

LES REPRESENTATIONS DU CERVEAU : MODELES HISTORIQUES

Marie-Thérèse Mein

Une question essentielle posée dès le début des temps historiques est celle de la spécificité des phénomènes psychiques et de leur localisation, ainsi que celle du rapport entre ces phénomènes et notre corps matériel.

Au cours de l'Histoire des Sciences, la réponse à ces questions a pris des formes variées : thèse cardiocentrique ou céphalocentrique, cerveaux-machines, cerveau-mosaïque ou cerveau global se sont succédé ou plutôt ont coexisté sans se remplacer tout à fait. Le présent travail cherche à caractériser ces divers modèles explicatifs afin de mieux situer les modèles de notre temps.

Il ne s'agit pas ici de faire une étude exhaustive de l'Histoire des découvertes sur le cerveau, historique déjà largement étudié dans plusieurs ouvrages récents¹, mais bien d'essayer d'amorcer une réflexion sur les modèles explicites ou implicites utilisés par les différents auteurs à diverses époques.

Dans les ouvrages cités ci-dessous, il n'est pas fréquent de parler explicitement en terme de modèles (sauf Lanter-Laura, 1987) ; aussi le premier but de ce travail consistera à essayer de caractériser un certain nombre de conceptions-type auxquelles on puisse rattacher la pensée de tel ou tel chercheur.

Les modèles repérés sont le plus souvent de type analogique et on peut comparer ces analogies choisies au fil du temps, des modèles hydrauliques du XVII^e siècle à l'ordinateur de nos jours. Y-a-t-il eu remplacement d'un modèle périmé par un modèle plus "moderne" ? Y-a-t-il eu coexistence de plusieurs modèles ? Quels sont les modèles de notre temps ? C'est le but second de cet article d'apporter des éléments de réponse à ces diverses questions.

Enfin, si certains modèles anciens paraissent complètement dépassés (par exemple la localisation dans le coeur de phénomènes psychiques tel que les émotions, idée fondée sur des sensations élémentaires), ne peuvent-ils resurgir sous forme

(1) voir bibliographie : CHANGEUX, 1983 ; GOHAU, 1978 ; JEANNE-ROD, 1983 ; GIORDAN et alii, 1987 ; LURIA, 1978 ; LANTERI-LAURA, 1987 ; REUCHLIN, 1967.

de représentations-conceptions chez les enfants ou auprès d'un public non spécialisé ?

De fait, l'étude restera la plupart du temps "internaliste", c'est-à-dire ne cherchera pas à expliquer les changements de modèles par des variations dans les cultures en présence, mais seulement dans l'évolution de la science elle-même. Il n'en reste pas moins que les métaphores utilisées seront toujours très représentatives de "leur temps" (voir tableau récapitulatif).

Pour mémoire rappelons l'importance accordée au crâne (et au cerveau qui y est contenu ?) dès l'aube de la Préhistoire : collecte de crânes, élargissement du trou occipital en vue de consommer la cervelle et bien entendu, existence de trépanations préhistoriques soit pour soulager la pression intracrânienne à la suite d'un traumatisme, soit comme le soutiennent certains préhistoriens pour accroître le prestige des chefs.

1. LES CONCEPTIONS ANCIENNES

1.1. Des thèses cardiocentriques aux thèses céphalocentriques

Un papyrus du XVII^{ème} avant notre ère, mais sans doute rédigé vers 3000 avant Jésus-Christ, propose une série de cas de blessures à la tête avec la description précise des troubles consécutifs : nous y trouvons une première écriture du mot "cerveau" (figure 1).

En fait, pour les Mésopotamiens, les Hébreux et sans doute la plupart des Egyptiens, c'est le coeur qui est source de vie, d'intelligence et de sentiments. On peut lire dans un poème sumérien du XVI^{ème} siècle avant notre ère :

"O Reine, comment ton coeur a-t-il pu te soutenir, comment peux-tu encore vivre ?"

Cette idée fut réactualisée par Aristote ², à Athènes au IV^{ème} siècle avant J.C. ; il affirme que c'est le coeur qui est le siège des sensations, des passions, de l'intelligence ; le cerveau, composé d'eau et de terre ne joue que le rôle de réfrigérant.

Cette conception cardiocentrique n'est-elle pas pour une part encore ancrée dans nos mentalités ? Nous continuons à dire "avoir bon coeur, avoir le coeur sur la main, il est sans coeur, elle a des peines de coeur... etc..."

le cerveau n'est pas d'emblée considéré comme un centre psychique

(2) Pour les références sur les auteurs anciens, voir HECAEN et LANTE-RI-LAURA, 1977 ; et surtout LURIA, 1978

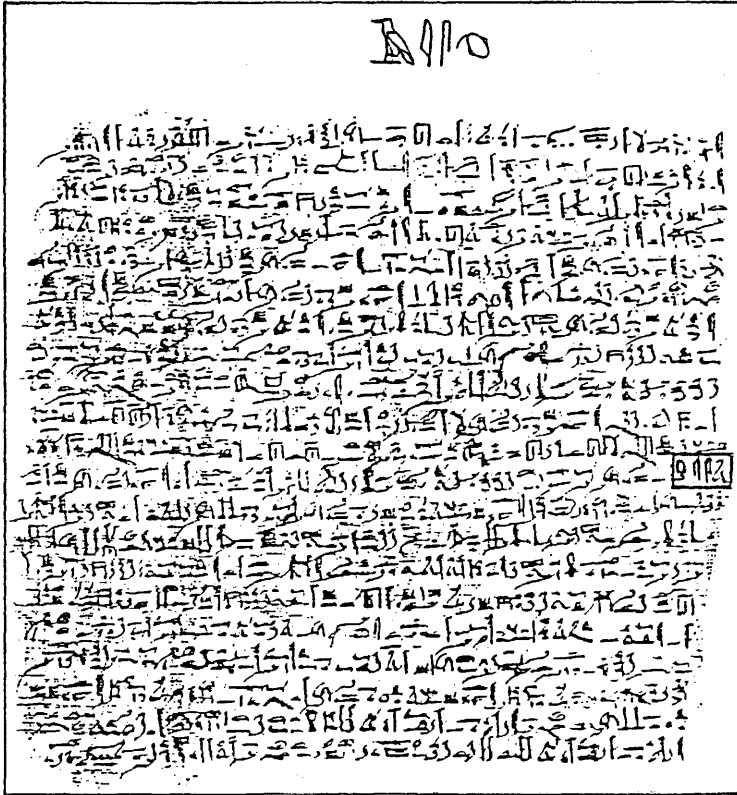


Figure 1: Fac-similé d'un papyrus égyptien (XVIIème siècle avant J.C.) avec le hiéroglyphe du mot "cerveau". D'après E.R. Kandel, 1982.

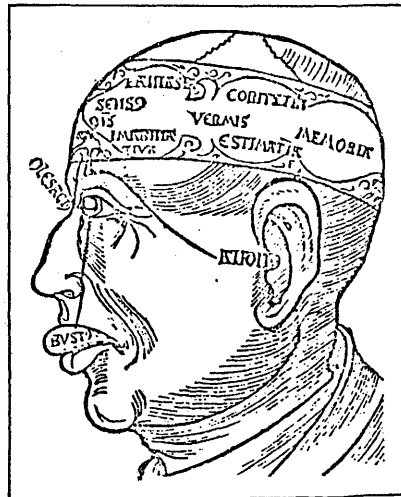


Figure 2: un des premiers modèles de subdivision de l'"âme" en facultés élémentaires, situées dans les ventricules. (XVIème siècle). D'après J.P. Changeux, 1983

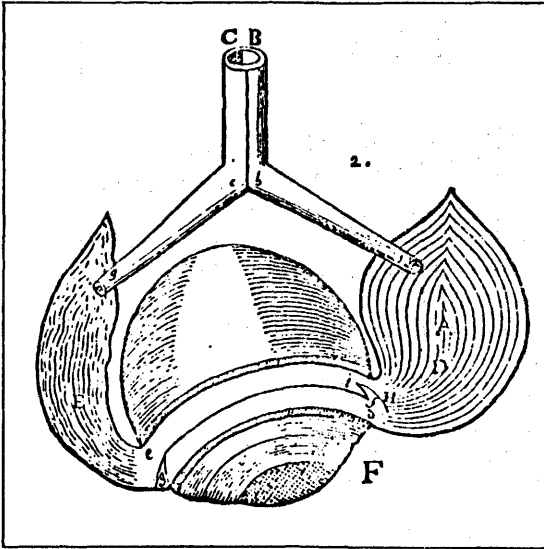


Figure 3: un modèle "hydraulique" de la contraction musculaire, d'après Descartes, in M. Jeannerod, 1983.



Figure 4: Structure du cerveau et des trois ventricules cérébraux selon un dessin de Léonard de Vinci illustrant les théories de son époque.

le coeur est candidat

Le sentiment de l'importance et même de la prédominance du coeur dans notre organisme se manifeste fréquemment à l'école élémentaire. Dès le Cours Préparatoire, le coeur est à peu près constamment présent sur des dessins de l'intérieur du corps ; plus tard, au niveau du Cours Moyen, des "fils" (nerfs ou vaisseaux sanguins joignent souvent coeur et cerveau). A la question "Qui commande, le coeur ou le cerveau ?" les réponses sont très partagées, le plus souvent dans le sens d'une primauté du coeur.

Enfin, pour des étudiants bacheliers, à la question "Citez cinq organes de votre corps dans l'ordre de l'importance que vous leur accordez", coeur et cerveau arrivent presque à égalité à la première place avec un léger avantage pour le coeur.³

Cependant, bien avant Aristote, parmi les Présocratiques, une thèse **céphalocentrique** avait existé : pour Démocrite, sensations et pensées ont une base matérielle dans des atomes fins, polis et ronds, toute sensation ou image dépendent de leurs mouvements.

Pour Démocrite encore, *"le cerveau, gardien de la pensée et de l'intelligence contient les principaux liens de l'âme"*.

les fonctions de l'"âme" sont logées dans les ventricules et fondées sur des fluides circulants

Hippocrate et son école, au siècle de Périclès, enrichissent cette thèse en étudiant les plaies du crâne et en montrant les relations entre le cerveau et des parties éloignées du corps.

C'est Platon qui sépare les parties intellectuelles des parties *"irascibles et concupiscibles"* et qui place les premières dans la tête.

Galien (131 après J.C.) développe l'idée d'un **pneuma** psychique qu'il dissocie de la substance du cerveau mais que les ventricules produisent et stockent. Ce **pneuma**, émanation de l'âme, circule dans les nerfs, mettant en relation cerveau, organes des sens et organes moteurs. Cet auteur divise l'âme en facultés motrice, sensible et raisonnable. Enfin, "l'âme raisonnable" est un ensemble complexe comportant imagination, raison, mémoire.

1.2. Esprit es-tu là ?

Vers les IV^{ème} et V^{ème} siècles de notre ère, les Pères de l'Église Némésius et Saint Augustin logent ces trois facultés dans les ventricules, connus et observés dans le cerveau. Ce thème des trois ventricules, siège des facultés intellectuelles, fut souvent repris et dessiné au moins jusqu'au XVII^{ème} siècle (figures 2 et 4).

(3) Marie-Thérèse MEIN, Mémoire de DEA, 1987.

le dualisme cartésien oppose à un cerveau-machine une âme immatérielle

Il s'agit en fait d'un modèle **hydraulique** avec réservoirs et fluides circulants. Descartes lui-même parle des "esprits animaux" (animal est ici l'adjectif correspondant au latin anima, c'est-à-dire, pour nous, "de l'âme") qui s'écoulent dans les ventricules puis dans les nerfs pour agir au niveau des organes (figure 3).

Dès la Renaissance cependant, les études véritablement anatomiques du corps humain reprennent, et le rôle des ventricules, trop simple, est discuté au profit de la substance cérébrale elle-même.

Avec Descartes, se fait jour un premier **dualisme** : les esprits animaux ne peuvent être confondus avec l'âme unique immortelle et immatérielle qui échappe ainsi à l'emprise matérielle du cerveau et du corps. L'âme unique est cependant rattachée au cerveau par la glande pinéale (seule partie du cerveau connue à l'époque et unique dans l'encéphale). Malgré cette fantaisie, c'est de Descartes que date un modèle qui sera très riche d'enseignement : celui du **corps-machine** et corrélativement nous rencontrerons de nombreux modèles de **cerveaux-machines**. Avant de les examiner, suivons un peu plus avant la piste du matérialisme, né de la dualité cartésienne corps-âme.

un premier courant matérialiste

Vers 1747, est publiée une "Histoire naturelle de l'âme" par La Mettrie qui causera beaucoup de difficultés à son auteur. Celui-ci met en avant l'existence d'un **principe** "*incitant et impétueux qui serait la source de tous nos sentiments et de toutes nos pensées. Ce principe existe et il a son siège dans le cerveau, à l'origine des nerfs par lesquels il exerce son empire sur tout le corps*".

sensualisme

Autour des années 1750, naît en Angleterre avec Locke, un **courant empiriste** qui s'intéresse à la manière dont s'effectue la connaissance : la pensée est **sensualiste** ; "*il n'y a rien dans l'entendement qui n'ait été auparavant la sensation*"; les données sensibles fondent toute connaissance. Cette importance fondamentale des perceptions sensorielles dans l'acquisition des connaissances laissera longtemps des traces dans les techniques éducatives ; jusqu'en 1970, l'observation sera la seule opération du raisonnement scientifique reconnue à l'école élémentaire, d'où l'impérialisme des "leçons de choses".

la pensée sécrétion du cerveau

A la fin du XVIII^{ème} siècle, le modèle prégnant est que l'expérience intérieure de la réflexion est un peu différente de l'expérience extérieure de la sensation. C'est la thèse de Condillac, reprise par Diderot. La participation du cerveau à la genèse des phénomènes mentaux et intellectuels n'est plus discutée. La pensée ne serait qu'une sorte de sécrétion ou le résultat

d'une digestion. Cabanis ⁴ écrit... "Nous concluons avec la même certitude, que le cerveau digère en quelque sorte les impressions ; qu'il fait organiquement la sécrétion de la pensée".

Bien auparavant, dès le XVIIème siècle, ont été établies des cartes du cerveau dans lesquelles sont distinguées substance grise et substance blanche. Ces deux substances sont bien séparées dans l'oeuvre de Willis, publiée en latin en 1664. Les ventricules ont perdu de leur importance ; à une première description anatomique se superpose une différenciation fonctionnelle : le cortex aurait un rôle dans la mémoire, le cervelet est le siège des mouvements involontaires et les corps striés, le lieu de convergences des impressions venant des organes des sens ; c'est le "sensorium commune".

les premières
connaissances
anatomiques

2. LES CERVEAUX-MACHINES

2.1. Les modèles hydrauliques

Après les premiers modèles hydrauliques la réfutation de la thèse d'un fluide circulant ne fut établie que lentement au cours du XVIIIème siècle. Monro constate qu'un nerf coupé ne laisse pas échapper d'eau ; c'est dans ce contexte que l'expérience célèbre de J. Swammerdam qui montre que le muscle se contracte sans changement de volume, prend tout un sens. Les esprits animaux deviennent un **vis nervosa**, toujours véhiculée par un fluide nerveux ; un moment l'idée d'une force électrique est soulevée, mais les arguments contre cette hypothèse restent majeurs : les nerfs ne paraissent pas "isolés" électriquement, et personne ne pourra produire la moindre étincelle avec la substance nerveuse !

de la vis nervosa
au premier mo-
dèle électrique

2.2. Les modèles électriques

Pour arriver au **modèle électrique**, il faudra passer par le long détour de l'"irritabilité" du muscle et du nerf. En 1791, Galvani montre qu'une préparation isolée "muscle-nerf" est sensible à une décharge électrique. De plus, le contact d'une telle préparation avec un muscle fraîchement sectionné provoque une contraction : le muscle "produit" de l'électricité.

Vers 1848, Dubois-Reymond finit par assimiler la "vis nervosa" à la propagation de quelque chose de comparable à l'électricité : l'**influx nerveux**. Notons au passage que ce terme d'influx que nous utilisons encore, garde un certain rapport avec les liquides (flux = écoulement). Ce modèle électrique du

(4) CABANIS P.G.J. Rapport du Physique et du Moral, 1802.

fonctionnement du cerveau inaugure une longue lignée de **cerveaux-machines** qui poursuivra les analoges jusqu'à nos jours.

2.3. Le cerveau-miroir

La description de Willis comporte l'intuition de la notion de réflexe : si l'impression est faible, elle ne dépasse pas le niveau des corps striés, **s'y réfléchit** et ressort sous la forme d'un mouvement qui reste inconscient. Cette idée de réflexe fera fortune plus tard avec l'oeuvre de Prochaska (1779 et 1784) et, avec elle, un modèle de **cerveau-miroir**. Le fonctionnement du système nerveux est conçu comme une réaction à une excitation provenant de l'extérieur ; de même qu'un miroir renvoie avec un certain angle le faisceau lumineux qui l'atteint, le cerveau renvoie une réponse, fonction de l'excitation qui l'a déclenchée.

Le concept sera affiné avec les travaux de Magendie (sens de circulation de l'influx dans les racines nerveuses) et en 1877, Pflüger rapproche les réflexes de l'animal d'une forme de conscience de la moelle.

Dès 1885, le philosophe Herbert Spencer, fortement influencé par les travaux sur les réflexes, propose la double idée suivante : le réflexe est déjà un acte physique et le psychisme est un assemblage de réflexes.

En 1863, cette thèse est radicalisée par Setchenov qui écrit : *"Tous les mouvements connus en physiologie pour être des mouvements volontaires sont des mouvements réflexes au sens strict du mot. La cause initiale de toute activité humaine se trouve hors de l'Homme"*, rejoignant ici le sensualisme du XVIIIème siècle.

Evidemment, cette idée d'un fonctionnement "stimulus-réponse" comme fondement du psychisme sera à la source du **Behaviourisme** (Watson, 1900) dont les applications "pédagogiques" de type "récompense-punition" sont bien connues.

La fin du XIXème siècle voit se développer une élaboration plus complexe de l'idée de réflexe. Avec le travail de Pavlov et de son école, certains réflexes sont permanents et innés, ce sont les réflexes absolus ; d'autres sont acquis, temporaires et individuels, ce sont les réflexes conditionnés ; ils s'installent chaque fois que l'on fait coïncider un agent indifférent avec l'excitant absolu d'un réflexe. En rapportant les processus psychiques ou mentaux à des réactions nées en dépendance avec le monde extérieur, Pavlov appartient bien à la tradition sensualiste et empiriste, mais par la relation qu'il établit entre ces phénomènes psychiques et un "état central" du cerveau (le cerveau devient, dans un réflexe conditionné, créateur d'associations nouvelles) il, s'écarte notablement des thèses du Behaviourisme qu'il critique par ailleurs violemment.

il est contemporain d'un modèle de **cerveau-miroir** qui "réfléchit"

le concept de réflexe est précisé et étendu à l'ensemble du fonctionnement cérébral

2.4. Cerveau-ordinateur

Après la mise en place des connaissances sur le neurone, le cerveau est conçu comme l'assemblage de milliards d'unités élémentaires et le plus actuel des cerveaux-machines devient le **cerveau-ordinateur**.

Cette comparaison est utilisée dès l'école maternelle et par les enfants de l'école élémentaire avec une plus ou moins grande précision. "*Le cerveau, c'est comme un ordinateur, y-a des fils partout ! (Cours Moyen)*" ou au contraire "*Le cerveau, c'est comme le nanoréseau : y a une mémoire centrale, et le reste, c'est comme les p'tits postes des élèves...*" ou encore "*Notre cerveau, c'est comme la disquette : il contient des informations qui peuvent être redonnées (Cours Moyen)*".

le plus actuel des modèles celui du cerveau-ordinateur, employé de la "maternelle à l'université" et jusque dans les laboratoires de Neurobiologie

Dès 1943, W.S. Mac Culloch et W. Pitts publient un article dans lequel, chaque neurone ayant une activité "tout ou rien" et chaque neurone étant relié à beaucoup d'autres par l'intermédiaire des synapses, le rôle d'un ensemble de neurones est assimilé à une machine logique. Ce premier système conduit à des réalisations techniques semble-t-il un peu trop simples⁵. Par la suite, l'explosion des machines informatiques s'est faite sans références explicites avec le fonctionnement de notre cerveau si ce n'est au niveau des performances.

Vers les années 1980 par contre, l'idée qui a prévalu est que notre encéphale est plutôt une machine de type connexionniste (ou analogique) : les neurones travaillent en grand nombre en parallèle, 45 millisecondes d'analyse suffisent à reconnaître un visage, l'information serait stockée non dans une cellule-mémoire, mais dans des configurations de réseaux de neurones en activité : certains ordinateurs essaient d'imiter ce type de fonctionnement.

La modélisation se développe donc dans un double sens :

- construire une "connection-machine" fonctionnant sur le principe des réseaux complexes,
- mieux comprendre le fonctionnement de notre cerveau en analysant les performances de la machine.

2.5. Cerveau-usine chimique

En parallèle s'élabore le modèle de **cerveau-usine chimique**, présent dès le XIX^{ème} siècle, mais que les très nombreuses recherches actuelles sur les multiples substances produites

(5) COMMIOT D., 1987. L'ordinateur à neurones.

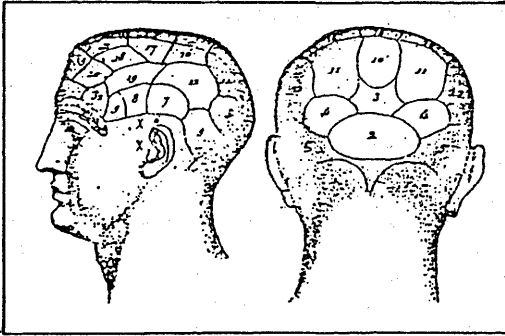


Figure 5: Représentation phrénologique du modèle de Gall. D'après F. Broussais 1836.

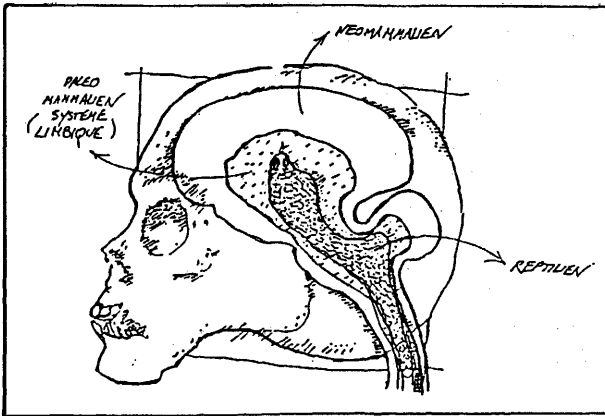


Figure 6: Représentation caricaturale du cerveau tri-unique. D'après J.D. Vincent, 1985.

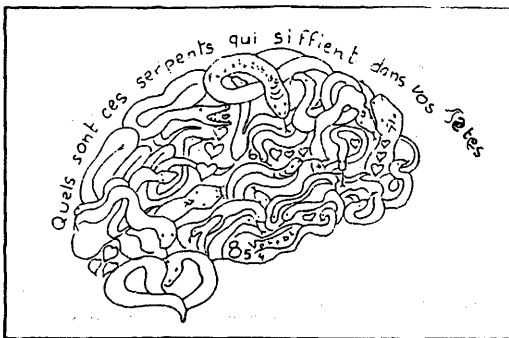


Figure 7: Extrait de Cahiers pédagogiques n° 244-245. 1986

ou mises en cause dans la physiologie de notre encéphale viennent renforcer ⁶.

C'est aussi le **cerveau-glande** des neurophysiologistes ; J.D. Vincent ⁷ écrit : *"Le cerveau est une glande endocrine qui libère dans le sang un certain nombre d'hormones et est souvent soumis aux rétroactions de ces dernières..."*

Ce modèle comme celui de l'ordinateur débouche sur de très importantes applications pratiques : compensation des substances produites en trop faibles quantités (traitement des nanismes, des stérilités) et plus encore tranquilisants, anti-douleur, modificateurs de l'humeur, camisole chimique etc...

le cerveau est aussi une usine chimique ou fonctionne comme une glande endocrine

3. CERVEAU-MOSAÏQUE OU CERVEAU UNITAIRE ?

A côté des avatars des "cerveaux-machines" deux thèses déployées dès le XVIIIème siècle, alimenteront de nombreuses polémiques : les thèses **localisationnistes** qui segmentent le psychisme en fonctions dissociables et les thèses **unitaristes** souvent spiritualistes qui unissent ce même psychisme au sein d'une entité globale.

3.1. Les localisations cérébrales

Le cours du XVIIe siècle verra apparaître des cartes de plus en plus précises du système nerveux et, à ce repérage anatomique, est lié l'idée d'une localisation des fonctions : le modèle devient celui d'un cerveau-mosaïque. A la suite de Meyer (1779), il faut naturellement citer Gall.

D'abord remarquable anatomiste, il met au point une analyse de 27 facultés dont 7 sont propres à l'homme, qu'il estime innées, essentielles et irréductibles (voir figure 5). On y trouve pêle-mêle instinct de propagation (nous dirions sexuel), goût pour les rixes (pour nous, agressivité) et d'autres dont les recherches actuelles ont bien montré l'individualité, avec amour de la gloire, talent poétique ou dévotion dont l'innéité laisse actuellement perplexe. Un peu plus tard, sa théorie sera poussée à l'extrême dans la phrénologie, connaissance des tendances d'une personne fondée sur la palpation des bosses de son crâne. Cette thèse combattue par les physiologistes et certains penseurs comme symbole du matérialisme, eut cependant un long succès dans le public ("il a la bosse des maths...").

des thèses localisationnistes apparaissent au XVIIIème siècle

la plus populaire est la phrénologie due à Gall

(6) ENJALBERT A., EPELBAUM J., 1986. Le cerveau hormonal.

(7) VINCENT J.D., 1986. Biologie des passions.

Les faits à l'appui de la théorie localisationniste ne viendront pas de la phrénologie, mais des physiologistes travaillant particulièrement sur le langage.

En 1861, les cas présentés par Broca, puis par Wernicke montrent à la fois l'existence d'aires indispensables à l'accomplissement correct d'une fonction et la dissymétrie fonctionnelle des deux hémisphères.

des centres spécialisés commandent le langage

La fin du XIX^{ème} siècle offre une imposante série de recherches qui s'attachent à faire coïncider les fonctions psychiques les plus complexes avec des zones de l'encéphale fonctionnant comme "centre". En 1909, Brodman publie des cartes de localisation très précises dont la nomenclature est encore utilisée.

De nos jours, des techniques très récentes comme celle de la caméra à positrons qui enregistre des variations locales de débit sanguin ou de consommation de glucose ou oxygène, ont réussi à produire de très belles images aux couleurs reconstituées par ordinateur, de zones du cortex plus particulièrement actives en relation avec certains comportements (lecture ou mouvement d'un doigt par exemple).

3.2. Un découpage en niveaux d'organisation

La tendance au découpage du cerveau peut se faire également en zones non plus "horizontales" dans le cortex, mais en **niveaux d'organisation**.

le cerveau peut aussi être divisé en niveaux d'organisation

Dès le XIX^{ème} siècle, Jackson appuie sa réfutation des thèses de Broca sur la mise en évidence d'étages successifs dans la construction du cerveau : niveau médulaire, bulbaire, niveau moyen, niveau supérieur (les régions frontales). Pour lui, la localisation d'un symptôme ne peut être liée à la localisation de la fonction.

Dans la même ligne, furent mises en évidence des structures internes, centres sous-corticaux comme le système limbique (Mac Lean, 1949). Le même Mac Lean produit en 1945 un modèle nouveau : **le cerveau tri-unique**.

le cerveau tri-unique

"Au cours de l'évolution, le cerveau des Primates se développe selon trois schémas principaux qui peuvent être qualifiés de reptilien, paléo-mammalien et néo-mammalien : il en résulte une remarquable association entre trois cérébrotypes qui diffèrent radicalement par leur chimie et par leur structure... Il existe pour ainsi dire une hiérarchie de trois cerveaux en un, ce que j'ai appelé "cerveau tri-unique". On peut en déduire que chaque cérébro-type a sa propre forme d'intelligence, sa propre mémoire spécialisée et ses propres fonctions motrices et autres. Bien que les trois cerveaux soient étroitement interconnectés et dépendent fonctionnellement l'un de l'autre, il est prouvé que chacun est capable d'opérer indépendamment des deux autres".

L'idée de trois cerveaux superposés et surtout celle d'un cerveau reptilien a suscité la verve des caricaturistes (figure 6 et 7).

3.3. Des hémisphères spécialisés

Un dernier type de dualité de fonctionnement est apparu avec les travaux de Sperry (1968) sur la spécialisation des hémisphères, spécialisation qui permettrait d'individualiser cerveau droit et cerveau gauche et même d'opposer ces deux moitiés de notre encéphale, en oubliant trop souvent qu'il n'y a qu'un seul "maître-cerveau sur son Homme perché" comme le souligne plaisamment Paul Valéry. Cette notion de latéralisation fonctionnelle des hémisphères a donné lieu à diverses exploitations dans un sens innéiste ou héréditariste (cerveau des femmes...).

Enfin, récemment, un élève de Sperry, Michaël Gazzaniga, introduit le terme de **conception modulaire** : "*Nous sommes le siège d'une confédération de systèmes mentaux...*"⁸.

L'accent est mis sur la circulation de l'information entre les divers "blocs de la mosaïque"⁹.

3.4. Un cerveau global

Parrallèlement à l'existence des thèses localisationnistes une école de pensée antilocalisationniste a coexisté.

Dès 1769, Haller avait émis l'idée que l'encéphale fonctionne globalement pour transformer les impressions en processus psychiques car une atteinte focalisée peut provoquer des déficits variés et les altérations occasionnées peuvent se compenser dans une certaine mesure.

Un demi-siècle plus tard, Flourens (1824) se fonde sur des données expérimentales pour exprimer la même idée : il observe que la destruction de divers secteurs du cortex des oiseaux pouvaient se compenser sur le plan des comportements. Ses expériences les plus célèbres ont consisté à intervenir les nerfs fléchisseurs et extenseurs de l'aile d'un coq pour observer que le vol était de nouveau possible. Selon Flourens "*la masse des hémisphères cérébraux est physiologiquement aussi homogène et équivalente que la masse d'une glande quelconque par exemple le foie*".

Bien sûr nous savons maintenant que le cortex des Oiseaux est moins spécialisé que celui des Mammifères et que les essais de croisement des nerfs ne donnent pas chez l'homme des résultats parfaits ; il n'en reste pas moins que les expériences de Flourens constituent un progrès manifeste sur les spéculations employées par ailleurs à la même époque (Gall). Elles mettent en évidence des conceptions dynamiques de l'activité cérébrale et une possible plasticité du cortex.

(8) GAZZANIGA Michaël, 1987. *Le cerveau social*. Trad. Robert Laffont.

(9) BULLIER Jean, 1983. *Les cartes du cerveau*.

la spécialisation
des hémisphères

un cerveau social
où circule l'infor-
mation

le cerveau unitaire

une relative plasti-
cité cérébrale

La tendance à localiser trop précisément les phénomènes psychiques continuait à susciter des doutes profonds. Le célèbre physiologiste allemand Golz (1876-1881) refait les expériences de Flourens mais cette fois-ci sur des chiens, en détruisant certaines parties des hémisphères cérébraux : il obtient des modifications plus ou moins profondes des comportements de l'animal, mais peu à peu, les troubles s'atténuent ou disparaissent et le chien récupère une partie de ses fonctions.

Pour Golz "... n'importe quelle partie du cerveau est en relation avec la formation de la volonté, des sensations, des représentations et de la pensée". Cet auteur attire donc l'attention sur un fonctionnement d'ensemble du cerveau, mais ses observations ne comportent comme référence que des critères peu différenciés : volonté, intellect etc...

Cinquante ans plus tard encore, Lashley entreprend les mêmes expériences mais sur le rat et reprend les mêmes arguments. Il aboutit à la conclusion que le degré de perturbation du comportement dépend directement de la masse de substance enlevée.

Ces thèses furent violemment critiquées par Pavlov, mais elles rencontrèrent un écho favorable du côté de la Psychologie de la Forme, théorie dans laquelle la structure mentale du sujet organise la "forme" de la perception et oriente de ce fait, l'élaboration de la représentation. Les cadres de la pensée sont innés et/ou développés indépendamment de l'expérience. Le rejet de l'analyse détaillée du physiologiste fut donc bien accueilli : une conduite "intégrale" est rapportée à un cerveau "intégral".

Il faut retrouver ici les thèses de Jackson qui lors de ses discussions avec Broca avait formulé des arguments sérieux contre les idées trop étroitement localisationnistes : la lésion d'un secteur défini, limité ne conduit jamais à la perte totale de la fonction. Par exemple un malade ne peut exécuter une action volontairement : à la demande de son médecin de prononcer le mot "non", il peut répondre : "non ! Docteur, je ne peux absolument pas dire non !". Réponse paradoxale qui montre à l'évidence que c'est la partie "volontaire et consciente" de la fonction qui a disparu. Dès 1870, Finkelburg interprète le langage comme une "fonction symbolique" complexe.

Au début du XIXème siècle, sous l'influence de la philosophie idéaliste et de la psychologie, les auteurs qui adoptent la conception d'une "fonction symbolique" pour le cerveau deviennent plus nombreux.

Bergson (1896)¹⁰ et surtout l'école de Wurzburg¹¹ avancent l'idée que la pensée abstraite est un processus primaire, indé-

le cerveau a également un fonctionnement d'ensemble

(10) in JEANNEROD, 1983.

(11) in REVEHLIN, 1967.

pendant, ne pouvant se réduire aux images sensorielles et à la parole.

l'accent est mis sur les fonctions "abstraites" du cerveau mais le modèle reste celui du central téléphonique

Cependant pour Bergson, "le cerveau ne doit pas être autre chose... qu'une espèce de bureau téléphonique central : son rôle est de donner la communication ou de la faire attendre". Pour lui, notre cerveau est un instrument d'action et d'action seulement ; il y a une différence de degré et non pas de nature, entre les facultés dites perceptives du cerveau et les fonctions réflexes de la moelle épinière. C'est avec une métaphore plus moderne, le modèle du cerveau-miroir.

pourant le cerveau a bien un fonctionnement global

Des neurologues se mobilisent également sur ces idées d'une activité symbolique et, en particulier Head (1926) et Goldstein (1934, 1942, et 1948), pour lesquels la forme fondamentale des processus psychiques se réalise dans des schémas abstraits : leur position fut compliquée par les avancées localisationnistes, mais ces auteurs mettent l'accent sur des notions telles que la "vigilance" (Head) ou "l'orientation abstraite" ou encore "l'attitude catégorielle" (Goldstein) qui permettraient de s'abstraire du contexte pour atteindre le niveau de la signification et de la représentation. Pour Cassirer, en référence avec la notion kantienne de symbole, certains déficits observés pourraient s'expliquer par une incapacité à apprécier le contenu symbolique des objets ou des situations. Le cortex n'est plus un simple relai dans le traitement des informations en provenance de l'extérieur, il a des fonctions propres et globales. Les représentations liées à ces façons de voir généralement de type organigramme, et sous l'influence de la cybernétique de type servo-mécanisme (figure 8 et 9).

4. UN CERVEAU QUI SE CONSTRUIT

Est-il possible de concilier les thèses localisationnistes et les thèses globalistes ?

le cerveau auto-organisateur

Les localisationnistes nous ont montré l'importance et la richesse des découvertes dans une démarche analytique et expérimentale. Si on met de côté les aspects caricaturaux, ces techniques sont la source de connaissances essentielles dont les applications pratiques sont multiples, dans le domaine médical en particulier.

Les thèses globalistes limitent utilement les déviations d'un "cerveau éclaté" et ont suscité de nombreux problèmes et concepts : elles mettent l'accent sur l'intérêt qu'il y a à relier anatomie et faits de comportement d'un organisme dans son ensemble.

Pour concilier les deux thèses, neurologues et physiologistes proposent en général une théorie de la "localisation dynamique" des fonctions du cerveau (Luria, 1978) avec une révision fondamentale de la notion de fonction, conçue non plus comme

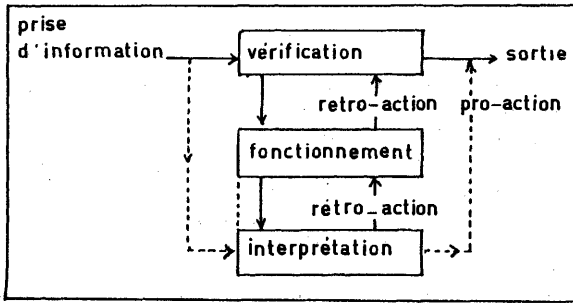


Figure 8: Un modèle de cerveau servo-mécanisme.
D'après K. Pribram

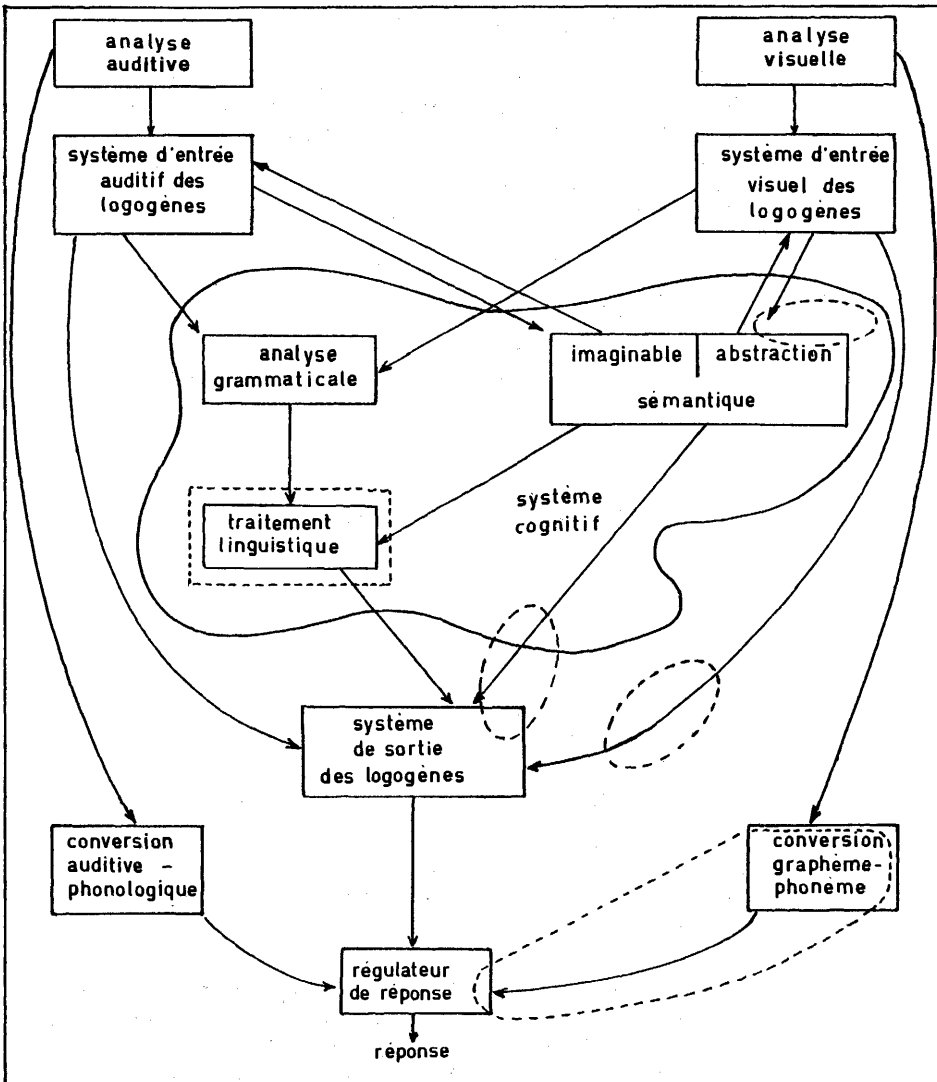


Figure 9: Modèle de la fonction Lecture sans essai de localisation d'après J. MORTON
La Recherche, 1983.

l'exercice de tel ou tel organe, mais comme un processus intégrateur d'une série de fonctionnements élémentaires et d'informations venues de l'extérieur de l'organisme.

Les travaux les plus récents, sur le rôle de certains neurones ou plutôt de configurations de neurones (Changeux, 1984) ; Jeannerod, 1983) sur des comportements d'apprentissage (chaton actif-chaton passif, Held et Hein, 1963)¹² permettent d'établir un modèle de **cerveau auto-organisateur** (Paillard, 1983) intégrant l'expérience, non par accumulation successive comme dans l'empirisme sensualiste, mais par organisation dans des configurations de neurones, de représentations du réel à travers une action sur l'environnement. Ce modèle s'oppose évidemment au modèle innéiste (ou nativiste) parfois proposé, en particulier pour l'acquisition du langage (Chomsky, 1979), modèle non sans relations avec la Psychologie de la Forme, dans lequel le cerveau se construit de l'intérieur. Le problème n'est donc pas tranché.

Bien au contraire, G.Lanteri-Laura, 1987 souligne : *"une situation inédite : plusieurs modèles régionaux et partiels, plus pertinents ici et moins pertinents là coexistent ; aucune synthèse vraiment unifiante ne paraît praticable..."*

Et l'âme ? Jean Bernard, 1987 pose la question et fait le point de la situation :

"En l'état actuel, trois hypothèses demeurent possibles : l'hypothèse athée (nous dirions matérialiste), est assurément renforcée par les progrès de la biologie. Renforcée seulement. Elle ne peut être aujourd'hui ni assurée ni écartée. L'hypothèse spiritualiste (qui si longtemps a été la seule) demeure aussi faible, aussi forte que par le passé. Nos méthodes scientifiques actuelles ne peuvent là encore ni la confirmer ni la réfuter. La troisième hypothèse est évolutive. Elle prend acte de l'impasse présente. Elle prévoit que l'avenir apportera la solution."

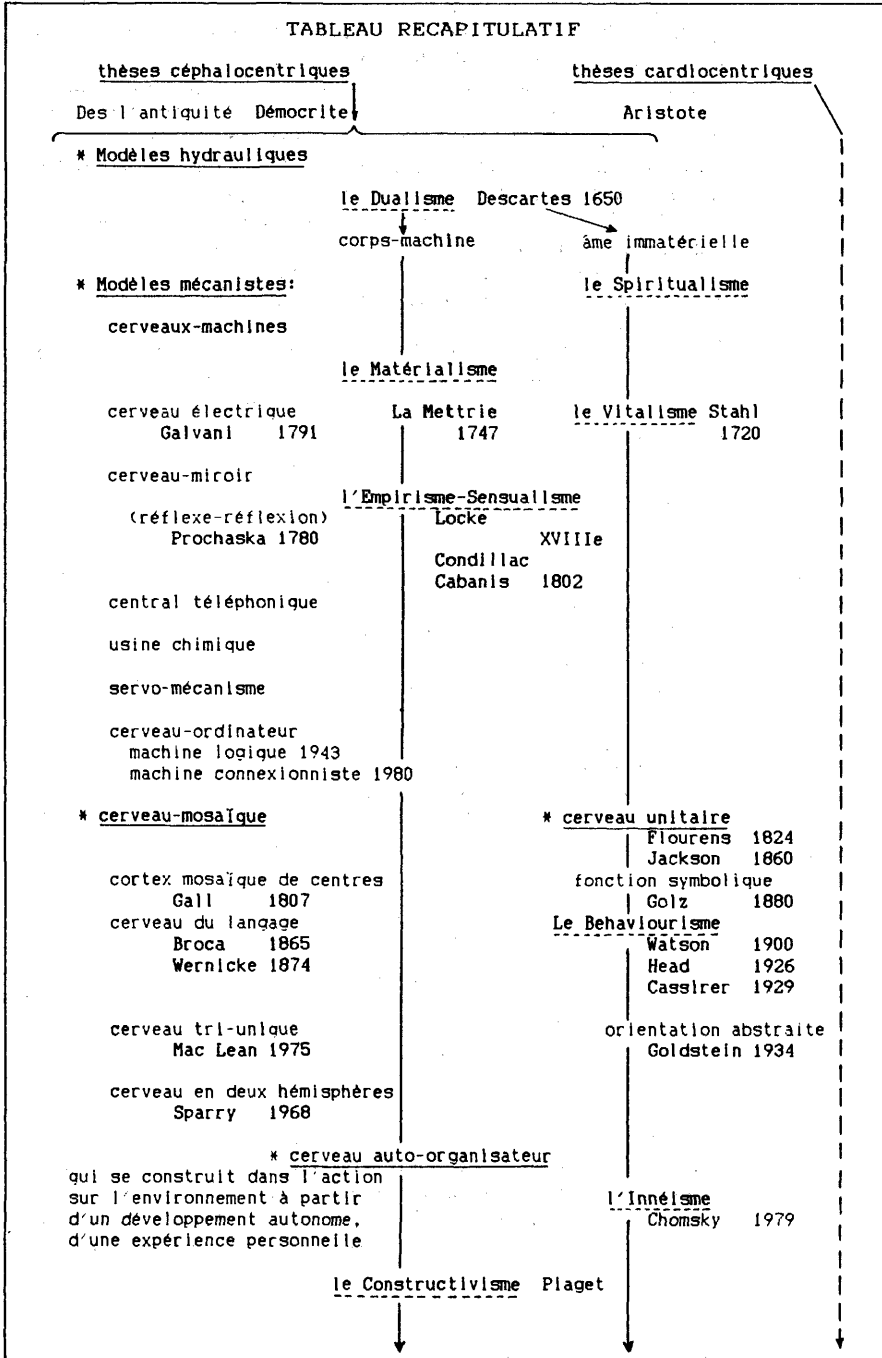
Il nous semble avoir montré, au travers de ce rapide survol des conceptions sur le cerveau et ses fonctions que la découverte scientifique, bien loin de progresser de manière linéaire vers un progrès constant, fonctionne en fait à travers quelques idées qui réapparaissent à chaque époque sous des formes différentes et avec des métaphores ou analogies propres à cette époque.

Il faudrait d'ailleurs discuter sur la valeur de modèle de la plupart de ces conceptions. Généralement, il s'agit de métaphores destinées à faire comprendre le propos de l'auteur. Ainsi La Mettrie au début du XVIII^{ème} siècle utilise-t-il la métaphore musculaire : *"car le cerveau a ses muscles pour penser comme*

les conceptions
sur le cerveau res-
tent multiples

(12) in JEANNEROD, 1983.)

TABLEAU RECAPITULATIF



modèles ou métaphores ?

les jambes pour marcher", pour exprimer fortement sa pensée matérialiste sur le problème de l'âme. De plus chacune de ces métaphores peut avoir une signification différente selon la personne qui l'emploie : il est bien clair que le chercheur en intelligence artificielle qui utilise la métaphore de l'ordinateur le fait dans un contexte complètement différent de celui de l'enfant qui emploie le même vocabulaire (... parce qu'il y a beaucoup de fils !) et pour lequel l'ordinateur est justement une merveilleuse boîte noire au fonctionnement de laquelle il ne peut accéder.

Concluons à l'aide d'une paraphrase de R. Ornstein et R. Thompson ¹³. Depuis des millénaires, les hommes ont cherché à comprendre ce qu'est leur cerveau. Au cours de ce dernier XXème siècle, il a été successivement comparé à toutes les inventions les plus performantes connues : le central téléphonique en début de siècle, l'ordinateur (ou cerveau électronique !) de nos jours, sans parler de l'analogie avec l'hologramme (qui est plutôt une analogie, d'ailleurs à double sens, pour la vision ou la mémoire). Sans doute d'autres comparaisons surgiront-elles au fur et à mesure des inventions ; mais ce que chacun de nous sait au fond de lui-même, c'est que notre cerveau est plus que toutes ces inventions aussi brillantes soient-elles. Notre cerveau reste pour longtemps un "jardin extraordinaire".

Marie-Thérèse MEIN
Ecole Normale d'Instituteurs du Rhône
Laboratoire Interdisciplinaire de
Recherches en Didactique des Science,
Université LYON I

BIBLIOGRAPHIE

BULLIER J., 1983. Les cartes du cerveau. *La recherche*, n° 148, vol 14 pp. 1202-1215.

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

CHOMSKY N., 1979 "A propos des structures cognitives et de leur développement. Une réponse à J.Piaget", dans *Théories du langage, théories de l'apprentissage*. Paris, Le Seuil. pp. 65-87.

(13) R.ORNSTEIN - R.THOMPSON, 1987. *L'incroyable aventure du cerveau*. Traduction Interéditions Paris.

- COMMIOT D., 1987. **L'ordinateur à neurones**. *Sciences et Avenir*, n479.
- ENJALBERT A., EPELBAUM J. 1986. **Le cerveau hormonal**. Collection Sciences et Découvertes. Le Rocher.
- GALL F.J., 1810-1819. **Anatomie et physiologie du système nerveux en général et du cerveau en particulier**. Paris.
- GAZZANIGA M., 1987. **Le cerveau social**. Paris, Robert Laffont, Original : **The social brain**, New-york, Basic Books, 1985
- GIORDAN A et alii, 1987. **Histoire de la Biologie**. T.1. Paris Technique et Documentation Lavoisier.
- GOHAU G., 1978. **Biologie et biologistes**. Paris. Magnard.
- JEANNEROD M., 1983. **Le cerveau-machine**. Paris. Arthème Fayard, 1983.
- LANTERI-LAURA G., 1987. **Clefs pour le cerveau**, Paris Seghers.
- LAZORTHES G., 1982. **Le cerveau et l'esprit**, Paris. Flammarion.
- LURIA A.R., 1978. **Les fonctions cérébrales supérieures de l'Homme**, Paris. Presses Universitaires de France,
- ORNSTEIN R., THOMPSON R., 1987. **L'incroyable aventure du cerveau** Paris : Interéditions Paris. Original : **The Amazing Brain**, Houghton Mifflin Compagny. Houston. 1984.
- PAILLARD J.M., 1983. "Les sciences du système nerveux et le formalisme du hasard organisationnel" dans Colloque de Cerisy-L'auto-organisation. Paris. Seuil.
- REUHLIN M. **Histoire de la psychologie**. Paris, PUF. Que Sais-Je ? n° 732.
- TROCME H. 1986. "Trois cerveaux pour apprendre". *Cahiers pédagogiques*, n° 244-245 p. 30-33.
- VINCENT J.D., 1985. **Biologie des passions** Paris. Seuil.