

NEUROSCIENCES & comportements

sept. 2010

NEUROSCIENCES ET COMPORTEMENTS

Macroscopie du cerveau: Dans sa Leçon d'Anatomie (fig. 1), Rembrandt fait apparaître sur la toile les hémisphères cérébraux du cadavre que dissèque le docteur Joan Deyman. La calotte crânienne enlevée (l'assistant-chirurgien la tient dans sa main, à gauche du tableau), le spectateur découvre des masses grisâtres et circonvolutionnées, richement irriguées de vaisseaux sanguins. Sorti du crâne, cet ensemble de tissus ou "encéphale" se subdivise en trois grandes parties : en avant, les hémisphères cérébraux, en arrière le cervelet, enfin le tronc cérébral qui relie ces deux parties à la moelle épinière..."



Fig. 1 - La leçon d'anatomie du docteur Deyman (détail), de Rembrandt (1656) Huile sur toile de 100x134 cm, Rijksmuseum, Amsterdam

Une légende venue des Indes fournit une introduction pittoresque au thème principal de ce cours.

"Dans cette histoire, la belle Sita épouse un négociant svelte et instruit; mais elle est également attirée par le meilleur ami de son mari, un forgeron plein de fougue et bien bâti. Un jour, les deux jeunes gens se tranchent la tête dans un temple dédié à la déesse Kali. Sita se rend au temple à leur recherche et les découvre gisant dans une mare de sang devant la statue de Kali. Horrifiée, elle supplie la déesse de leur rendre la vie. Kali exauce sa prière, et dit à Sita de replacer soigneusement les têtes sur les corps des deux hommes. Sita s'exécute avec une énergie fébrile et aussitôt les jeunes gens recouvrent la vie. C'est à ce moment seulement qu'elle constate sa méprise: elle avait placé la tête de l'un sur le corps de l'autre ! Les jeunes gens sont alors confrontés à un problème déconcertant: lequel des deux est-il l'époux de Sita? Celui qui a la tête de l'intellectuel et le corps du forgeron? Ou celui qui a la tête du forgeron et le corps de l'intellectuel ? La légende explore les facettes complexes de ce puzzle; elle considère aussi la façon dont chaque tête affecte le corps qu'elle contrôle désormais, et comment le corps, à son tour, exerce une influence sur la tête."

Celle vieille légende hindoue souligne bien **que l'identité individuelle, la personnalité et les aptitudes dépendent essentiellement du cerveau**. Qui que nous soyons, c'est l'activité du cerveau qui régit nos pensées, nos rêves, nos souvenirs, nos croyances, nos désirs et nos craintes".

Par ailleurs, un fait illustre l'autre aspect des relations "cerveau-environnement" celui de l'influence du milieu de vie sur l'organisation fonctionnelle du système nerveux, du cerveau en particulier, et en retour sur le comportement.

"En 1799, des chasseurs capturent un jeune garçon qui, selon toutes apparences, vit seul dans les forêts de l'Aveyron, au sud de la France. L'enfant ne ressemble pas à un être humain, ni psychologiquement ni même physiquement. Il se déplace à quatre pattes, mange comme un animal et mord ceux qui l'approchent. Ses sens de l'odorat et de l'ouïe semblent très développés et de façon très particulière: le moindre craquement de branche ou le bruit d'une noisette cassée entre les dents le fait sursauter alors que le claquement d'une porte ne déclenche chez lui aucune réaction. Il peut se promener nu par des températures glaciales. Il est capable de saisir la nourriture dans de l'eau très chaude et apparemment, ne ressent aucune douleur. Il n'émet que des sons inarticulés, sans jamais chercher à communiquer avec son nouvel entourage, qu'il considère plutôt comme un obstacle à la satisfaction de ses besoins. Au début du XIX^e siècle, Pinel, un psychiatre réputé, examine l'enfant et déclare qu'il s'agit d'un arriéré mental incurable. Itard, un jeune médecin qui traite des enfants atteints de surdité, n'est pas d'accord avec ce diagnostic. Selon lui, le comportement de l'enfant, que l'on a prénommé Victor, est la conséquence d'un isolement social prématuré et prolongé. Il est persuadé qu'en éduquant

l'enfant de manière adéquate, celui-ci pourra reprendre une vie normale au sein de la société. Il décide donc de le prendre en charge. Après cinq ans d'efforts, Itard doit cependant reconnaître qu'il n'arrivera jamais à atteindre le but qu'il s'était fixé. Devenu adolescent, Victor a appris à reconnaître divers objets, à comprendre et à prononcer quelques mots, à en écrire et à en lire certains, sans toutefois bien en saisir le sens; mais, bientôt, l'enfant cesse de progresser. C'est surtout sur le plan de la socialisation de Victor que l'échec se révèle le plus retentissant: jamais il n'apprendra à jouer ou à se comporter socialement et, encore moins, à réagir normalement sur le plan sexuel. Il meurt à 40 ans sans qu'aucune autre amélioration notable ne se soit manifestée dans son comportement.

Le cas de Victor suscite de grandes interrogations sur les fondements de la nature humaine. Naît-on avec les caractéristiques qui distinguent l'être humain des autres espèces ou les acquiert-on au contact de la société? Victor «sentait» autrement; il «entendait» et «voyait» d'une façon différente des autres êtres humains. Ses émotions et ses motivations n'étaient pas les mêmes. Est-il possible que le milieu dans lequel il vécut l'ait modelé à ce point, ou lui manquait-il au départ le bagage mental nécessaire pour se comporter en «être humain»?

Nous reprendrons cet exemple dans la troisième partie de ce cours, partie consacrée aux comportements complexes en général et au langage en particulier. Victor a pourtant su apprendre relativement vite à se déplacer sur ses jambes et non plus à quatre pattes, à se servir d'ustensiles propres aux membres de notre culture et, surtout, à développer un langage articulé, bien que rudimentaire, qu'aucun singe n'est capable de produire.

Quelle est donc alors la part de l'inné et celle de l'acquis dans le développement d'un individu? Il s'agit là d'une des questions qui se situent à la base de la compréhension du comportement humain.

Une autre question, découlant de la première, se pose lorsque l'on observe Victor: si le garçon était doté des caractéristiques humaines, pourquoi n'a-t-il pas pu réintégrer totalement la société des humains?

S'agissait-il bien, comme le déclarait Pinel, d'un idiot congénital ou encore d'un enfant autistique qui ne se serait pas adapté de toute façon, même s'il avait été élevé parmi ses congénères? Pourtant, d'autres enfants ont été découverts depuis, dans différentes parties du monde. De ces «enfants-loups» ou des «enfants-gazelles», aux Indes, ou encore du «petit Tarzan», âgé de 5 ans, qui bondissait de branches en branches dans les forêts du Salvador, la plupart ont pu être rééduqués. Il semble, cependant, que plus ils étaient jeunes au moment de leur capture et de leur prise en charge, plus leur réinsertion sociale s'est effectuée facilement. Il y aurait donc, dans le développement, des moments privilégiés, appelés périodes critiques, pour apprendre certaines choses qui ne pourraient être apprises plus tard, comme dans le cas de Victor, dont la rééducation n'a été amorcée qu'à l'âge de 12 ans.

Compte tenu de ce qu'on sait à propos de Victor, que peut-on conclure à son sujet? Était-il normal ou non? Oui, sûrement, tant qu'il vivait en forêt. Sa survie elle-même, pendant d'aussi longues années, plaide dans le sens d'une adaptation presque parfaite à ce mode de vie. Les individus qui côtoyaient Victor quotidiennement, après sa capture, affirmaient le contraire puisqu'il ne vivait ni ne réagissait comme eux. Ceci constitue un autre problème pour celui qui aborde le comportement: sur quels critères doit-on s'appuyer pour définir la normalité? Souvent, nous nous référons à nos propres modes de pensée pour juger ce qui est «normal» et ce qui ne l'est pas. Ce cheminement nous amène à traiter facilement de «fou» celui qui obéit à des coutumes propres à d'autres cultures, dès que son comportement diffère du nôtre et que nous ne le comprenons pas. Mais existe-t-il des critères absolus?"

Extrait de "Les fondements de la Psychologie" par Godefroid, éd. Vigot, 1993

Toutes ces questions, soulevées par le cas de Victor, constituent le centre des préoccupations de la psychophysiologie et, plus particulièrement, des neurosciences, en ce qui concerne le développement de l'être humain. Comment la vie à l'état sauvage et la privation d'environnement humain à une période critique du développement des centres du langage chez Victor ont-elle pu détériorer ses centres nerveux pour qu'à l'adolescence il soit dans l'incapacité d'exercer cette activité humaine éminemment cognitive?

En répondant à ces questions, Jean-Pierre Changeux, à travers quelques paragraphes extraits de "L'homme neuronal" (Jean-Pierre Changeux, Fayard, le Temps des Sciences, 1983), fournit une introduction "neurophysiologique" à l'objet de ce cours.

"L'homme agit sur son environnement et communique avec ses semblables par le mouvement de ses lèvres, de ses yeux, de ses mains, par un ensemble de performances motrices que l'on qualifie en général de conduites ou comportements. Leur étude s'est cristallisée dès 1913 autour d'un mouvement scientifique très dynamique créé par J.B. Watson, le béhaviorisme. Soucieux de bannir le subjectif de l'observation scientifique, le béhaviorisme ne prit en considération que les relations "externes" pouvant exister entre la variation du milieu, ou stimulus, et la réponse motrice déclenchée. Il suffisait de connaître ces règles pour expliquer une conduite. A quoi bon s'intéresser au contenu de la "boîte noire" intercalée entre le stimulus et la réponse? Cette étroitesse de vue, on pouvait s'y attendre, conduisit les sciences du comportement, et, avec elles, beaucoup de sciences humaines, à une impasse.

Le développement des Neurosciences impose désormais une autre manière de voir qui se trouve dans le droit fil de Gall et de Broca. Le contenu en neurones de la boîte noire ne peut plus être négligé. Au contraire, tout comportement mobilise des ensembles définis de cellules nerveuses et c'est à leur niveau que doit être recherchée l'explication des conduites et des comportements. La comparaison du cerveau à une machine cybernétique, à un ordinateur, intervient utilement pour définir cette mobilisation interne. Par construction, le cerveau-machine cybernétique ne peut effectuer qu'un nombre défini d'opérations. Toutes ne sont pas possibles. Il ne les accomplit que dans la mesure où, pour reprendre les termes de J. Z. Young (1964), il "est" (ou contient) une représentation de son environnement. En d'autres termes l'appréhension du monde extérieur et la réponse produite dépendent de l'organisation interne de la machine. Le système nerveux très simple d'un mollusque n'analysera pas les signaux de l'environnement d'une manière aussi approfondie que celui du singe ou de l'homme, il ne produit pas non plus un spectre aussi vaste de réponses. L'essentiel a lieu à l'intérieur de

la machine, au niveau du système nerveux central, où l'information est transmise suivant un code, analysée puis traitée. Résultats de ces calculs, des neurones moteurs entrent en action et commandent la contraction des muscles "

"(Pour les cybernéticiens,...)l'homme n'a plus un cerveau comparable à la mécanique d'un automate ou d'une horloge, mais ressemble à et fonctionne comme un ordinateur. S'agit-il seulement d'une image, d'une métaphore? Si La Mettrie écrit que la machine du corps "monte elle-même ses ressorts ", peut-on imaginer que l'analogie doit être poussée jusqu'à identifier nos organes ou cellules à des lames d'acier, des tubes de caoutchouc, ou bien même à des transistors ou des circuits intégrés? Que le lecteur se rassure: il n'est pas question ici d'identifier le cerveau à une horloge, de prendre la cellule nerveuse pour une roue à pignon, ni même de rechercher à tout prix une ressemblance entre l'organisation des réseaux de neurones et les circuits d'un ordinateur ou de toute autre mécanique "artificielle". Notre propos est, au contraire, d'explorer l'objet "système nerveux" avec tous les moyens dont on dispose: d'en identifier les composants anatomiques, d'en définir les relations mutuelles, d'en décrire enfin l'organisation. Ce démontage de la machine cérébrale s'arrêtera, dans une première étape, au niveau de la cellule. Au-delà se perd le caractère proprement original du système nerveux de s'organiser en réseau de communication par l'intermédiaire des "fils" axonaux et dendritiques. Le neurone se situe, aujourd'hui, au point de convergence de deux lignes de recherche: celle du chimiste ou du biologiste moléculaire, qui le considèrent comme un système de macromolécules en interaction, et celle du neurobiologiste et de l'embryologiste qui, au contraire, l'envisagent comme unité de base à partir de laquelle l'organe se construit. Le niveau d'organisation choisi pour le "clivage" de la machine nerveuse en pièces détachées sera donc celui du neurone et de ses synapses.

Quelques paragraphes extraits de "L'homme neuronal" (Jean-Pierre Changeux, Fayard, le Temps des Sciences, 1983),

La psychophysiologie explore les données somatiques à la base de notre expérience et de notre comportement; elle analyse d'une part la façon dont les états et processus de notre corps produisent et contrôlent les comportements, d'autre part, comment en retour les comportements agissent sur les systèmes somatiques. Ce dernier aspect ne sera pas abordé dans ce cours.

I – LES DIFFERENTS COMPORTEMENTS

Ce que l'on désignait il y a une trentaine d'années par "fonctions cérébrales complexes" est actuellement désignée par "**fonctions cognitives**" (voir chapitre précédent, "**les sciences cognitives**"). La plus grande partie de notre cerveau leur est dédiée. Elles englobent la totalité de nos comportements, notre "manière de vivre individuelle et sociale".

Schématiquement, en plus des fonctions d'intégration sensori-motrice, les fonctions cognitives comprennent:

- les fonctions intellectuelles du cortex cérébral:
- apprentissage, mémoire;
- langage;
- raisonnement, pensée;
- les fonctions motivationnelles du système limbique et de l'hypothalamus:
- o les comportements fondamentaux, alimentaires, dipsique et sexuel;
- o les comportements affectifs et émotionnels.

Les difficultés aussi bien techniques que conceptuelles que présente l'analyse de leurs bases neurobiologiques sont à la hauteur de l'intérêt qu'on leur porte. Malgré tout, le décodage de l'organisation structurale et fonctionnelle des régions cérébrales concernées a progressé grâce en particulier: 1. l'accumulation continue **d'observations cliniques chez l'homme** établissant avec précision les signes et les symptômes qui résultent des lésions de différentes aires cérébrales; 2. l'arrivée de **l'imagerie cérébrale "in vivo"** et des cartes métaboliques; 3. l'organisation **d'expériences complémentaires conduites chez l'animal** et en particulier chez les primates non humains et qui commencent à donner des indications sur les bases cellulaires, voire moléculaires de certains de ces phénomènes....

II – LA METHODOLOGIE D'ETUDE DES DIFFERENTS COMPORTEMENTS

De façon pragmatique, quels sont les principaux types de réactions comportementales ? Comment les stimuli sont-ils reçus par l'organisme ? Quels sont les rôles respectifs des organes des sens et du cerveau dans leur perception ? Comment se réalisent les réponses musculaires ? Quelles sont les grandes pathologies qui peuvent affecter la mise en place du système nerveux, la somesthésie et la sensorialité ou encore la motricité ?.... Au préalable, définissons quels sont les relations d'un organisme avec le monde extérieur en précisant quels sont les 3 types de réactions comportementales possibles.

En théorie, la biologie du comportement est examinée selon 5 perspectives différentes:

- la description du comportement;
- l'étude de l'évolution du comportement;
- l'observation du développement du comportement et de ses caractéristiques biologiques au cours de la vie;
- l'identification des mécanismes biologiques du comportement;
- l'analyse des dysfonctionnements du comportement humain.

Considérons schématiquement un organisme vivant tel que l'organisme humain (fig. 2). Il perçoit son environnement et s'y déplace. Sa vision, le contact des pieds sur le sol, sa posture sont autant d'informations complexes qui seront traitées par le système nerveux. La course à pied est un exemple de comportement moteur initiée par le système nerveux mais exécutée par les effecteurs musculaires que sont les muscles striés squelettiques dont la plupart est solidaire d'os du squelette. Pour cette course, la réponse motrice requiert la mise en jeu coordonnée de plusieurs muscles effecteurs antagonistes qui interviennent sur les différents segments des membres de part et d'autre des articulations.



Fig. 2 - Homme se mouvant dans son environnement

De gauche à droite, morphologie externe, système musculaire «écorché», squelette et articulations (d'après Biologie de l'Homme dans son environnement, M. Caillon, Hachette Technique). Son corps est limité par une enveloppe cutanée (la peau) qui le sépare et le protège du milieu extérieur. Sous la peau se trouvent les muscles et des organes effecteurs ostéo-musculaires qui lui permettent de se déplacer dans ce milieu ou de le modifier

III - LES TROIS TYPES DE REACTIONS COMPORTEMENTALES

1 - Les comportements innés

Pleurer quand on épluche un oignon est une réaction comportementale involontaire produite par un stimulus externe (fig. 3); elle se déroule toujours de la même façon quel que soit le sujet. Il s'agit d'une **réaction réflexe innée**.



Fig. 3 - Les comportements innés.

Qui n'a pas pleuré en épluchant un oignon ? Cette sécrétion de larmes est due à l'irritation de la conjonctive de l'œil par des substances que libèrent les cellules lésées du bulbe d'oignon. Une fois l'excitation produite, la réaction se déroule involontairement semblable chez tous les individus.

Ce type de comportement inné se manifeste dès la naissance ou apparaît plus tard lorsque se complète la maturation du système nerveux. Il ne nécessite aucune éducation, aucun entraînement préalable et se manifeste de façon stéréotypée chez tous les individus de la même espèce.

Lorsqu'on touche la joue d'un bébé, sa tête se tourne dans la direction de ce stimulus tactile, la bouche s'ouvre et l'objet de la stimulation est pris dans la bouche: le bébé commence à téter. Ce comportement inné est lié à l'exigence fondamentale de la nutrition: c'est un **comportement instinctif**. Ces réactions comportementales instinctives innées sont aussi accomplies sans apprentissage. Elles sont communes à tous les bébés et font partie du patrimoine héréditaire. A noter que les comportements automatiques du nouveau-né sont liés à l'immaturation du cerveau. Ils disparaîtront progressivement à partir du 3^{ème} mois au fur et à mesure que le cerveau devient plus fonctionnel.

Les stimuli déclenchant un comportement sont variés. Parmi les **stimuli venant du milieu extérieur**, c'est le toucher qui est très développé jusqu'à 1 an. Par les stimulations tactiles, bébé apprend à connaître son corps et son environnement. De plus, dès le 1^{er} mois, le nourrisson réagit à la lumière au bruit et aux mouvements (le fœtus agitait déjà ses membres lorsqu'un camion bruyant passait dans la rue... ou lorsque la mère criait). Vers 3 mois, il suit un objet des yeux. Parmi les **stimuli d'origine interne**, nombreux sont ceux liés aux besoins fondamentaux. Lorsque le corps a perdu 2% de sa masse en eau, la sensation de soif apparaît. La diminution de la teneur en glucose du sang (l'hypoglycémie) détermine le besoin de manger. Cela déclenche les pleurs du nourrisson et le conduit à rechercher la présence de l'adulte: le comportement devient alors **motivé** c'est à dire que les réactions motrices du sujet sont réalisées dans le but de satisfaire un besoin vital pour l'individu ou pour l'espèce à laquelle il appartient.

2 - Les comportements acquis

Conduire une automobile par exemple (fig. 4), fait partie des comportements automatiques; mais acquis par éducation ou apprentissage, ils sont alors individuels et l'on parle de conditionnement.



Fig. 4 - Les comportements acquis.

Apprendre à conduire une automobile exige dans un premier temps un effort d'attention important; toutes les activités nerveuses sont orientées vers la réalisation de la conduite; il faut au bon moment freiner, accélérer, débrayer... tout en intégrant l'ensemble des stimuli d'origine visuelle, auditive, tactile... issus de l'environnement

Habituation, apprentissage associatif, acquisition des automatismes, apprentissage et utilisation du langage sont autant d'éléments du comportement acquis de l'Homme.

3 - Les réactions comportementales volontaires de l'homme

L'Homme est capable de décider volontairement d'effectuer certains gestes à un moment choisi par lui et de les interrompre de même (fig. 5). Ces comportements volontaires en général mettent en jeu, en plus de stratégies planifiées, raisonnées souvent élaborées, des réflexes innés ou appris. Un acte volontaire spécifiquement humain : **le langage; il codifie la pensée** et la transmet à autrui par une chaîne de sons reliés entre eux.



Fig. 5 - Les réactions comportementales volontaires de l'homme.

Face à l'échiquier, chaque joueur analyse avec soin l'état du jeu: en tenant compte de la tactique qu'il a élaborée et de la situation nouvelle créée par le partenaire, il décide de déplacer tel pion de telle case sur telle autre case. Il exécute alors volontairement les gestes adaptés à l'objectif poursuivi.

En conclusion, les perceptions et les actions, toutes les pensées raisonnées et les sentiments, l'intelligence, la mémorisation et d'une manière générale, l'ensemble des composantes de la "façon de vivre" individuelle:

- d'une part impliquent le système nerveux et les structures qui lui sont associées (récepteurs et effecteurs);
- d'autre part dépendent du mode d'organisation du cerveau et de sa façon de fonctionner.

IV - LA RECHERCHE DE RELATIONS ENTRE CERVEAU ET COMPORTEMENT. COMMENT ABORDER L'ETUDE DES BASES BIOLOGIQUES DU COMPORTEMENT ?

Les relations entre le cerveau et le comportement sont appréhendées grâce à trois disciplines

« La psychologie biologique » utilise trois approches pour aborder l'étude des relations entre le cerveau et le comportement. Dans beaucoup de disciplines, l'expérience et la théorie ont contribué à nous faire comprendre le fonctionnement du corps en relation avec le comportement. En raison de leurs centres d'intérêts variés, les différentes disciplines offrent des perspectives qui se complètent l'une l'autre. L'anatomiste (1) décrit la structure du système nerveux, ses éléments et les connexions cérébrales. Le physiologiste (2) examine comment fonctionnent ces éléments et étudie la transmission électrique du système nerveux. Le chimiste (3) identifie les substances chimiques trouvées dans le cerveau et établit les voies métaboliques qui en sont à l'origine. Par ailleurs, l'ingénieur cherche à déterminer si les concepts quantitatifs issus des systèmes inanimés peuvent s'appliquer aux fonctions cérébrales. Les chercheurs en psychologie biologique sont un petit peu plus éclectiques, mais généralement, c'est l'intérêt qu'ils portent aux mécanismes du comportement qui se trouve à l'origine de leurs recherches. Celles-ci comprennent l'observation et la mesure du comportement et celles des structures et des processus corporels.

Trois approches sont mises en oeuvre pour aborder l'étude des relations entre le cerveau et le comportement: l'intervention somatique, l'intervention comportementale, et l'étude de leurs corrélations.

- Dans l'intervention somatique (fig. 6), le chercheur altère une structure ou une fonction du cerveau ou du corps, afin de vérifier comment cette détérioration modifie le comportement. Dans ce cas, l'intervention somatique constitue la variable indépendante, et l'effet comportemental la variable dépendante. Ainsi, le comportement observé à la suite d'une lésion dépend totalement de la façon dont le cerveau a été altéré.
- La méthode opposée est l'intervention comportementale (fig. 7). Dans cette méthode, le chercheur intervient sur le comportement d'un organisme et observe les changements qui en résultent dans la structure ou la fonction corporelles. Dans ce cas, le comportement est la variable indépendante, et les changements somatiques constituent la variable dépendante.

- La troisième approche qui étudie les relations cerveau - comportement, la méthode corrélative (fig. 8), consiste à rechercher dans quelle mesure une caractéristique somatique donnée varie avec une caractéristique comportementale donnée.

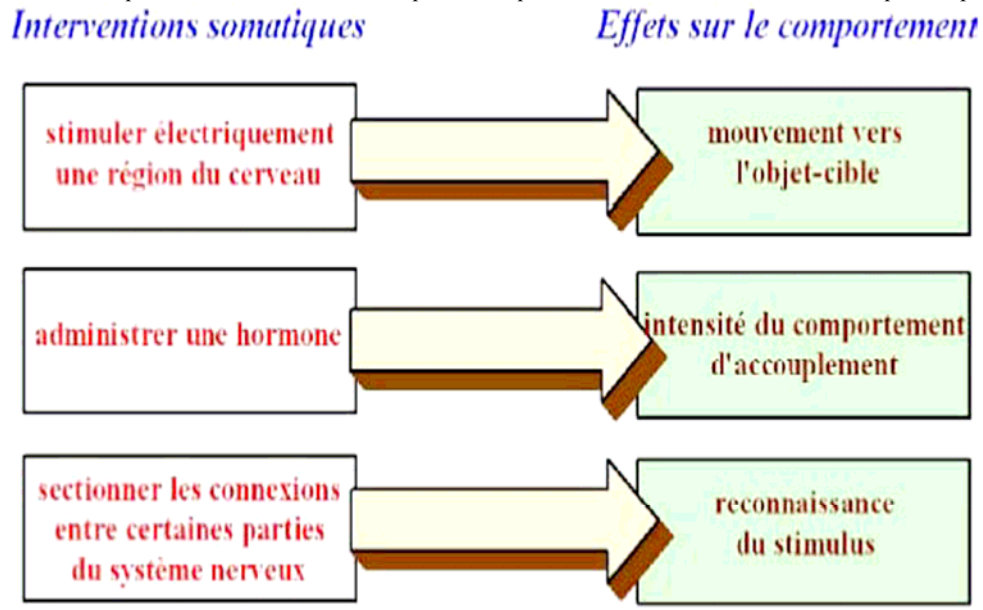


Fig. 6 - L'intervention somatique.

- On observe les effets comportementaux d'une stimulation électrique appliquée à une partie du cerveau.
- Une hormone est administrée à certains animaux et pas à d'autres. On compare diverses formes de comportements présentées ensuite par les deux groupes.
- On mesure les changements comportementaux observés à la suite de la section d'une connexion entre deux parties du système nerveux.

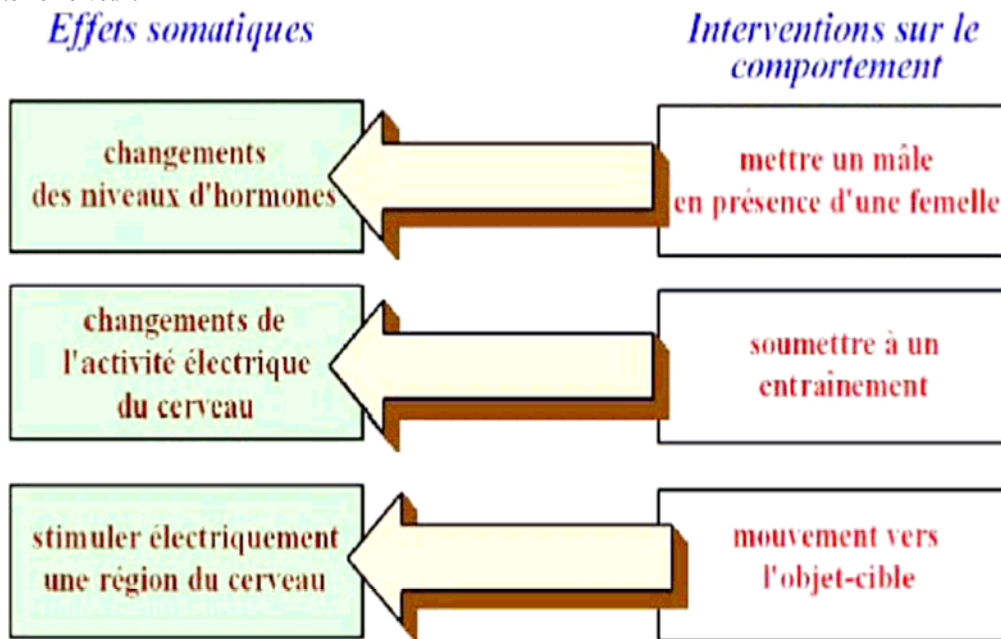


Fig. 7 - L'intervention comportementale.

- La mise en présence de deux adultes de sexe opposé, peut provoquer un accroissement de la sécrétion de certaines hormones
- L'exposition d'une personne ou d'un animal à un stimulus visuel provoque des changements dans l'activité électrique et le débit sanguin dans certaines régions cérébrales.
- L'apprentissage d'un labyrinthe par un animal s'accompagne de modifications électrophysiologiques, biochimiques et anatomiques, dans certaines parties de son cerveau.

De telles corrélations ne doivent pas être considérées comme la preuve d'une relation causale. D'abord, même si cette relation causale existe, la corrélation n'en révèle pas le sens, c'est à dire on ne sait pas quelle variable est indépendante, et laquelle est dépendante. Ensuite, deux termes peuvent être corrélés uniquement parce qu'un troisième facteur détermine la valeur des deux facteurs mesurés. Toutefois, l'existence d'une corrélation indique bien qu'il existe un certain lien direct ou indirect entre les deux variables. Une telle corrélation stimule souvent les chercheurs à formuler des hypothèses et à les tester au moyen de techniques somatiques et comportementales.

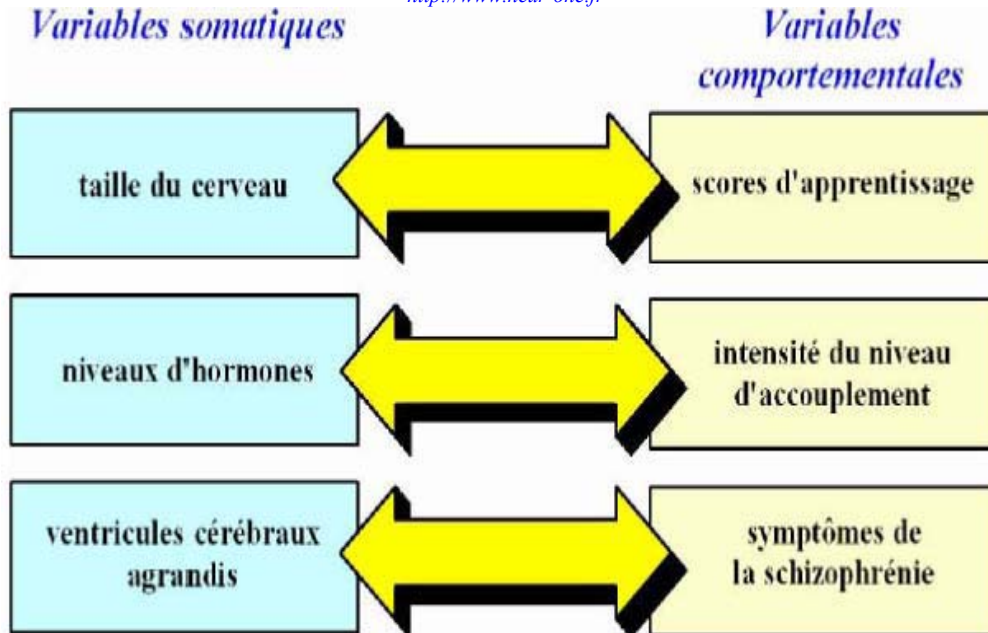


Fig. 8 - La méthode corrélative.

- Existe-t-il une corrélation significative entre la taille du cerveau et l'intelligence ?
- Les différences individuelles observées dans le comportement sexuel peuvent-elles être corrélées avec la concentration de certaines hormones dosées chez ces individus ?
- La gravité de la schizophrénie est-elle corrélée avec l'ampleur des changements observés dans les structures cérébrales ?

En combinant ces trois méthodes, on obtient le diagramme circulaire de la figure 9. Ce diagramme intègre les méthodes de base indispensables à l'étude des relations entre les processus corporels et le comportement. Il met aussi l'accent sur le thème (mis en lumière par la « légende des têtes échangées », voir en préambule) de l'existence de relations réciproques entre le cerveau et le corps. **Chacun influence l'autre, dans un cycle continu d'interactions somatiques et comportementales.**

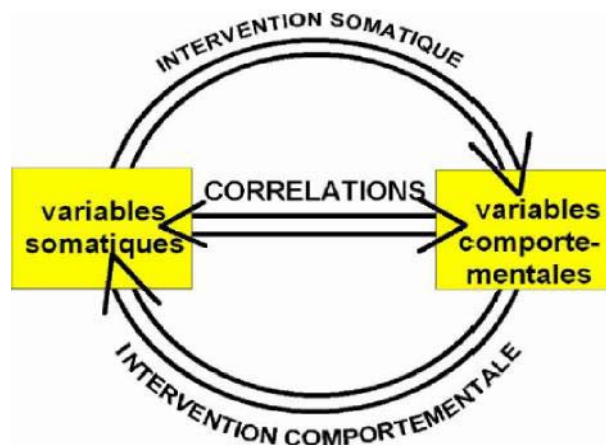


Fig. 9 - Interactions réciproques somatiques et comportementales.

Les façons d'étudier les comportements

Quatre perspectives principales s'offrent à nous pour l'étude et la compréhension du comportement. Chacune d'elles fait ressortir une information différente. Ces quatre perspectives sont **la description du comportement, l'étude de l'évolution du comportement, l'observation du développement du comportement au cours de toute une vie, et l'identification des mécanismes biologiques inhérents au comportement (tableau de la figure 10)**. Autrement dit, une fois que nous avons décrit un comportement, nous pouvons essayer de l'expliquer à partir de trois échelles de temps différentes. Sur l'échelle temporelle du développement, nous pouvons nous interroger sur le mode d'évolution du comportement, sur ses mécanismes et sur leur valeur de survie. Sur l'échelle de la durée d'une vie individuelle, nous pouvons nous demander comment le comportement et ses mécanismes se sont développés. Enfin, sur l'échelle du présent immédiat, nous pouvons chercher à savoir comment les mécanismes arrivent à produire le comportement que nous observons.

Néanmoins, la similitude d'une caractéristique entre les espèces ne garantit pas la possibilité d'associer cette caractéristique à un ancêtre commun. Il est possible que des solutions semblables, sans être identiques, soient le résultat d'une évolution indépendante chez différentes classes d'animaux. Par exemple, la vision des couleurs a évolué de façon indépendante chez les insectes, les poissons, les reptiles, les oiseaux et les mammifères. Une bonne partie de la recherche actuelle sur les mécanismes nerveux de l'apprentissage et de la mémoire se fait à partir de l'observation d'espèces relativement simples appartenant au groupe des invertébrés. On postule alors l'existence d'une continuité évolutive des mécanismes au sein d'une très vaste distribution d'espèces. Toutefois, certaines données d'observation laissent supposer que les animaux les plus évolués ont pu développer des mécanismes additionnels d'apprentissage qui vont au-delà de ce qu'ils partagent avec les organismes plus simples.

COMPORTEMENTS SPECIFIQUES DE L'ESPECE

Diverses espèces ont développé des moyens spécifiques pour traiter avec leur environnement. Par exemple, le bagage sensoriel d'un ver de terre est très différent de celui d'un rossignol. Certaines espèces de chauves-souris s'appuient presque exclusivement sur l'audition pour s'orienter et repérer leur proie. La vision de ces espèces a dégénéré au point de devenir inutilisable. D'autres espèces de chauves-souris s'orientent cependant au moyen de la vue et comptent sur leurs yeux pour se diriger et trouver leur nourriture. L'être humain se sert de la vision et de l'audition. Toutefois, il n'est pas sensible aux champs électriques de son environnement, contrairement à certaines sortes de poissons. Ces poissons émettent des impulsions électriques et utilisent les champs électriques ainsi créés pour guider leurs déplacements.

Les modes de communication varient considérablement parmi les espèces vivantes. Certaines comptent principalement sur des signaux visuels, d'autres sur des signaux auditifs et d'autres enfin sur des signaux olfactifs. Chez plusieurs espèces animales, la production de signaux ne nécessite pas d'apprentissage; elle suit simplement un modèle génétique spécifique de l'espèce. Par contre, il en va tout autrement chez d'autres espèces, notamment chez les espèces d'oiseaux chanteurs, où le petit doit apprendre un chant spécifique. Par ailleurs, malgré l'existence d'une grande variété de chants, ceux-ci correspondent fidèlement à la structure de chant de l'espèce.

Bien que l'être humain soit capable de produire une grande variété de sons vocaux, tout langage n'en utilise qu'une fraction. De plus, la signification fonctionnelle des sons est plutôt arbitraire dans les langages humains, puisque la même suite de sons peut prendre des sens différents, selon les langues.

Perspectives de recherche	Comportement sexuel	Mémoire et apprentissage	Langage et communication
1. Description			
a) Structurale	Quels sont les principaux modes de comportement associés à la reproduction et les différences de comportement selon le sexe de l'individu ?	De quelles façons un comportement se trouve-t-il modifié à cause d'une expérience de conditionnement, par exemple ?	Comment la parole est-elle structurée ?
b) Fonctionnelle	Comment les structures de comportement contribuent-elles à l'accouplement et aux soins prodigués aux petits ?	Qu'est-ce qui fait que certains comportements aboutissent à des récompenses ou à l'évitement de la punition ?	Quel est le comportement qui est en cause dans l'énoncé de déclarations ou la formulation de questions ?
2. Évolution	Dans quelle mesure l'accouplement chez les différentes espèces dépend-il des hormones ?	Comment les diverses espèces se comparent-elles quant aux sortes et à la vitesse d'apprentissage ?	Comment l'appareil phonétique humain a-t-il évolué ?
3. Développement	Comment les caractéristiques sexuelles secondaires et celles liées à la reproduction se développent-elles au cours de la vie ?	Comment la mémoire et l'apprentissage changent-ils au cours de la vie ?	Comment le langage et la communication se développent-ils au cours de la vie ?
4. Mécanismes	Quels sont les circuits nerveux et les hormones qui participent au comportement associé à la reproduction ?	Quels sont les changements anatomiques et chimiques du cerveau qui contribuent au maintien des souvenirs ?	Quelles sont les régions du cerveau qui sont particulièrement en cause dans le langage ?

Fig. 10 - Quatre perspectives de recherche appliquées à 3 sortes de comportement.

DESCRIPTION DU COMPORTEMENT

Aussi longtemps que ce qu'on veut étudier n'a pas été bien décrit, il n'est pas possible d'aller très loin. Selon les buts visés par l'investigation, on peut décrire le comportement en termes d'actes et de processus détaillés ou en termes de résultats ou fonctions. C'est ainsi qu'une description analytique des mouvements des membres pourrait consister en l'enregistrement des positions successives d'un membre et de ses parties ou de la contraction des différents muscles. Une description fonctionnelle du comportement nous apprendrait si le membre est utilisé pour marcher, courir, sauter, nager ou lancer des dés.

Pour être utile dans une étude scientifique, une description se doit d'être précise et analytique: elle doit aider à faire ressortir les caractéristiques essentielles du comportement. Elle aura recours à des termes et à des unités définis avec exactitude. Les méthodes et les techniques utilisées par les chercheurs ont besoin d'être décrites de telle manière que d'autres investigateurs soient capables de les reproduire afin de vérifier les résultats.

ETUDE DE L'EVOLUTION DU COMPORTEMENT

Proposée par Darwin, la théorie de l'évolution par sélection naturelle constitue, dans sa forme révisée et élaborée, le point central de la biologie et de la psychologie modernes. Cette perspective est à l'origine d'intuitions fécondes sur plusieurs sortes de comportements et de mécanismes de comportement. Une telle perspective est à l'origine de deux types d'accentuation plutôt différents: a) la continuité du comportement et des processus biologiques entre les espèces et b) les adaptations spécifiques de l'espèce qui, sur le plan du comportement et de la biologie, se sont développées dans des niches environnementales diverses.

CONTINUITÉ

La nature est essentiellement conservatrice. Une fois établies, les adaptations corporelles ou comportementales peuvent être maintenues pendant des millions d'années et s'observer chez des espèces animales qui, par ailleurs, apparaissent très différentes. Par exemple, l'influx nerveux est essentiellement le même chez une méduse, une blatte et un être humain. Plusieurs des composés chimiques (les hormones) qui véhiculent des messages par la circulation sanguine sont aussi les mêmes chez diverses espèces animales (quoique la même hormone

puisse agir sur des processus métaboliques différents selon les espèces). On trouve des hormones sexuelles semblables, mais non identiques, chez toutes les espèces du groupe des mammifères. Les mammifères mâles et femelles sécrètent les mêmes hormones sexuelles bien qu'en proportions différentes et selon des cycles temporels distincts.

OBSERVATION DU COMPORTEMENT AU COURS DE LA VIE

L'observation de la façon dont un comportement particulier évolue au cours de la vie d'un individu peut nous fournir des indices sur le rôle et les mécanismes de son comportement. Par exemple, l'observation nous révèle que la capacité d'apprentissage du singe s'accroît sur une période de plusieurs années de développement. Nous pouvons donc supposer que les tâches d'apprentissage complexe exigent une maturation prolongée des circuits nerveux. Chez un rongeur, la capacité de former des empreintes mnémoniques durables retarde quelque peu la maturation de ses capacités d'apprentissage. Les jeunes rongeurs apprennent facilement mais oublient plus rapidement que leurs aînés. Cette différence nous fournit l'une des nombreuses preuves que l'apprentissage et la mémoire font appel à des processus différents. Cette constatation nous apporte un éclairage nouveau sur les mécanismes organiques à la base des comportements sexuels.

IDENTIFICATION DES MECANISMES BIOLOGIQUES INHERENTS AU COMPORTEMENT

L'historique d'une espèce révèle les facteurs déterminants de l'évolution de son comportement alors que celui d'un individu indique ceux qui sont responsables du développement de ce comportement. Pour connaître les mécanismes mêmes du comportement d'un individu, il faut en étudier les structures et les conditions. L'objectif principal de la psychophysiologie (ou de la psychobiologie) est d'analyser les mécanismes corporels qui rendent tel comportement possible. Par exemple, dans le cas de l'apprentissage et de la mémoire, on essaie de découvrir la séquence des processus électrophysiologiques et biochimiques qui doivent se dérouler entre l'appréhension initiale d'un élément d'information et son éventuelle récupération dans la mémoire. Il est également important d'identifier les parties du système nerveux qui jouent un rôle particulier dans l'apprentissage et la mémoire. En ce qui concerne le comportement de reproduction, il faut connaître les développements corporels qui rendent ce comportement possible. Il est également nécessaire de comprendre les processus nerveux et hormonaux sous-jacents au comportement de reproduction.

Nous avons décrit quatre façons d'étudier le comportement et le tableau de la figure 5 montre comment chacune d'entre elles peut s'appliquer à trois types de comportement. En fait, l'examen de toutes les catégories de comportement - la sensation, la perception et la coordination motrice; la motivation et l'apprentissage, la mémoire et la cognition- devra être effectué sous l'angle de ces quatre perspectives.

Niveaux d'analyse appliqués à l'étude du cerveau et du comportement

Les tentatives d'explication du comportement nécessitent souvent la considération simultanée de plusieurs niveaux d'organisation biologique. Chaque niveau d'analyse traite d'unités dont la structure et l'organisation sont plus simples que celles du niveau supérieur. Le tableau de la figure 11 montre comment nous pouvons analyser le cerveau en unités successivement moins complexes, jusqu'au niveau des cellules nerveuses isolées et de leurs éléments encore plus simples.

Niveaux	Exemples
L'organe	Le cerveau, la moelle épinière
La région principale	Le cortex cérébral, le cervelet
Région sous-jacente	Le cortex moteur, le cortex visuel
L'unité fondamentale de traitement	Les circuits de cellules nerveuses
La cellule nerveuse	Les nombreuses variétés de cellules nerveuses (par exemple cellule pyramidale, cellule de Purkinje)
Contacts fonctionnels entre les cellules nerveuses	La synapse chimique
Régions fonctionnelles des membranes des cellules nerveuses	La région réceptrice de la synapse

Fig. 11 - Niveaux d'analyse du système nerveux

Une explication scientifique exige habituellement l'analyse d'une chose à un niveau d'organisation plus simple ou plus fondamental que celui de la structure ou de la fonction à expliquer. En principe, il serait possible de réduire chaque série explicative jusqu'au niveau moléculaire ou atomique mais, pour des raisons d'ordre pratique, on procède rarement ainsi. Par exemple, un spécialiste de la chimie organique ou un neurochimiste s'intéresse habituellement aux grosses molécules complexes et aux lois qui les régissent, et recherche rarement des explications au niveau atomique.

Naturellement, dans tous les domaines, on aborde les divers problèmes à différents niveaux d'analyse et des chercheurs différents exécutent souvent simultanément un travail fructueux à plusieurs niveaux. Ainsi, dans leur étude de la perception visuelle, les psychologues proposent des descriptions analytiques du comportement. Ils tentent de découvrir comment les yeux bougent pendant l'observation d'un motif visuel, ou comment le contraste entre les parties d'un motif visuel contribue à sa visibilité. En même temps, d'autres psychologues et des biologistes étudient les différences entre les systèmes visuels des diverses espèces animales et essaient de comprendre la signification adaptative de ces différences. Par exemple, quelle serait la relation entre la présence (ou l'absence) de vision des couleurs et le mode de vie des individus d'une espèce ? Simultanément, d'autres chercheurs retracent les structures et les réseaux du cerveau qui participent à divers types de discrimination visuelle. D'autres spécialistes des neurosciences s'emploient également à essayer de déceler les événements électriques et chimiques réalisés aux synapses du cerveau, lors d'un apprentissage visuel.

Plusieurs niveaux d'analyse d'un système ouvrent la porte à des applications utiles. Pour un problème donné, l'un des niveaux d'analyse se révélera plus pertinent que les autres. Par exemple, les problèmes usuels d'acuité visuelle sont créés par des variations de la forme du globe oculaire. On résout ces difficultés en prescrivant des verres correcteurs, sans pour autant qu'il soit nécessaire d'analyser les processus cérébraux sous-jacents à la vision des formes; par contre, une perte partielle de vision dans certaines parties du champ visuel laisse supposer

l'existence d'une pression sur les deux nerfs optiques, là où ils se chevauchent. Il peut s'agir d'un symptôme précoce de l'existence d'une tumeur dont l'excision pourrait restaurer la vision parfaite.

D'autres restrictions du champ visuel sont causées par des lésions ponctuelles de l'aire visuelle du cortex cérébral. Des recherches récentes ont démontré qu'un entraînement approprié peut contribuer à élargir le champ visuel dans certains de ces cas. Le fait que les crises épileptiques d'un individu soient régulièrement précédées de l'apparition d'une image visuelle étrange suggère la possibilité que cette personne soit affligée d'une cicatrice ou d'une blessure du cortex visuel. La compréhension du mécanisme de la vision des couleurs a progressé grâce à l'étude de la façon dont l'information provenant de différentes sortes de cellules rétinienne converge sur les cellules nerveuses, et de la façon dont ces cellules nerveuses traitent cette information. Les chercheurs étudient également comment le cerveau, au niveau des cellules nerveuses et de leurs connexions, analyse les informations d'origine visuelle.

Il faut décrire le comportement en termes d'actes ou de processus détaillés (description structurale ou analytique), ou en termes de résultats ou de fonctions (description fonctionnelle).

V - SCIENCES COGNITIVES (VOIR LE CHAPITRE PRECEDENT)

Les premiers philosophes grecs étaient persuadés que chaque personne devait avoir en elle quelque chose qui lui permettait de penser, de décider, de désirer, de se passionner, de s'émouvoir, de maîtriser ses comportements. Ce quelque chose devait être, selon eux, immatériel et distinct du corps. C'est à cette réalité personnelle, non matérielle, qu'Aristote donna le nom "d'âme".

Cette conception sera reprise et systématisée, au XVIIIème siècle, par Descartes. Celui-ci propose en effet une image de l'être humain constitué d'un corps, comme tout autre animal, et d'une âme logée dans le cerveau et chargée à la fois d'intégrer les informations en provenance du milieu (extérieur) et de générer les mouvements et les passions du corps. Ce dualisme cartésien sera pendant longtemps à la base des conceptions, d'une part de la psychologie se donnant à l'époque pour mission l'étude de l'âme siège de la raison et donc de toute connaissance, d'autre part de la médecine se donnant pour mission l'étude du corps (anatomie, physiologie, pathologie).

Au cours des XIXème et XXème siècle, la psychologie se définira successivement comme l'étude des activités mentales, l'étude de la conscience puis l'étude du comportement; la psychanalyse s'intéressera à l'étude de la soumission de la conscience à des forces inconscientes responsables de la plupart de nos actes.

De nos jours, la psychologie s'est enrichie des découvertes des neurosciences sur le fonctionnement du cerveau et sur ses rapports avec le comportement. Depuis le début des années 80, on assiste à la naissance des sciences cognitives par le rapprochement de plusieurs disciplines autour de faits humains nécessitant, pour leur compréhension, une approche multidisciplinaire. Les sciences cognitives partent du principe que l'organisme est un système qui agit intelligemment dans son environnement, en se faisant de celui-ci des représentations mentales qu'il adapte sans cesse à ses besoins et à ses croyances.

La compréhension de ce que nous sommes repose d'abord sur la connaissance des racines biologiques du comportement tant en ce qui concerne notre héritage génétique que ce qui a trait au fonctionnement de notre corps et, plus particulièrement de notre cerveau. C'est pourquoi l'étude du fonctionnement du cerveau se révèle être fondamentale dans la mesure où tout ce que nous faisons (de nos activités intellectuelles à nos pulsions en passant par nos comportements motivés) est régi par notre système nerveux en relation étroite avec les organes sensoriels, les muscles, les glandes, ainsi qu'avec les systèmes circulatoire, respiratoire et digestif. La connaissance toujours plus approfondie de la chimie du cerveau nous indique que les substances sécrétées par le cerveau sont chargées de déclencher et d'orienter les messages nerveux. C'est, en particulier, par l'action de ces substances que nous viennent les émotions, le stress, la faim, les rêves etc... L'existence de l'être humain consiste en une interaction constante avec le monde environnant permettant à l'individu d'assurer son adaptation et, par là, sa survie depuis sa naissance jusqu'à sa mort. A tout instant, l'être humain se trouve confronté à des situations dont l'importance varie en fonction de ses besoins ou des objectifs visés.

Il est donc à prévoir, dans un avenir proche, qu'aucune explication du comportement ou de l'activité mentale ne pourra plus être proposée sans qu'elle ne tienne compte des données fournies par les neurosciences.

Le déclenchement d'un comportement constitue la dernière étape d'une série de trois: la première, l'activation de l'organisme telle qu'elle résulte de la confrontation des conditions internes de la personne et des objets ou des situations présentes dans l'environnement, la seconde, le traitement que le cerveau fait subir à ces deux types d'informations externes et internes afin de mettre en place le comportement le plus adéquat compte tenu des éléments en présence et des expériences antérieures...