hull. Mais s'il emprunte certains de ses concepts à l'approche behavioriste, le modèle de la vicariance s'en écarte par plusieurs aspects. Tout d'abord, contrairement à Skinner, Reuchlin fait porter la sélection sur les processus et non sur les réponses. Ensuite, en posant que dans beaucoup de situations, tout sujet dispose de plusieurs processus pour élaborer une même réponse adaptative, ce modèle introduit entre le stimulus et la réponse, une source de variabilité dont l'approche behavioriste ne pouvait rendre compte. Enfin, contrairement à la hiérarchie d'habitudes, la hiérarchie d'évocabilité ne varie pas seulement en fonction de la situation, mais aussi, à situation constante, en fonction de préférences individuelles stables. Ceci introduit une source de différences individuelles qui -au moins potentiellement- n'est pas réductible aux différences de situation qui ont modelé les comportements individuels.

Les prolongements apportés par T.Ohlmann (1995) au modèle de la vicariance s'inscrivent beaucoup plus explicitement dans le cadre conceptuel de la théorie de l'évolution. La transposition que fait cet auteur repose sur un parallèle assez étroit entre les deux générateurs de diversité que seraient les gènes au niveau de l'espèce et les processus vicariants au niveau individuel. De même que les variations entre les individus d'une espèce sont engendrées par des recombinaisons de gènes codant les différentes variantes d'un même caractère, les variations intra-individuelles seraient engendrées par des recombinaisons de processus remplissant de façon différente une même fonction.

En exploitant cette analogie, T.Ohlmann propose de transposer, des gènes aux processus, les notions de forme allèle et de dominance. On pourrait ainsi distinguer le « phénostyle » du « génostyle ». Un même phénostyle, de dépendance à l'égard du champ visuel par exemple, pourrait correspondre à des génostyles différents selon que, derrière le processus qui exploite le référent visuel, celui qui est en deuxième position dans la hiérarchie d'évocabilité est celui qui exploite le référent gravitaire, ou celui qui exploite le référent égocentré. Pour connaître cette structure du catalogue des processus vicariants chez un individu et en étudier les conséquences sur le comportement, T.Ohlmann propose une méthodologie. Celle-ci consiste à manipuler les contraintes environnementales pour définir le seuil à partir duquel un sujet change de processus. La comparaison des degrés de pression environnementale nécessaires pour faire basculer un sujet de chacun des processus à chacun

des autres peut renseigner sur la structure du catalogue des processus (organisation hiérarchique ou en barillet par exemple).

La redondance des processus vicariants est expliquée en transposant la théorie neutraliste de l'évolution. Cette théorie accorde un poids important à la sélection négative, c'est à dire à une forme de sélection qui élimine les mutations non viables, mais est aveugle aux mutations neutres. Si les caractères neutres ne sont pas triés, ils peuvent être quelconques, et donc extrêmement divers. Toutefois, la redondance des différentes variantes de caractères neutres dans un environnement donné peut offrir des ressources adaptatives nouvelles en cas de changement d'environnement, ou lorsque plusieurs niches écologiques sont disponibles. Les mieux adaptés à une niche ne sont alors pas nécessairement les mieux adaptés à une autre niche. Il en irait ainsi des processus vicariants qui peuvent être neutres par equi-efficacité dans des conditions que T.Ohlmann appelle « clémentes », mais ne plus l'être dans des conditions extrêmes. L'un des processus vicariants peut alors devenir le seul efficace.

La vicariance apparaît donc comme une forme de variabilité intraindividuelle qui permet des adaptations rapides à des changements d'environnement et, de ce fait, elle pourrait être complémentaire à la variabilité d'origine génétique dont les mécanismes se situent à une échelle de temps beaucoup plus longue. L'argumentation de T.Ohlmann sur la complémentarité entre la variation/sélection de processus vicariants et la variation/sélection des gènes est tout à fait identique à celle de Skinner sur la complémentarité entre la sélection naturelle et le conditionnement opérant. La différence tient à ce que les processus vicariants, tels qu'ils sont décrits par T.Ohlmann, apparaissent comme des solutions pré-adaptées, stockées dans le catalogue de l'espèce et entre lesquelles l'individu a le choix, alors que le conditionnement opérant est plus à même de rendre compte de l'apprentissage de réponses nouvelles, qui ne figuraient pas déjà dans le catalogue de l'espèce. Le modèle des processus vicariants est bien adapté à la description du jeu de processus modulaires, déjà présents dans le répertoire. Il rend bien compte ainsi des différences individuelles de fonctionnement, mais plus difficilement de l'apprentissage ou du développement.

#### *Le modèle de choix de stratégies de R. Siegler*

Le point de départ des travaux actuels de Siegler peut être trouvé dans un chapitre publié en 1984 et intitulé « Mechanisms of cognitive growth: Variation and selection ». Dans ce chapitre, Siegler explique que la théorie de l'évolution pourrait fournir une métaphore

intéressante pour élaborer un modèle du développement, notamment en intégrant les notions de variation et de sélection. Il cite à ce sujet l'article de Skinner (1981), qui est donc probablement à l'origine de sa propre tentative de transposition du cadre conceptuel de la théorie de l'évolution. Le modèle de développement proposé dans ce chapitre est assez rudimentaire. Un générateur de variabilité engendre des variations dans les processus de codage (par ex. codage du poids, codage de la longueur dans le cas de la balance) et dans les processus de combinaison des attributs issus du codage (centration, combinaison additive, combinaison multiplicative, etc.). Des feed-backs par les conséquences contribuent à faire évoluer le choix des attributs dans le codage et le choix des règles de combinaison.

Siegler a par la suite appliqué ce cadre hypothétique général à l'étude développementale des stratégies par lesquelles les enfants résolvent les problèmes qui leur sont soumis dans le cadre des activités scolaires: problèmes d'arithmétique élémentaire, lire l'heure, apprentissage de la lecture (cf. par ex. Siegler & Shrager, 1986). Le choix des stratégies dans ces problèmes a d'abord été simulé par un modèle de distribution d'associations entre les problèmes et les réponses. Il s'agit d'un modèle probabiliste, dans lequel il y a compétition entre différentes réponses associées à un problème, la sélection étant réglée par la force d'association de ces différentes réponses avec le problème. Le fait qu'il existe ou non en MLT une réponse dont la force d'association au problème dépasse un certain seuil de confiance détermine automatiquement le choix de la stratégie suivie: par exemple, pour un problème d'arithmétique élémentaire comme  $3 + 5$ , récupérer la réponse en mémoire ou compter sur les doigts.

Ce premier modèle restait assez proche de la conception behavioriste en ce sens que les seules associations disponibles dans la base de connaissance étaient les associations directes entre les problèmes et les réponses. Un second modèle, dit ASCM (Associative Strategies Choice Model), lui a succédé (Siegler, 1994). Ce second modèle comporte non seulement une base de données sur les forces d'association des réponses avec les problèmes, mais aussi une base de données sur les stratégies. Au fur et à mesure des différents essais avec les stratégies disponibles dans le répertoire, des informations sur la vitesse et l'exactitude de la résolution sont stockées dans cette base de données. Pour chacune des stratégies, on dispose donc d'informations sur sa vitesse et son exactitude sur l'ensemble des problèmes, sur les classes de problèmes qui ont telle ou telle caractéristique, et sur chaque problème particulier. Lorsqu'un nouveau problème se présente, toutes ces informations sont prises en compte pour prédire, pour chacune des stratégies en compétition, la part de variance dont elle

peut rendre compte dans la réussite du problème (le modèle calcule une équation de régression logistique pour chaque stratégie). La proportion de variance expliquée par chacune par rapport à la proportion de variance expliquée par l'ensemble donne sa probabilité de choix.

On peut tout d'abord noter les ressemblances entre ce modèle et celui des processus vicariants. Chaque sujet dispose de plusieurs stratégies dans son répertoire. La probabilité de choix de cette stratégie dépend à la fois du problème (et plus généralement de la classe de problèmes) et de certaines caractéristiques individuelles comme le niveau du seuil de confiance du sujet dans ses réponses.

Plus généralement, ce modèle, comme celui des processus vicariants, échappe aux trois limitations qui avaient été relevées plus haut à propos de la transposition par Skinner des concepts de la théorie de l'évolution des espèces à l'évolution du comportement.

Tout d'abord, il admet qu'une même réponse (par ex. la réponse 8 au problème  $3 + 5$ ) peut être le produit de processus mentaux -ici de stratégies- assez variés (Siegler en dénombre huit dans ce cas précis). La sélection ne porte plus alors, ou du moins plus seulement, sur les réponses, mais aussi sur les processus mentaux qui sous-tendent ces réponses.

Ensuite, les contraintes qui pèsent sur la sélection des processus ne sont pas situées seulement dans l'environnement, mais peuvent aussi être internes au sujet. Le niveau du seuil de confiance, variable selon les sujets, fait que dans *un même problème*, des sujets ayant en principe *la même base de connaissances* (les « bons élèves » et les « perfectionnistes » dans la recherche de Siegler & Campbell, 1989), ne choisiront cependant pas la même stratégie. On pourrait relier ces différences dans le niveau du seuil de confiance à des caractéristiques stables de la personnalité (cf contribution de M. Rolland à ce même ouvrage). La même remarque pourrait être faite à propos du rôle joué par la représentation du but dans le choix des stratégies (et même dans l'agencement des composantes d'une stratégie). Il s'agit là d'une contrainte d'origine interne dont la conséquence est que dans une même situation objective, deux sujets qui n'ont pas la même représentation du but peuvent ne pas sélectionner la même stratégie.

Enfin, la variabilité intra-individuelle des stratégies est ici objet d'étude, avec l'hypothèse qu'elle joue un rôle dans la découverte de stratégies nouvelles (Siegler & Jenkins, 1989). Même si ce rôle n'est pas véritablement intégré dans le modèle de simulation du fonctionnement des sujets il est nouveau qu'il donne matière à étude empirique. Le rôle attribué à la variabilité dans la découverte de nouvelles stratégies fait du modèle de Siegler,

au moins potentiellement, un modèle développemental sélectionniste. En cela, il diffère du modèle des processus vicariants qui, dans son état actuel, ne rend compte que de la sélection de processus déjà présents dans le répertoire.

Ces deux modèles partagent par contre une même limitation, qui est de n'envisager entre les différents processus activés que des relations de substitution. Il y a compétition entre les différents processus, mais l'un d'entre eux seulement est sélectionné et exécuté à un moment donné.

### **Variabilité et sélection dans l'approche connexionniste**

Dans les modèles connexionnistes, les unités des couches intermédiaires sont en compétition pour activer les unités de sortie lorsque les unités d'entrée sont elles-mêmes activées. Dans une certaine classe de modèles au moins, des mécanismes de rétro-propagation assurent la sélection du réseau de connexions adéquat. Ceci se fait en renforçant le poids des connexions qui contribuent à l'activation des unités de sortie provoquant les conséquences attendues.

Le fonctionnement de ces systèmes obéit d'assez près au principe de sélection par les conséquences cher à Skinner et, de ce point de vue, le connexionnisme se situe dans le prolongement du behaviorisme. La différence essentielle entre les deux systèmes tient au rôle dévolu à la couche intermédiaire<sup>4</sup>.

L'apport principal de ce courant, par rapport au cognitivisme, est d'avoir mis l'accent sur les avantages du parallélisme. Dans les modèles cognitivistes qui faisaient intervenir la compétition entre processus, nous avons vu que le résultat était la substitution d'un processus à un autre. Dans les modèles connexionnistes, l'issue est plus généralement l'activation simultanée avec une évolution des pondérations respectives.

La limite de ces modèles par rapport au problème qui nous intéresse ici est de se situer au niveau d'unités de traitement très élémentaires et interchangeables. Les processus dont il a été question plus haut sont des unités fonctionnelles se situant à des niveaux d'intégration beaucoup plus élevés et que l'on ne peut considérer ni comme élémentaires ni comme

---

<sup>4</sup>Encore qu'en relisant Maltzman (1955), dont il a déjà été question à propos du modèle des processus vicariants, on se dit que cette différence n'est peut-être pas aussi grande qu'il y paraît. Maltzman plaçait des variables intermédiaires - « the anticipatory goal responses »- entre la hiérarchie des stimuli associés à une même réponse et la hiérarchie des réponses associées à un même stimulus. Ces variables intermédiaires, elles-mêmes hiérarchisées (autrement dit, dotées de poids), pouvaient être liées aux différents stimuli et aux différentes

rigoureusement interchangeables. Même si elles peuvent remplir une même fonction, elles ne la remplissent en général pas de la même manière. La question des relations entre processus ne peut donc se poser dans les mêmes termes que celle des relations entre unités élémentaires dans un système connexionniste mais l'idée d'activation simultanée de plusieurs éléments avec des pondérations différentes est sans doute envisageable aux deux niveaux. Le point essentiel qui reste cependant à éclairer est celui des relations entre processus au cours du fonctionnement cognitif.

### **Variabilité et sélection en neurobiologie**

Dans ce domaine, les contributions de J.P. Changeux (1983) et de G. Edelman (1987;1989; 1992), paraissent être les plus marquantes. On se limitera ici à l'évocation de la Théorie de la Sélection des Groupes Neuronaux (TSGN) de G. Edelman, qui transpose le cadre conceptuel de la théorie de l'évolution à l'explication de l'ontogenèse du cerveau. Deux des propriétés du fonctionnement du cerveau, tel qu'il est décrit par la TSGN, paraissent plus particulièrement intéressantes pour la psychologie, d'une part celle qu'Edelman nomme la dégénérescence du système (« degeneracy »), d'autre part celle de « réentrée du signal ».

#### *La dégénérescence du système*

Au cours de l'embryogenèse et du développement postnatal, la migration des cellules neuronales est régulée par un ensemble de mécanismes, et notamment par le gradient de concentration de molécules d'adhésion au substrat et d'adhésion à d'autres cellules. Lorsque cette concentration est suffisamment forte, la cellule se fixe au substrat et/ou à une autre cellule. Si la région dans laquelle une cellule neuronale peut migrer est ainsi en gros déterminée, l'endroit précis où elle se fixera ne répond à aucune instruction précise. Il dépend des aléas de la concentration en molécules d'adhésion et de la « compétition » entre cellules pour l'occupation d'un site topographique. Ce mécanisme, ainsi que d'autres comme la mort de cellules au cours de la migration, sont à l'origine d'une variabilité considérable et de recouvrements importants dans la structure fine du répertoire de connexions neuronales. De ce fait, *il n'y a généralement pas de structure unique ou de combinaison unique de groupes neuronaux qui conduise à un output donné*. Au contraire, plus d'une combinaison de groupes neuronaux peut mener au même output et un groupe neuronal donné peut participer à plus

---

réponses. Avec le recul, on ne peut s'empêcher de trouver une analogie troublante entre cette sorte

d'une fonction de signal. Selon Edelman, cette propriété de « dégénérescence » joue un rôle important dans les capacités de généralisation du système. Mais on peut aussi remarquer qu'ainsi définie, la « dégénérescence » est un bon candidat pour être le correspondant, au niveau neurobiologique, de la propriété de « vicariance » observée au niveau des processus.

### *Les boucles de réentrée*

Du fait de la variabilité de l'architecture, aucune adresse précise ne peut être spécifiée a priori, où trouver tel neurone réagissant à telle propriété. Par ailleurs, selon la TSGN, le sujet n'hérite pas de critères lui permettant de découper le monde en objets et événements de façon adaptée à ses besoins. Un mécanisme est donc nécessaire pour assurer la correspondance entre groupes neuronaux répondant aux différentes caractéristiques d'un même stimulus et entre l'activité neuronale et les propriétés de l'environnement. Selon la TSGN, des boucles de réentrée réciproques et massivement parallèles connectent les groupes neuronaux de différentes régions du cerveau, par ex. les différentes « cartes » sur lesquelles se projettent les récepteurs sensoriels (par ex. chez le singe, le système visuel comporte plus de trente cartes différentes activées par l'orientation, la couleur, le mouvement, les contours, etc. du stimulus). Les groupes neuronaux qui répondent de façon indépendante avec un même pattern temporel (ce qui est par ex. le cas lorsque, comme le veut la physique, les différentes parties d'un objet bougent en même temps), vont se trouver progressivement corrélés, liés, synchronisés. De ce fait, l'activation de l'un entraîne l'activation de l'autre et ils forment ensemble une sorte de système. Ce mécanisme pourrait constituer la base, au niveau neurobiologique de ce qui, au niveau psychologique, pourrait être décrit comme l'*interaction* entre processus, c'est à dire le mécanisme par lequel le déroulement d'un processus peut être affecté par le déroulement d'un autre processus, activé au même moment à propos d'un même objet ou d'une même transformation (cf. Lautrey, 1990; 1991; 1993; Lautrey et al, à paraître). Dans le même ordre d'idées, ce mécanisme serait un bon candidat pour fournir les bases neurobiologiques d'un processus d'équilibration (Piaget, 1975). Dans les deux cas, le mécanisme de réentrée pourrait rendre compte de certains aspects du développement et donner quelques idées sur les moyens de dépasser une des limitations qui ont été relevées dans les approches précédentes, celle qui concerne la question des relations entre processus.

## **Discussion**

Comme le suggérait le titre, les relations entre la psychologie et la théorie de l'évolution paraissent être entrées dans une nouvelle phase. Dans la période qui a marqué la naissance de la psychologie différentielle avec la contribution de Galton, l'étude des différences individuelles de comportement avait pour objectif d'apporter des éléments de confirmation à la théorie Darwinienne sur son propre terrain, celui de l'évolution des espèces. Depuis quelques années, on observe plutôt une tendance à utiliser le cadre conceptuel de la théorie de l'évolution pour comprendre les lois générales du fonctionnement des organismes vivants.

Le rapprochement des différents emprunts de la psychologie et de la neurobiologie à la théorie de l'évolution permet de cerner de façon plus précise « l'air du temps » auquel il était fait allusion dans l'introduction. Dans tous les cas, le renouvellement a consisté à transposer le raisonnement que Darwin a appliqué à des populations d'individus, à des populations d'éléments se situant à un autre niveau d'observation. Le Darwinisme neuronal fait porter le raisonnement sur des populations de neurones (Changeux, 1983) ou de groupes de neurones (Edelman, 1987). Skinner (1981) a fait porter le raisonnement sur des populations de comportements, Reuchlin (1978) sur des populations de processus, Siegler (1994) sur des populations de stratégies. On pourrait allonger la liste en ajoutant, par exemple, Di Sessa (1993), qui fait porter le raisonnement sur des populations de « primitives ».

Le postulat commun de ces différentes transpositions est que certains des concepts de la théorie de l'évolution des espèces définissent des propriétés qui caractérisent en fait les mécanismes d'adaptation du vivant, à tous ses niveaux d'organisation. Les mécanismes sont bien entendu différents dans chaque cas, mais les principes généraux qui régissent l'adaptation sont les mêmes. Ils accordent un rôle central à des mécanismes qui engendrent de la variabilité, de la diversité au sein de la population d'éléments considérés (neurones, comportements, processus, individus) et à des mécanismes de sélection qui retiennent, au sein de cette population, les éléments qui satisfont à certaines grandes contraintes -génétiques et environnementales - auxquelles le système est soumis. La particularité des formes d'adaptation propres au vivant, quel que soit le niveau d'observation considéré, serait donc de miser sur la multiplication des possibles pour ne fixer qu'*a posteriori*, en fonction des conséquences, les structures qui marchent.

Dans leur version transposée, les concepts de la théorie de l'évolution ne constituent pas, à mes yeux, une théorie structurée. Ils fournissent plutôt une métaphore qui peut, au

mieux, constituer un cadre épistémologique susceptible de faciliter les échanges entre certaines des sous-disciplines de la psychologie ou entre disciplines relatives au vivant, par exemple entre psychologie et neurobiologie. L'intérêt des métaphores de ce genre est aussi de suggérer des orientations de recherche dont on verra bien, par la suite, si elles sont ou non sélectionnées par le milieu scientifique (ce qui est une façon de suggérer que l'on pourrait inclure Popper dans l'air du temps dont il est question ici).

En mettant l'accent sur la spécificité des formes d' « adaptation » propres au vivant, ce cadre épistémologique met en question l'orientation fonctionnaliste<sup>5</sup> qui domine actuellement la psychologie cognitive. Cette spécificité a pour caractéristique essentielle de minimiser autant que faire se peut la part des relations et structures fixées *a priori* entre les éléments considérés, pour maximiser la part laissée à leur sélection *a posteriori*, en fonction des conséquences. Comme le souligne Edelman (1992), cette particularité situe les formes d'adaptation du vivant aux antipodes des formes d' « adaptation » privilégiées par les modèles de traitement de l'information qui prescrivent *a priori*, par des instructions, ce que le système doit faire dans telle et telle circonstance (c'est l'essence même de la notion de programme). Cette contradiction conduit à conclure que, dans la phase actuelle, l'interface avec la neurobiologie est plus prometteuse pour le développement de la psychologie cognitive que l'interface avec l'intelligence artificielle.

Du fait que le cadre conceptuel de la théorie de l'évolution place la variabilité au coeur des mécanismes adaptatifs, les différences individuelles sont une conséquence - indissociable - de cette loi générale. C'est, au bout du compte, cette spécificité du vivant qui justifie l'intégration de l'étude des différences individuelles dans la recherche fondamentale et c'est la raison pour laquelle cet « air du temps » paraît de nature à faciliter et à accélérer ce processus. De ce point de vue, la prise en compte du rôle de la variabilité dans le fonctionnement et le développement cognitifs n'a plus de raison d'être spécifique à une sous-discipline de la psychologie, mais concerne la psychologie dans son ensemble. Ceci devrait contribuer à estomper les frontières actuelles entre certaines des sous-disciplines de la psychologie, notamment les psychologies développementale, expérimentale, et différentielle.

---

<sup>5</sup>Le sens donné ici au terme « fonctionnaliste » est différent de celui qui lui était donné lorsqu'il était question, au début de ce texte, du fonctionnalisme de William James. Le point commun aux deux significations de ce terme est l'accent mis sur la fonction d'un comportement, mais lorsqu'il est employé à propos de la psychologie cognitive, le terme « fonctionnaliste » est connoté par une option plus radicale qui consiste à considérer que puisqu'une même fonction peut être simulée par plusieurs sortes de mécanismes, et notamment par des mécanismes artificiels comme ceux des machines à traiter l'information, on peut modéliser une fonction psychologique sans se soucier des mécanismes spécifiques -ici neuronaux- par lesquels elle est mise en oeuvre.

Du point de vue des orientations de recherche enfin, ce cadre épistémologique devrait conduire à accorder plus d'attention qu'on ne l'a fait jusqu'ici au rôle de la variabilité intra-individuelle d'une part, et d'autre part aux différentes sortes de relations possibles entre les multiples processus susceptibles d'entrer en compétition dans le fonctionnement cognitif.

Tout comme la première phase des relations entre psychologie et théorie de l'évolution a conduit à étudier la variabilité interindividuelle, cette seconde phase me semble conduire à étudier de beaucoup plus près la variabilité intraindividuelle, qui se trouve en quelque sorte en amont, au coeur du fonctionnement des organismes vivants. La psychologie différentielle a jusqu'ici plutôt cherché à minimiser cette forme de variabilité pour isoler des différences de comportement stables, mais même lorsqu'on trouve une stabilité intraindividuelle *du comportement*, cela ne signifie pas qu'il y ait stabilité intraindividuelle *des processus*. La remarque de M. Richelle (1995) à propos de Skinner me paraît valoir tout autant pour les transpositions cognitivistes du cadre conceptuel de la théorie de l'évolution que pour Skinner. Il nous faut maintenant comprendre les mécanismes de la variabilité intraindividuelle des processus et presque tout reste à faire là-dessus.

Enfin, à partir du moment où l'on admet que plusieurs « processus », « primitives » « stratégies », etc, sont en compétition pour remplir une même fonction, la question se pose des relations qu'ils entretiennent. Simples possibilités de substitution, complémentarité, ou interaction au sein d'un même système fonctionnel? Du point de vue du développement, c'est la troisième de ces possibilités qui me paraît la plus intéressante, ce qui n'exclut évidemment pas l'existence des deux autres. Je penche en somme pour une version structuraliste de ce neo-Darwinisme, version dans laquelle la sélection porte sur des ensembles de processus co-activés plutôt que sur des processus individuels (Lautrey, 1990; 1991). Le système que forment plusieurs processus co-activés (simultanément ou en alternance rapide) et en *interaction* présente toutes les caractéristiques d'un système dynamique dès lors que la dimension temporelle est introduite, c'est à dire un système au sein duquel les changements dans chacune des variables affectent les changements dans chacune des autres variables. De tels systèmes sont susceptibles d'auto-organisation et il semble que l'on puisse simuler certains aspects du développement cognitif par la modélisation de leur fonctionnement (Van der Maas & Molenaar, 1992; Van Geert, 1994).

Néanmoins tous les processus en compétition ne sont pas nécessairement pertinents, et parfois, ceux dont la probabilité d'évocation est la plus forte sont précisément les moins adaptés à une situation nouvelle. Ceci appelle d'autres formes de régulation des relations

entre les processus en jeu et plaide pour accorder aussi à l'étude des processus d'inhibition et à leur développement, plus d'intérêt qu'on ne l'a fait jusqu'ici (Björklund & Harnishfeger, 1990; Dempster, 1991; Houdé, 1995, Pascual-Leone, 1987).

## Bibliographie

- Björklund, D.F., & Harnishfeger, K.K. (1990). The resources construct in cognitive development : Diverse sources of evidence and a theory of inefficient inhibition. *Developmental Review, 10*, 48-71.
- Changeux, J.P. (1983). *L'Homme Neuronal*. Paris: Fayard.
- Dempster, F.N. (1991). Inhibitory processes: A neglected dimension of intelligence. *Intelligence, 15*, 157-173.
- Di Sessa (1993). Towards an epistemology of physics. *Cognition and instruction, 10* (2&3), 105-225.
- Edelman, G.M. (1987). *Neural Darwinism: The theory of neural group selection*. New-York: Basic Books.
- Edelman, G.M. (1989). *The remembered present*. New-York: Basic Books.
- Edelman, G.M. (1992) *Biologie de la conscience*. Paris: Odile Jacob
- Houdé, O. (1995). *Développement, Rationalité et Inhibition*. Document de synthèse présentée en vue de l'Habilitation à Diriger des Recherches. Université René Descartes - ParisV.
- Lautrey, J. (1990). Esquisse d'un modèle pluraliste du développement cognitif. In M. Reuchlin, J. Lautrey, C. Marendaz, T. Ohlman (Eds). *Cognition : l'Individuel et l'Universel*. Paris : P.U.F. 185-216.
- Lautrey, J. (1991). Les chemins de la connaissance. *Revue Française de Pédagogie*, n° 96, 55-66
- Lautrey, J. (1993). A plea for a pluralistic approach of cognitive development. In R. Case & W. Edelman (Eds.), *The new structuralism in cognitive development: Theory and research in individual pathways. Contributions in Human Development* (Vol. 23). Basel: Karger.
- Lautrey, J., Bonthoux, F., & Pacteau, C. (à paraître). Le traitement holistique peut-il guider le traitement analytique dans la catégorisation des visages? *L'Année Psychologique*.
- Ohlmann, T. (1995). Processus vicariants et théorie neutraliste de l'évolution: une nécessaire convergence. In J. Lautrey (Ed), *Universel et Différentiel en Psychologie*. Paris: PUF.
- Maltzman, I. (1955). Thinking: from a behavioristic point of view. *Psychological Review, 62*, 275-286.
- Pascual-Leone, J. (1987). Organismic processes for Neo-Piagetian theories: A dialectical causal account of cognitive development. *International Journal of Psychology, 22*, 531-570.
- Reuchlin, M. (1978). Processus vicariants et différences individuelles. *Journal de Psychologie*, n°2, 133-145.
- Richelle, M. (1995). Eloge des variations. In J. Lautrey (Ed), *Universel et Différentiel en Psychologie*. Paris: PUF.
- Siegler, R.S. (1984). Mechanisms of cognitive growth: Variation and selection. In R.J. Sternberg (Ed.), *Mechanisms of cognitive development*. New-York: Freeman and Co, pp. 141-162.
- Siegler, R.S. (1994). Cognitive variability: A key to understanding cognitive development. *Current Directions in Psychological Science, 3*(1), 1-5.
- Siegler, R.S., & Campbell, J. (1989a). Individual differences in children's strategy choices. In P. Ackerman, R.J. Sternberg, & R. Glaser (Eds), *Learning and individual differences*. New-York: Freeman and Co.
- Siegler, R.S., & Jenkins, E. (1989b). *How children discover new strategies*. Hillsdale: Erlbaum.
- Siegler, R.S., & Shrager, J. (1986). Strategy choices in addition and subtraction. In C. Sophian (Ed), *Origin of cognitive skills*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Skinner, B.F. (1972). *Par delà la liberté et la dignité*. Paris: Robert Laffont.
- Skinner, B.F. (1981). Selection by consequences. *Science, 213*, 501-504.
- Skinner, B.F. 1984). Selection by consequences. *The Behavioral and Brain Sciences, 7*, 477-510.
- Van der Maas, H.L.J., & Molenaar, P.C.M. (1992). Stagemwise cognitive development: an application of catastrophe theory. *Psychological Review, 99* (3), 395-417.
- Van Geert, P. *Dynamic systems of development: Change between complexity and chaos*. London: Harvester Wheatsheaf.