

ENCYCLOPÉDIE DE LA PLÉIADE

PSYCHOLOGIE



VOLUME PUBLIÉ SOUS LA DIRECTION
DE JEAN PIAGET, PIERRE MOUNOUD
ET JEAN-PAUL BRONCKART

CE VOLUME, LE QUARANTE-SIXIÈME DE
L'« ENCYCLOPÉDIE DE LA PLÉIADE »,
PUBLIÉE AUX ÉDITIONS GALLIMARD,
A ÉTÉ ACHEVÉ D'IMPRIMER SUR BIBLE
SCHOELLER ET HOESCH, LE VINGT DÉCEMBRE
MIL NEUF CENT QUATRE-VINGT SIX
SUR LES PRESSES DE L'IMPRIMERIE
TARDY QUERCY S. A A BOURGES

LES BASES
NEUROPHYSIOLOGIQUES
DES CONDUITES

INTRODUCTION

Nous tenterons dans un premier temps de définir un cadre général aux problématiques de l'organisation du système nerveux. À cette fin, nous nous baserons principalement sur le chapitre de Paillard relatif aux fonctions d'organisation, et sur les ouvrages récents publiés par Atlan (1979) et Changeux (1983).

En abordant cette partie de l'ouvrage, le lecteur imaginera probablement qu'il ne sera plus confronté aux concepts et aux problèmes habituellement attribués en propre à la psychologie comme ceux de pulsion, de rêve, de conscience, de subjectivité, d'objets mentaux ou de représentation, d'autant plus que certains d'entre eux ont été violemment combattus sur le terrain même de la psychologie, comme celui de la conscience. Mais il n'en est rien : ces concepts ont fait irruption dans le domaine de la neurophysiologie, voire même de la biologie moléculaire suite à un *changement radical de point de vue*, et le lecteur ne devra pas trop s'étonner en découvrant les préoccupations de la biologie moléculaire relatives aux rêves de la bactérie ! D'ailleurs, et ce n'est peut-être pas qu'une coïncidence, il est également question de changements de points de vue attribués cette fois aux organismes vivants. Ces changements de points de vue correspondraient aux changements de niveaux hiérarchiques d'intégration d'une information donnée que réalise un organisme (Atlan, 1979). L'organisme constitué par le corps des chercheurs scientifiques présente donc quelques ressemblances dans ses fonctions et son évolution avec tout organisme vivant !

Le changement de point de vue intervenu dans les sciences du cerveau nous semble tenir tout d'abord au

rejet catégorique actuel de toute thèse *idéaliste* au profit de thèses *matérialistes* ou mécanistes, ce que Changeux exprime en affirmant que « l'identité entre états mentaux et états physiologiques ou physico-chimiques du cerveau s'impose en toute légitimité » (Changeux, 1983, p. 364). Il s'agit pour Changeux de construire une passerelle, aussi fragile soit-elle, qui permette de passer du neural au mental ou encore de jeter une échelle contre les murs de la « Bastille » du mental. La conception matérialiste peut être considérée comme dominante dans les *neurosciences* et l'on n'essaie plus d'opposer au biologique quelque chose que l'on appellerait le psychique ou le mental, mais de trouver comme le dit Roll « une explication rationnelle de l'enracinement des conduites dans une bio-logique ». En nous gardant bien de faire de l'esprit, nous ne résistons pas à l'envie de citer la formule de Changeux « l'homme n'a dès lors plus rien à faire de l'« Esprit », il lui suffit d'être un homme neuronal » (Changeux, 1983, p. 227). Selon Atlan, cette sorte de « néomécanisme » serait fort différent du matérialisme mécaniste du XIX^e siècle ; il serait principalement déterminé par l'apparition des ordinateurs qui ont conduit « à considérer les organismes vivants comme des machines d'un type particulier, dites machines naturelles, par référence aux machines artificielles conçues et fabriquées par des hommes ». (Atlan, 1979, p. 39.) Mentionnons toutefois que les controverses actuelles portent d'avantage sur l'adoption ou le rejet de thèses réductionnistes que sur l'opposition entre idéalisme et matérialisme. De nombreux autres facteurs interviennent dans ce changement de point de vue, cette révolution des sciences du cerveau.

— En premier lieu, un certain nombre de découvertes, comme en particulier celle de la synapse et de ses fonctions, que Changeux n'hésite pas à comparer à celle de l'atome ou de l'ADN, celle de plusieurs catégories nouvelles de neurotransmetteurs ou encore celle du clonage des gènes en génétique moléculaire.

— Le caractère multidisciplinaire de la recherche contemporaine sur le cerveau qui a précisément donné naissance aux sciences du système nerveux ou neurosciences.

— L'apparition de toute une série de méthodes nou-

velles telles que l'idéographie réalisée au moyen de la caméra à positrons, la scannographie, la résonance magnétique nucléaire, la tomодensitométrie, etc...

Nous examinerons aussi une autre origine possible de ce changement de point de vue. Il s'agit d'un changement profond au niveau conceptuel, en particulier au niveau des modèles utilisés par les chercheurs pour aborder leur objet d'étude. Comme le souligne Paillard, les *modèles linéaires* tels que ceux issus de la théorie de l'information ont été progressivement abandonnés au profit de *modèles circulaires* (rétroactions, boucles en retour). De l'étude d'un organisme relié à son milieu par des échanges unilatéraux, voire même coupé de ses liens avec l'environnement, étude ignorant par conséquent la dimension fonctionnelle des comportements, on en est venu à concevoir cet organisme comme indissociablement lié aux différents milieux avec lesquels il interagit. C'est ce qu'on appelle généralement l'« approche systémique ». Dans son chapitre, Karli montre effectivement les différences entre l'étude d'un organisme dialoguant avec son milieu, et par là même ouvert sur sa propre histoire, et l'étude d'un organisme isolé de son environnement et sans référence à l'expérience passée. Certainement avec sagacité, il n'en conclut pas à la supériorité d'une approche sur l'autre mais utilise au contraire la différence de conditions expérimentales pour mettre en évidence le rôle de certaines structures cérébrales.

De toute manière, un tel changement ne se réalise pas d'un seul coup mais progressivement et on trouvera dans les chapitres qui vont suivre autant de considérations inspirées par des modèles linéaires que par des modèles circulaires ou systémiques. Comme l'écrit Paillard, en se référant au pragmatisme de la pensée biologique, « les nouveaux courants théoriques n'ont pas encore suffisamment pénétré la pensée biologique au point de susciter l'abandon des modèles issus de la théorie de l'information, modèles qui orientent encore aujourd'hui de façon dominante les travaux des expérimentalistes » et, ajouterons-nous, il faut peut-être s'en féliciter.

Voyons maintenant en quoi ce changement a entraîné des modifications radicales dans la manière d'aborder les problèmes. La nouveauté de l'approche systémique

réside dans le fait qu'il n'est plus possible de considérer un système isolément de ceux qui le composent ou de ceux qui l'incluent, ni du point de vue d'une seule catégorie d'unités ou d'un seul niveau d'analyse. Les différents niveaux d'analyse ne prennent de sens que les uns par rapport aux autres. C'est de cette manière par exemple que l'organisme est actuellement considéré comme indissociablement lié à ses environnements, la signification fonctionnelle des comportements ne pouvant être trouvée, comme le dit Paillard, « que dans la dynamique du couplage organisme-environnement » ; on pourrait transposer cette affirmation à un autre niveau d'analyse en parlant par exemple de la dynamique des couplages molécules-cellules, des couplages cellules-collections de cellules, ou encore des couplages collections de cellules-organes.

Or il faut se demander maintenant comment sont réalisés ces couplages ou enboîtements entre différents niveaux hiérarchiques d'organisation. Pour qu'il y ait couplage entre deux systèmes (hiérarchisés), il faut qu'il existe, ou que s'établissent, des *mises en correspondances* ou des covariations entre eux. Une façon de rendre compte de ces correspondances entre deux systèmes consiste à leur attribuer des *capacités de reconnaissance ou d'identification*. Il faut donc que les systèmes soient capables de reconnaître, d'identifier ce qui leur est semblable. Les différentes unités d'organisation sont effectivement caractérisées actuellement par leurs possibilités de reconnaissance ou d'identification, depuis le niveau cellulaire jusqu'au niveau des collectivités d'organismes. On parlera aussi bien des capacités de reconnaissance de la molécule que de celles d'un individu en passant par les unités modulaires d'un système.

Le problème se pose alors de l'origine des capacités de reconnaissance et d'identification, en tant que propriétés fondamentales attribuées aux différents éléments d'un système, ce qui revient au problème de l'origine de l'organisation interne du système nerveux. S'agit-il de potentialités génétiquement déterminées ou ces capacités sont-elles construites par les systèmes au travers de leurs activités ?

Pour aborder cette question il est nécessaire d'introduire une distinction relative aux différentes descrip-

tions qui peuvent être données des éléments ou unités d'un système et de leur organisation. Elles peuvent s'exprimer soit en terme de structure, soit en terme de processus ou de fonctionnement.

— En terme de structure c'est la distribution spatiale des éléments et leurs liaisons qui sont prises en considération pour définir « la structure de connectivité du système ».

— En terme de processus, ou de fonctionnement, c'est l'organisation des activités (ou des changements d'états) des éléments du système qui est envisagée.

Relativement à la description de l'*organisation structurale* des connexions neuronales, il semble exister des divergences importantes de conception et d'interprétation. Dans son chapitre, Paillard considère cette structure de connectivité comme modifiable. Il y aurait selon lui « plasticité connexionnelle des circuits nerveux », « modification du plan de câblage génétiquement prédéterminé », « modifications induites par les contraintes extérieures », en d'autres termes « remodelage du réseau des connexions synaptiques ».

La conception développée par Paillard se réfère au modèle initial proposé par Atlan (1972) de création d'ordre ou de complexité par le bruit. S'appuyant sur cette conception, Paillard considère que les effets organisateurs du bruit, encore appelés les agressions aléatoires du milieu, agiraient *durant la phase de croissance et de maturation de ces connexions*.

Cette conception est en opposition avec celle développée par Changeux (1983) et à laquelle Paillard fait également référence. Pour Changeux, la disposition des neurones ainsi que leurs connexions préexistent à l'interaction avec le monde extérieur et les agencements synaptiques sont préformés (p. 329). Imbert (1984) également considère que « l'ordre des connexions internes obéit à une logique propre, indépendante du fonctionnement des appareils sensoriels distaux » de même que la spécificité des neurones, visuels tout au moins, se développe indépendamment de toute expérience visuelle, « l'ordre global des connexions n'est que l'expression phénotypique correcte du programme génétique » note encore Imbert, en rajoutant que ces connexions initiales sont cependant labiles.

Dans cette deuxième conception, et toujours du point de vue structural, comment faut-il comprendre cette labilité mentionnée par Imbert ? Quel rôle Changeux accorde-t-il à l'activité, à l'expérience, au fonctionnement ? A ce propos Changeux a formulé une hypothèse dite de la *stabilité sélective* selon laquelle le fonctionnement, l'expérience, stabiliserait certaines combinaisons synaptiques préexistantes et surtout en éliminerait d'autres. « Au cours du développement, une fois achevée la dernière division des neurones, les arborisations axonales et dendritiques bourgeonnent et s'épanouissent de manière exubérante. A ce stade « critique », la connectivité du réseau devient *redondante*, mais cette redondance est *transitoire*. Des phénomènes régressifs interviennent rapidement. Des neurones meurent. Puis l'élagage d'une fraction importante des branches axonales et dendritiques a lieu. Des synapses actives disparaissent » (Changeux, p. 301).

Ce modèle épigénétique est confirmé par un certain nombre de données expérimentales comme celles relatives aux cellules pyramidales du macaque dont le développement a été décrit, non sans humour, comme devenant successivement « chevelu » puis « épineux » et enfin « supra épineux ». Cette prolifération dendritique aboutit au stade d'hyperinnervation. Au cours des mois qui suivent, le nombre de ces épines ne fera que décroître. Il en est de même chez le raton qui, à la naissance, présente un état d'hyperinnervation des fibres musculaires et un chevauchement des territoires innervés. Puis au cours de l'apprentissage de la marche, le nombre de ces terminaisons diminuera. « L'élimination de terminaisons actives s'accompagne d'un accroissement de l'ordre du système. » D'autres expériences ont montré que la paralysie de l'animal prolonge l'état de redondance. Dans ce modèle, tout l'accent est ainsi mis sur des phénomènes régressifs qui sont, comme on vient de le voir, directement reliés à l'activité, au fonctionnement de l'organisme. Ces phénomènes interviennent *après la phase de croissance et de maturation* des connexions et *seulement pour éliminer, élaguer ou stabiliser*, ce qui se traduit par conséquent par une augmentation de l'ordre du système. Cette conception diverge donc de celle selon laquelle c'est avant tout la prolifération dendritique qui

est considérée comme résultant des activités de l'organisme ou de l'influence de l'environnement. Signalons que ces deux conceptions ne sont pas nécessairement exclusives et qu'elles pourraient tout aussi bien se révéler complémentaires. Imbert, quant à lui, pense que l'hypothèse de la stabilisation sélective paraît satisfaisante pour certains systèmes où le stade final est caractérisé par une mono-innervation, mais qu'elle ne permet pas d'éliminer définitivement d'autres possibilités dans des systèmes qui restent multi-innervés à la fin de leur croissance comme les cellules du cortex visuel. Quoi qu'il en soit, les avis restent partagés.

Du point de vue de la description de l'*organisation dynamique* des éléments du système il existe des divergences d'interprétation comparables aux précédentes.

Pour Changeux, l'activité de populations ou « assemblées » de neurones se met en place, de même que s'établissent des couplages, combinaisons et enchaînements entre ces différentes populations. C'est à nouveau le fonctionnement, l'expérience, qui sélectionnerait certaines combinaisons de connexions « sans que soit requise aucune synthèse « induite » de structures nouvelles » (p. 304). Changeux ajoute que les règles de ces changements, de ces combinaisons, sont « évidemment contraintes par le mode de câblage de la machine cérébrale qui de ce fait impose sa "grammaire" » (pp. 187-188). À ces populations, ou assemblées de neurones, Changeux fait correspondre ce qu'il appelle des objets mentaux. Il regroupe sous cette dénomination les sensations, les perceptions, les images mentales et les concepts. Il mentionne enfin qu'on ignore encore les mécanismes cellulaires et moléculaires précis de stabilisation et d'évocation de ces assemblées de neurones (p. 190), de même que ceux des traces ou engrammes qui persistent entre deux évocations d'une image mentale par exemple. Il se demande s'il existe un « organe » cérébral qui conserve les éléments d'une image mentale servant à l'activation d'assemblées de neurones ou si c'est la totalité du cortex cérébral qui participe à la mise en mémoire et à l'activation des objets mentaux (p. 224). Le chapitre de Soumireu-Mourat apporte des éléments de réponse à ce problème.

Pour Paillard la mise en place des connexions neuro-

nales (circuits d'assistance, circuits fonctionnels, dispositifs stabilisateurs) s'effectue sous l'influence conjointe des systèmes sensoriels de voies spécifiques et les systèmes de voies diffuses. Les systèmes de voies spécifiques, qui véhiculent des informations que Paillard qualifie d'organisées, définiraient la forme ou structure des collectivités neuronales. Les systèmes de voies diffuses qui véhiculent des informations qualifiées d'aléatoires ou de non-organisées fourniraient à ces collectivités neuronales leur matière ou contenu. On voit à nouveau comment pour Paillard il y aurait induction de structures nouvelles.

La présentation qui précède devrait souligner la parenté qui relie Paillard aux grands thèmes de ce qu'il appelle la « saga piagétienne », en particulier à celui de la construction de structures nouvelles, position antagoniste à celle adoptée par Changeux comme on vient de le voir. Sur le terrain psychologique nous avons nous-même fortement critiqué la conception de Piaget relative à ce problème de la construction de structures, structures que nous avons également suggéré de considérer comme préformées ou préconstruites (Mounoud, 1979, 1981). Le rôle de l'expérience se situerait par contre au niveau de l'élaboration de systèmes de représentations ou de significations qui correspondent aux objets mentaux précédemment définis.

Compte tenu de l'importance accordée par Paillard au modèle d'Atlan, il nous paraît nécessaire de présenter brièvement quelques-unes des difficultés rencontrées par Atlan relativement à son modèle initial (Atlan, 1972) et qu'il a analysées dans son dernier ouvrage (Atlan, 1979). Comme il l'exprime lui-même, il considère rétrospectivement que « les notions d'ordre, de complexité et d'organisation n'étaient pas dépourvues d'ambiguïté » (Atlan, 1979, p. 74). Ces difficultés sont inhérentes aux limites de la théorie de l'information adoptée initialement par Atlan. La théorie de l'information s'est développée sans se préoccuper du sens, de la signification de l'information (voir cependant plus loin, Viviani, pp. 1666 et suivantes). Or Atlan s'est progressivement rendu compte qu'il n'était pas possible de faire cette économie pour essayer de comprendre l'organisation du vivant. Pour tenter de résoudre ce problème il a intro-

duit dans son modèle le concept de « points de vue » auquel nous avons déjà fait allusion au début de cette introduction. Ces points de vue ont tout d'abord été qualifiés par lui d'intérieurs et d'extérieurs au système-organisme. Mais, relativement à une organisation hiérarchique, ils deviennent intérieurs au système et sont attribués aux différents niveaux d'intégration du système, ce qu'Atlan a exprimé de la manière suivante : « Cet observateur extérieur au système c'est en fait, dans un système hiérarchisé, le niveau d'intégration supérieur ». La notion de point de vue comporte nécessairement celle de signification qui est définie par Atlan à partir des effets de l'information sur la structure et les fonctions du systèmes. Mais, étant donné qu'il y a différents points de vue ou niveaux d'intégration, le même message physique a des sens différents « suivant le niveau auquel elle est reçue dans le système ». En dépit de ces difficultés Atlan n'abandonne pas pour autant son « principe de complexité par le bruit » ; c'est, écrit-il, « la façon détournée que nous avons d'introduire les effets du sens, la signification dans une théorie quantitative de l'organisation » (p. 88). Le « détour » se justifie-t-il toujours en fonction des difficultés rencontrées, d'autant plus qu'Atlan mentionne un autre problème tout aussi délicat que le précédent, celui de la fermeture informationnelle du système-organisme.

A ce propos, Maturana développe dans son chapitre une conception selon laquelle l'ordre interne au système nerveux est stable et caractéristique de ce qu'il appelle une stationnarité dynamique. Or pour Paillard, comme nous l'avons déjà mentionné, les capacités auto-constructrices du système nerveux proviennent d'interactions informationnelles entre l'organisme et ses milieux. Il défend l'idée d'un accroissement d'ordre à partir du bruit et celle d'un hasard organisationnel précisant bien toutefois que l'« aléatoire ou l'imprévisible ne sont définissables qu'en termes d'incapacité de la structure d'accueil à reconnaître un ordre ou une régularité dans les phénomènes observés ». A l'opposé, Maturana, qui refuse la thèse de l'accroissement d'ordre au sein du système nerveux, rejette les notions d'échange d'informations, d'interactions instructives et de transfert d'information. Il ne les considère comme valables que

dans le domaine de la description, d'un point de vue qu'il qualifie de métaphorique. Ces notions sont pour lui l'expression de l'incertitude cognitive de l'observateur, la quantité d'information contenue dans un système étant fonction de l'ordre qui y règne. Comme, dans l'hypothèse de Maturana, cet ordre est stable, la quantité d'information est par conséquent invariable.

Examinons maintenant comment Maturana analyse les échanges entre le système nerveux et ses différents milieux (y compris l'organisme). Maturana se place dans une perspective systémique non généralisée dans le sens où il considère bien le système nerveux, l'organisme, les milieux comme des systèmes, mais pour lui ces différents systèmes sont isolés. A aucun moment il ne considère l'organisme et ses milieux comme un seul système ou comme interdépendants. Ces systèmes sont constitués par des composantes (ou sous-systèmes); ils sont définis par une organisation qui a comme caractéristique fondamentale l'homéostasie. Ainsi l'organisation d'un système maintient invariables certaines relations entre ses composantes (sous-systèmes). Chaque configuration ou morphologie particulière que peuvent prendre ces composantes est appelée « état structural ». Le système nerveux est défini comme un système à états déterminés par des agents perturbateurs extérieurs. Les composantes définissent l'ensemble des interactions possibles que ce système peut entretenir ainsi que ce qui est appelé « l'espace du système » ou son domaine de référence.

D'une certaine façon le modèle théorique de Maturana doit être vu dans la perspective des « simulations » au sens large telles qu'elles seront définies dans l'introduction de la partie suivante.

Les communications entre deux systèmes sont analysées en terme de « couplages » qui s'effectuent entre des séries de changements d'états structuraux propres à chacun des systèmes (indépendants). Les couplages se réalisent grâce aux *concomitances* entre les deux séries. Les deux systèmes deviennent structurellement couplés au cours de l'ontogenèse à partir d'un fonctionnement initialement indépendant. Dans cette perspective les organismes communicants ne spécifient pas les états structuraux les uns des autres. Ce qui est spécifié selon Maturana ce sont des séquences d'états synchronisés entre deux organismes.

Cette spécification est supposée s'effectuer par sélection. Quant à la représentation, elle n'est pas concevable, toujours selon Maturana, à l'intérieur du système nerveux qui est qualifié d'uniforme. A travers ces quelques lignes, nous espérons avoir explicité sans le trahir le point de vue de Maturana relatif à la stabilité dynamique.

Par contre, dans la conception présentée par Paillard, ces structures nerveuses seraient capables de reconnaître des configurations d'activités. On a vu comment il était nécessaire d'introduire dans le système nerveux des sous-système capables de représentation ; certaines de ces représentations sont génétiquement déterminées et d'autres acquises au cours du développement. Il semble effectivement nécessaire de distinguer au sein du système nerveux des sous-systèmes suffisamment autonomes pour réaliser des fonctions différentes comme celles de représentation ou de mémoire. Il y a donc désaccord entre la conception de Maturana, pour lequel la représentation appartient uniquement au domaine de la description, et celles précédemment évoquées.

Différents aspects de la problématique générale relative à l'organisation du système nerveux et à son développement seront traités de façon plus strictement reliée à des données expérimentales dans les autres chapitres que nous allons présenter maintenant.

Dans son chapitre sur les fonctions de prise d'information, Roll illustre bien les différents niveaux de traitement que subissent les informations prélevées dans le milieu. Ces traitements débutent au niveau des récepteurs sensoriels qui fonctionnent comme des filtres sélectifs. C'est ainsi qu'un récepteur sensoriel ne retiendra que quelques traits caractéristiques de la réalité stimulante. Les récepteurs ne sont sensibles qu'à une partie des événements physico-chimiques qui les atteignent et peuvent être définis comme des détecteurs de caractéristiques. Ensuite, au niveau des relais des grandes voies ascendantes, les informations sensorielles vont également subir diverses transformations dues, en particulier, à l'activité de certaines aires cérébrales. Par exemple, les aires motrices peuvent élever ou abaisser des seuils, changer la taille des champs récepteurs périphériques ou encore privilégier l'accès cortical de telle ou telle information.

Au niveau des aires corticales primaires et associatives, les modules effectuent à leur tour un traitement de ces informations qui vise « à extraire les principaux attributs des stimuli périphériques (intensité, durée, localisation, direction, etc) ». Comme le souligne Roll, on constatera que les traitements réalisés par les modules présentent des analogies avec ceux réalisés par les récepteurs sensoriels périphériques. À ce niveau cortical, les messages sensoriels donnent lieu à plusieurs traitements en parallèle. Les aires motrices reçoivent également des messages sensoriels traités par des modules qualifiés de sensori-moteurs qui vont intervenir par ailleurs dans les commandes motrices. Ces modules sont à leur tour sous le contrôle de structures hiérarchiques plus élevées. On constatera au passage la profonde interpénétration des versants sensoriels et moteurs.

Soulignons enfin que certains neurones corticaux, en particulier des aires somesthésiques primaires, ne répondent qu'à des stimulations périphériques complexes, c'est-à-dire issues de plusieurs catégories de récepteurs. Ils sont de ce fait appelés « complexes » et correspondent à un niveau d'intégration encore supérieur.

Dans la deuxième partie de son chapitre, Roll illustre et approfondit les fonctions de prise d'information relativement au vieux problème du « sens musculaire » redevenu d'actualité par de récentes découvertes. À ce sujet, il entraîne le lecteur dans une succession de rebondissements digne des meilleurs romans policiers. Roll introduit également des données intéressantes relatives au problème des capacités de reconnaissance de diverses unités du système nerveux. Au niveau cortical, il existerait des collectivités neuronales qui seraient le support de « cartes de représentation » de « formes motrices », cartes constituées au cours des apprentissages de différents mouvements. Comme exemple particulier, nous citerons le cas où une stimulation vibratoire des terminaisons sensorielles primaires des fuseaux neuromusculaires, a comme effet de produire l'apparition d'une perception illusoire de mouvement ; un tel résultat permet de supposer l'existence de « cartes » susceptibles de reconnaître des messages sensoriels complexes. Un résultat encore plus surprenant montre que ces reconnaissances ou interprétations varient en fonc-

tion des conditions contextuelles, en particulier des conditions posturales. Il s'agit là d'une belle démonstration de la « plasticité fonctionnelle des réseaux nerveux qui se superpose à leur rigidité structurale ».

Après avoir lu le chapitre de Roll, il devrait être difficile d'imaginer que les informations qui atteignent l'organisme puissent donner lieu à un enregistrement passif intégral. Or, comme on le découvrira dans le chapitre de Soumireu-Mourat, les neurophysiologistes qui se sont intéressés aux fonctions de stockage de l'information ont conservé longtemps l'hypothèse d'un enregistrement intégral des informations, hypothèse dictée par un empirisme tenace. Il aura fallu des années de recherche pour écarter l'idée d'un enregistrement passif des données et pour reconnaître à l'organisme un rôle actif dans l'organisation de l'information, non seulement pour son utilisation plus ou moins immédiate ou directe, mais également relativement à sa conservation. Soumireu-Mourat expose de façon très saisissante la persistance de théories qui supposent un enregistrement fidèle et exhaustif des expériences et qui situent l'ensemble des problèmes de mémoire au niveau de troubles relatifs au rappel, à la restitution ou à l'évocation de ces données, par opposition aux théories qui ont insisté sur l'existence et l'importance d'une phase « labile » au cours de laquelle s'effectue un traitement actif de l'information relativement à son stockage. Il s'agit de ce que nous avons appelé précédemment la mise en place des collectivités ou assemblées neuronales ainsi que leur stabilisation, leur combinaison et leur enchaînement. Soumireu-Mourat propose une synthèse très originale sur le rôle de l'hippocampe comme interface entre un « circuit informationnel » et un « circuit motivationnel », comme centre de détection et d'indexation à partir des motivations du sujet. Cette synthèse est très encourageante pour les psychologues et pourrait fournir des éléments fondamentaux pour l'étude de ce qu'on appelle couramment les activités cognitives.

Du chapitre de Soumireu-Mourat, on passe très naturellement à celui de Karli qui est centré plus exclusivement sur le « circuit motivationnel » qui intervient de façon prédominante dans l'étude des fonctions de relations sociales. Dans ce chapitre, il est question de

problèmes qui nécessitent, pour être abordés, une intégration plus large des différentes composantes de l'organisme et de ses systèmes. Aussi ce n'est pas un hasard si les entrées du système-organisme sont qualifiées de sensitivo-sensorielles et non plus seulement de sensorielles et si les neurones complexes n'intègrent plus seulement les données perceptives et motrices mais encore des données motivationnelles ! Il sera également question d'une variété particulière de neurones appelés « neurones de pulsions » dont l'activité cesse — chose surprenante — dès que la satisfaction de ses besoins devient prévisible.

Karli aborde de plus le problème de l'acquisition de nouveaux déterminants motivationnels des conduites, plus précisément des bases neuro-physiologiques des déterminants socio-culturels de nos conduites. Il s'interroge sur la manière dont s'effectuent les couplages structuraux entre le système nerveux et les aspects socio-culturels du milieu. Il est évident qu'au cours de l'ontogénèse les déterminants de nos conduites changent et que de nouvelles dimensions du milieu deviennent susceptibles de déterminer nos conduites. Karli distingue les moyens d'expression dont dispose un organisme, son répertoire de comportements, et les processus ou mécanismes nerveux qui conduisent à réaliser l'une ou l'autre des conduites du répertoire de l'organisme ; l'hypothèse adoptée par Karli est que ces processus résultent des interactions complexes entre les potentialités fournies par le génome et les influences structurantes de l'expérience.

Deux processus complémentaires sont successivement envisagés par Karli pour rendre compte des changements de détermination de nos conduites. D'une part, les processus qui confèrent à l'information sensorielle présente des vertus motivantes par référence à l'expérience passée (on pourrait parler de processus d'attribution de signification), et d'autre part les processus qui enregistrent les conséquences du comportement et qui modèlent ainsi les motivations — il s'agit en quelque sorte de l'élaboration de nouvelles pulsions. Ces processus s'actualisent principalement grâce à l'existence de deux systèmes appelés de punition et de récompense (de plaisir et de déplaisir) qui constituent les principales fonctions du système limbique.

Dans son chapitre sur les aspects neurophysiologiques des fonctions d'utilisation du milieu, Paillard montre comment chez l'homme la détermination et le contrôle des activités de certains organes privilégiés, telles la main et la bouche, sont effectués par de très nombreux centres nerveux de niveaux différents. Dans ce chapitre, Paillard adopte une perspective principalement phylogénétique, et l'on se situe probablement cette fois au niveau d'intégration le plus complexe. On admirera la synthèse remarquable à laquelle il est parvenu.

Pour terminer, nous tenterons de situer le problème de la préformation des structures et de la construction des représentations, ou objets mentaux, dans le débat épistémologique actuel concernant les interactions organisme-milieu (Mounoud, 1984). Dans ce débat, le problème essentiel est relatif à l'ordre interne au système constitué par l'organisme au cours de son histoire : cet ordre est-il stable dans le sens d'une stabilité dynamique comme le propose en particulier Maturana, ou y a-t-il au contraire accroissement de l'ordre interne au système, accroissement dû à un « hasard organisationnel », à des « interactions instructives », à des « transferts d'information », comme le soutiennent Atlan et Paillard, ou encore à une « stabilisation sélective » par élimination et stabilisation de certaines connexions synaptiques, à la manière de Changeux ? En d'autres termes et de façon simplificatrice, l'organisme doit-il être considéré comme un système « ouvert » ou « fermé » ? La réponse que nous aimerions suggérer est qu'il doit être considéré simultanément comme un système ouvert relativement à certaines de ses composantes (les représentations) et fermé relativement à d'autres de ses composantes (les structures).

Pour permettre de mieux cerner ce problème, rappelons brièvement qu'un système est constitué de composantes ou sous-systèmes, et que sa caractéristique fondamentale est l'homéostasie, c'est-à-dire la tendance à maintenir invariantes certaines relations entre ses composantes. Il est possible de distinguer en particulier ses composantes structurales (capacités de calculs), ses composantes représentatives (ou mémoires) et ses composantes procédurales (stratégies, programmes). De plus, il est possible de définir différents états structuraux du sys-

tème nerveux, états structuraux qui réalisent des homéostases plus ou moins bonnes. Enfin, il existe des couplages entre le système nerveux et les différents systèmes avec lesquels il peut interagir. Or ces couplages peuvent être réalisés de façon plus ou moins optimale par rapport aux différents buts poursuivis par les systèmes en présence et aboutir à différents types de relations ou d'échanges.

Par exemple, la possibilité pour un organisme de manifester certains invariants dans les échanges qu'il entretient avec un milieu donné correspondrait à un couplage particulier réalisé entre des états structuraux de cet organisme et du milieu en question. Dans le développement psychologique de l'être humain, nous ne pensons pas qu'il existe des périodes durant lesquelles l'organisme et ses milieux auraient des fonctionnements indépendants (sans couplages). En particulier à la naissance, il existe des couplages très complexes voire optimaux entre l'organisme du bébé et les milieux avec lesquels il est prédisposé à interagir, pour autant bien entendu que les différents systèmes soient adaptés. En d'autres termes, il existerait à la naissance des capacités de lecture ou de reconnaissance entre certains états structuraux du système de l'organisme (certaines configurations d'activités nerveuses) et certaines configurations d'énergies externes (certains états structuraux du milieu). Ces couplages initiaux que nous considérons comme optimaux seraient perturbés par des changements d'états structuraux internes indépendants du milieu (apparition de capacités nouvelles de codage, ou « phases de poussée des arborisations axonales et dendritiques »). Ces changements généreraient un processus de réorganisation qui dépendrait en partie tout au moins des échanges spécifiques que l'enfant entretient avec ses milieux (construction de nouvelles représentations et de nouveaux programmes d'action), avec des phases de différenciation et d'intégration qui pourraient être comparées aux périodes de prolifération et de sélection définies par Changeux.

Pour organiser ses échanges avec ses milieux, l'individu dispose donc de différents sous-systèmes. Nous pensons que les échanges ont chez l'homme la particularité de pouvoir être à la fois strictement déterminés

relativement à certains sous-systèmes et partiellement déterminés relativement à d'autres sous-systèmes en cour d'organisation ou insuffisamment organisés, ce qui correspondrait aux phases de redondance et de labilité du système définies par Changeux. C'est ainsi que le nouveau-né est équipé, d'une part, d'une organisation « réflexe » ou sensori-motrice qui détermine parfaitement ses échanges avec le milieu et, d'autre part, d'une organisation, que nous avons suggéré d'appeler perceptivo-motrice, qui ne spécifie ses échanges que de façon très partielle. Relativement aux performances que le nouveau-né réalise au moyen du système réflexe, il sera défini comme capable de discriminations et de catégorisations subtiles, précises ; relativement aux performances qu'il réalise au moyen du système perceptivo-moteur, il ne sera considéré capable que de discriminations et de catégorisations grossières. Il est possible de rapprocher cette conception de celle développée par Viviani, selon laquelle une information donnée a des sens différents selon le niveau auquel elle est traitée (voir cet ouvrage, pp. 1666 et suivantes).

De façon partiellement comparable, l'adulte dispose simultanément de différents sous-systèmes, de différentes organisations pour gérer ses relations avec l'environnement. Ces sous-systèmes sont plus ou moins spécifiés par rapport à certaines catégories d'objets et de personnes.

Enfin, nous évoquerons brièvement le problème des différences qui existent entre l'enfant et l'adulte relativement aux processus de développement. Nous constatons qu'à plusieurs reprises au cours de son développement l'enfant est contraint de modifier les déterminants de ses actions lorsque de nouveaux centres nerveux deviennent fonctionnels, lorsque de nouvelles fonctions ou capacités apparaissent, c'est-à-dire essentiellement en raison de transformations internes à l'organisme. L'adulte, par contre, va modifier les déterminants de ses actions principalement en raison de changements pouvant survenir dans son environnement et de la nature des expériences qu'il peut réaliser. Toutefois, certaines modifications internes, comme celles dues au vieillissement, peuvent être comparées à celles dues à la croissance et engendrer des redéterminations nécessaires,

impératives. Ce rapprochement est d'autant plus aisé que, comme nous l'avons mentionné, Changeux accorde un rôle important aux phénomènes régressifs (mort de neurones, élagage de branches axonales et dendritiques). Réciproquement, un certain nombre des changements qu'effectue l'enfant sont dus à des transformations du milieu : changements d'attitudes, changements d'attente de l'environnement.

Les diverses redéterminations des conduites (nouveaux couplages organisme-milieu) s'effectuent différemment en fonction des caractéristiques plus ou moins particulières, plus ou moins générales ou plus ou moins systématiques des situations rencontrées, c'est-à-dire en fonction de milieux plus ou moins facilitateurs pour le développement des possibilités adaptatives des organismes.

Pierre MOUNOUD.

BIBLIOGRAPHIE

ATLAN H., *L'organisation biologique et la théorie de l'information*, Herman, Paris, 1972.

ATLAN H., *Entre le cristal et la fumée. Essai sur l'organisation du vivant*, Seuil, Paris, 1979.

CHANGEUX J.P., *L'homme neuronal*, Fayard, Paris, 1983.

CHANGEUX J.P., *Les sciences du système nerveux vivent aujourd'hui une révolution* (Entretien avec M. Mounier-Kuhn), dans « Le Courrier du C.N.R.S. », 55-56, 1984, pp. 5-11.

IMBERT M., *Le développement du système visuel : rôle de l'expérience précoce*, dans « Journal de Physiologie », 75, Paris, 1979, pp. 207-217.

IMBERT M., *Le développement du système nerveux : maturation du système visuel*, dans « Le Courrier du C.N.R.S. », 55-56, 1984, pp. 35-39.

MATURANA H. et VARELA F., *Autopoiesis and cognition : The realization of the living*, dans R.S. Cohen et M.W. Wartofsky (Eds), *Boston Studies in the Philosophy of Sciences*, vol. 42, Reidel, Dordrecht, 1980.

MOUNOUD P., *Développement cognitif : construction de structures*

nouvelles ou construction d'organisations nouvelles, dans « Bulletin de Psychologie », 343, 1979, pp. 107-118.

MOUNOUD P., *Cognitive Development : Construction of New Structures or Construction of Internal Organizations*, dans I.E. Sigel, D.M. Brodzinsky et R.M. Golinkoff (Eds), *New Directions in Piagetian Theory and Practice*. Lawrence Erlbaum, Hillsdale N.J., 1981.

MOUNOUD P., *A point of view on ontogeny*, dans « Human Development », 27, 1984, pp. 329-334.