

vous avez dit ...

pédagogie

L'ASYMÉTRIE CÉRÉBRALE

Lilly Bornand

**n° 48
septembre 1998**

Sciences de l'éducation *Université de Neuchâtel*
Espace Louis-Agassiz, 2000 Neuchâtel
(032) 720 86 06 & 720 83 41 FAX (032) 721 37 60
E-mail: marc@lettres.unine.ch
Internet <http://www.unine.ch/sed/>

VOUS AVEZ DIT ...

PÉDAGOGIE

L'ASYMÉTRIE CÉRÉBRALE

Lilly Bornand

**n° 48
septembre 1998**

**UNIVERSITÉ DE NEUCHÂTEL
SCIENCES DE L'ÉDUCATION
Espace Louis-Agassiz 2000 Neuchâtel
Tél. (032) 720 86 06 & 720 83 41 Fax (032) 721 37 60
E-mail : pierre-marc@lettres.unine.ch
Internet <http://www.unine.ch/sed/>**

Plan

Avertissement	3
1. Approche historique	4
1.1 Deux modes de saisie du réel	
1.2 Fonctionnement des deux hémisphères	
1.3 Fonctions « spatiales » de l'hémisphère droit	
1.4 Comparaison des caractéristiques modales des hémisphères droit et gauche	
2. Approche scientifique, le cerveau et son fonctionnement	6
2.1 Niveaux de complexité	
2.2 Les cellules et leurs synapses	
2.3 Les hémisphères : latéralité et dominance	
2.4 Le langage	
2.5 Le cerveau pensant	
3. Développements pédagogiques de l'asymétrie cérébrale	11
3.1 « La main sauvage » ou le problème des gauchers	
3.2 La main et le cerveau	
3.3 Naît-on gaucher ?	
3.4 La main inversée	
3.5 Fonctions manuelles et langagières	
3.6 L'inné et l'acquis	
3.7 La dyslexie	
3.8 Le bégaiement	
3.9 Le chant et ses organes	
4. Conclusion	20
Bibliographie et lectures intéressantes	22
<i>Vous avez dit... pédagogie</i>	23

Avertissement

Il y a une vingtaine d'années, peut-être se serait-on étonné qu'une revue de sciences de l'éducation livre à ses lecteurs une information sur l'asymétrie cérébrale. Il faut dire qu'il n'était guère alors possible d'en parler autrement qu'en termes hypothétiques et l'étonnement qu'un organe symétrique soit le siège d'une différenciation de ses deux parties était bien compréhensible. Maintenant, la certitude est acquise : cerveaux droit et gauche se différencient très tôt dans la vie et se spécialisent au point que l'un devient plutôt le siège de la sensibilité et l'autre plutôt celui de la logique cartésienne. En le disant volontairement de manière aussi simple, sans doute caricature-t-on beaucoup, et les spécialistes des neurosciences auront beau jeu de critiquer une présentation aussi simplificatrice. Mais il s'agit d'attirer l'attention du corps enseignant sur le fait que nous sommes à l'aube d'une révolution pédagogique, qui prendra corps dès le début du siècle prochain. En ce qu'il est le siège de deux facettes si manifestement tranchées, l'être humain ne peut qu'apprendre de deux manières - complémentaires - et on s'efforcera à l'avenir de lui proposer des situations où cette double dimension soit aussi constamment que possible mobilisée. Nous sommes à la veille d'une systématisation des apprentissages bipartites et de l'abandon des situations scolaires ne s'adressant qu'au cerveau gauche de l'élève et à sa raison logique.

C'est dans cette perspective que Lilly Bornand, dont on va lire le premier chapitre de la thèse, entend développer une pédagogie des langues qui ne fasse pas simplement appel à un effort de structuration de type académique mais sollicite, dans la communication, l'imaginaire de l'élève¹. Voilà un programme pédagogique qui, de ce côté de l'apprentissage des langues, ne manque pas de rappeler l'opposition apprentissage des structures grammaticales *versus* échange verbal (que d'aucuns n'eurent pas tort de trouver simpliste quand elle se résumait à l'alternative bourrage de crâne ou conversation...); toutefois, l'invitation faite à l'imaginaire de s'exprimer enfin ne se résume en rien au sempiternel dialogue quant à un achat à l'épicerie ou à la demande de la direction de la gare. Elle se rapproche bien plus de la dimension que Bachelard opposait, dans la construction de son *nouvel esprit philosophique*, au triomphe de la seule logique mathématique et dont il parlait le plus souvent en terme d'esprit poétique, d'un imaginaire se nourrissant aux quatre éléments, et que Bruno Duborgel a notamment analysé, dans l'étude qu'il consacre à sa domestication-dénaturation par l'école, comme la seconde grande dimension de la personne, par opposition au cartésianisme qui caractérise la première - à laquelle nos habitudes scolaires se réfèrent exclusivement. qu'il s'agisse d'apprentissage des mathématiques et des sciences mais tout aussi bien de la langue ou des arts plastiques².

On ne peut que souhaiter à Lilly Bornand plein succès dans son entreprise et que son espoir de voir naître une pédagogie conjointement faite de logique et de sensibilité, mariant 'intelligence' et 'imaginaire', soit couronné de succès. Espérons le développement rapide de cette double perspective pédagogique et par là une prise en compte enrichie de la personne de l'élève.

¹ Le titre de cette thèse n'est pas arrêté, ni ces choix pédagogiques encore affinés. Il faudra suivre la recherche de l'auteure.

² B. Duborgel, *Imaginaire et pédagogie, De l'iconoclasme scolaire à la culture des songes*, éd. Le sourire qui mord, Paris, 1983. Cf. aussi G. Durand, *Les structures anthropologiques de l'imaginaire*, Bordas, Paris, 1969 (3^e éd.).

1. APPROCHE HISTORIQUE

1.1 Deux modes de saisie du réel

Depuis 1981, année où le prix Nobel de médecine a été attribué au neurochirurgien Sperry, de nombreuses publications sur le rapport entre le cerveau gauche et le cerveau droit ont vu le jour, essentiellement aux États-Unis.

Ces recherches vont certainement bouleverser notre approche, non seulement de la neuropsychologie et de la psychiatrie, mais encore de l'ethnologie, de la sociologie et de la pédagogie.

Les données nouvelles en neuropsychologie et leurs révélations en ce qui concerne l'asymétrie cérébrale, la répartition différente des tâches entre l'hémisphère gauche et l'hémisphère droit devront être prises en compte dans l'étude des sciences humaines. A ce jour, c'est tantôt par le cerveau gauche, celui de l'analyse et de la logique, tantôt par le cerveau droit, celui de l'intuition, que cette quête a été poursuivie, en fonction des traditions, des époques et des civilisations; des valeurs de société sont en effet attachées à chacune des deux approches. Elles ne sont pas exclusives l'une de l'autre, et ne sont rien l'une sans l'autre. Outils de l'intuition et outils de l'analyse doivent être développés simultanément afin que la science, la musique, la physique et la poésie viennent enrichir le devenir humain.

En fait, chaque hémisphère aborde une réalité selon sa modalité spécifique. Il y a donc deux modes différents de saisie du réel : "Il y a une différence fondamentale, confirmée par des tests, dans la façon dont l'hémisphère droit et l'hémisphère gauche perçoivent les choses. Plus qu'une légère préférence dans une situation compétitive, les résultats suggèrent une différence vraiment fondamentale.

"Quand une tâche peut être accomplie par l'un ou l'autre hémisphère, indifféremment, les deux hémisphères accomplissent la même tâche en utilisant des stratégies typiquement différentes" écrit J.E. Bogen (Bogen 1969).

Chaque personne diffère aussi bien psychologiquement que physiologiquement dans l'équilibre et la répartition de son fonctionnement cérébral. Les uns aborderont un problème d'une manière avant tout logique, analytique, exposeront tous les aspects d'une question et en analyseront toutes les données, qu'ils étudieront minutieusement avant de proposer une solution.

D'autres verront la solution presque immédiatement et l'analyse détaillée ne les intéresse pas. Leur solution sera plus intuitive, analogique et globale.

Certaines personnes ont de la peine à se représenter les objets dans l'espace, à se créer des images tridimensionnelles. On a pu rattacher ces variations à une prépondérance gauche-droite. L'activité cérébrale reste totale, mais l'approche de la vie est différente, selon les composantes cérébrales, qui guident l'homme vers des choix, des attitudes, des préférences, chacun ayant ainsi des priorités fonctionnelles relatives à ses composantes cérébrales.

Et c'est bien la complémentarité de l'hémisphère gauche et de l'hémisphère droit qui donne à la pensée de l'homme toute sa richesse, sa diversité et son génie.

1.2 Fonctionnement des deux hémisphères

Déterminant pour l'expression verbale, supérieur dans l'activité manuelle, l'hémisphère gauche est ainsi longtemps apparu comme l'hémisphère "dominant", par opposition à un hémisphère droit considéré comme "mineur". Cette conception découle sans doute de l'observation de sujets lésés en milieu neurologique.

Lorsque l'on compare, en effet, un sujet porteur d'une lésion hémisphérique gauche, devenu incapable de s'exprimer et souvent de comprendre le langage d'autrui, à un autre sujet ayant subi une lésion similaire mais dans l'hémisphère droit, il apparaît évident que le dernier est intellectuellement bien moins atteint que le premier, ce qui corrobore la supériorité de l'hémisphère gauche dans les fonctions mentales supérieures.

1.3 Fonctions “spatiales” de l’hémisphère droit

L’une des principales anomalies retrouvées chez de nombreux sujets ayant subi une lésion hémisphérique droite est la perte de certaines capacités perceptives, en particulier celles concernant les rapports spatiaux entre les objets. Le sujet est ainsi devenu inapte à copier le dessin d’un cube, ou à assembler des morceaux d’un dessin géométrique pour reconstituer un modèle. Il existe donc une perturbation profonde de la capacité à manier l’espace proche. Ce trouble concerne également l’espace corporel lui-même, et même l’espace conceptuel, altérant ses capacités à retracer le plan de sa ville ou à placer les principales villes sur une carte géographique (Dahaene S.; 1977). La lésion de l’hémisphère droit provoque régulièrement une perturbation profonde de la personnalité et de l’affectivité. Le sujet fait preuve d’une indifférence affective très caractéristique. Celle-ci est manifeste dans le comportement gestuel, dans la mimique faciale, et également dans le langage (Habib M.; 1998). Ce dernier, parfaitement préservé du point de vue expressif, s’avère cependant perturbé si l’on analyse plus finement son contenu. C’est ainsi que l’on pourra noter l’incapacité du sujet à véhiculer par la prosodie la composante émotionnelle du discours et parfois sa difficulté à percevoir le contenu émotionnel du discours d’autrui.

Toutes ces perturbations, qui ne sont jamais retrouvées lors de lésions équivalentes de l’hémisphère gauche, montrent à l’évidence que l’hémisphère droit, loin d’assumer un rôle subalterne, a une importance capitale dans la vie mentale.

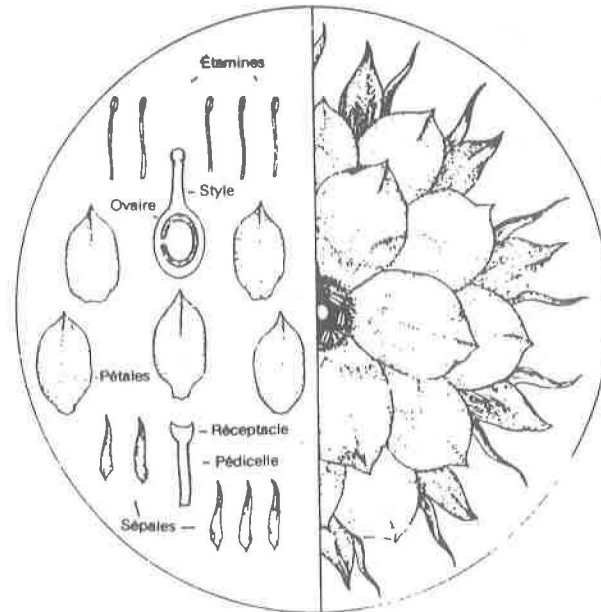
1.4 Comparaison des caractéristiques modales des hémisphères droit et gauche

(D’après Betty E.; 1979)

Gauche	Droit
<i>Verbal</i> : Utilisant les mots pour nommer, décrire, définir.	<i>Non verbal</i> : Conscience des choses, mais connexion minimale avec les mots. Donne le ton à la voix (Stimulation verbale).
<i>Analytique</i> : Découvrant les choses étape par étape et élément par élément.	<i>Synthétique</i> : Plaçant les choses ensemble pour former des tous.
<i>Symbolique</i> : Utilisant un symbole pour remplacer une chose.	<i>Concret</i> : Rattaché avec les choses comme elles sont au moment présent.
<i>Abstrait</i> : Extrayant une information et s’en servant pour représenter le tout.	<i>Analogique</i> : Voyant les liens entre les choses, comprenant les métaphores.
<i>Temporel</i> : Gardant la trace du temps, organisant les choses séquentiellement et les exécutant dans l’ordre.	<i>Atemporel</i> : Aucun sens du temps.
<i>Rationnel</i> : Tirant des conclusions fondées sur des faits et un raisonnement.	<i>Non rationnel</i> : N’a pas besoin de faits et de raisonnements ; propension à ne pas juger.
<i>Numérique ou digital</i> : Utilisant les nombres et leur mode d’emploi.	<i>Spatial</i> : Voyant où les choses sont en relation avec d’autres et comment les parties forment un tout.
<i>Logique</i> : Tirant des conclusions fondées sur une organisation logique.	<i>Intuitif</i> : Procédant par bonds, à partir d’impressions, de sentiments, d’images visuelles, d’éléments d’information.
<i>Linéaire</i> : Pensant en termes d’idées reliées, pensée convergente.	<i>Global</i> : Percevant des ensembles, associations des parties, conclusions divergentes.

2. APPROCHE SCIENTIFIQUE

LE CERVEAU ET SON FONCTIONNEMENT



Nous possédons un seul cerveau, constitué de deux hémisphères qui traitent l'information de façon très différente (Linda V. Williams; 1986)

2.1 Niveaux de complexité

Il y a dans le cerveau humain entre trente et soixante milliards de cellules, peut-être même cent milliards. Chacune comporte des prolongements qui se ramifient jusqu'à constituer des milliers de branches distinctes. Ces branches prennent contact avec les extrémités identiques de milliers d'autres cellules, en des jonctions qu'on appelle des synapses. Ces jonctions ne sont pas fixes. Elles se font et se défont en un ballet mystérieux qui modifie en permanence la forme, la longueur et l'étendue des circuits actifs, et donc des associations entre groupes cellulaires appartenant à des zones différentes, chacune ayant sa spécialisation délicate. Le nombre des combinaisons possibles au sein d'un même cerveau est supérieur au nombre des atomes de l'univers entier. Aucun modèle mathématique ne peut permettre de rendre compte d'une telle complexité. Aucun programme ne peut prédire quels changements vont s'opérer d'un moment à l'autre sous l'influence d'un mouvement mental, de la perception d'une modification du monde extérieur. On conçoit ainsi la difficulté à nous décrire nous-mêmes, le cerveau humain étant ce qu'il y a de plus complexe dans l'univers. Il n'y a aucune chance pour que deux cerveaux fonctionnent en parallèle et se connaissent totalement l'un l'autre. Il n'y a aucune chance pour que nous nous connaissions nous-mêmes dans notre totalité. Nos histoires individuelles, les traces que laissent en nous nos expériences et nos idées nous enrichissent et nous différencient en permanence. Tout membre de notre espèce déjà unique l'est encore davantage par ce que son néocortex a engrammé (Israël L.: 1995).

2.2 Les cellules et leurs synapses

Un neurone reçoit des informations par des dendrites - les rameaux courts - qui arrivent au corps cellulaire, mais aussi par le milieu moléculaire dans lequel il baigne et, après avoir traité cette information, la répercute dans son axone - rameau long - qui se termine sur la dendrite d'une autre cellule par l'intermédiaire de la synapse. Une impulsion électrique liée aux mouvements et échanges ioniques avec le monde extérieur circule dans un axone, les ions ayant des charges positives ou négatives. Le déplacement de ces charges le

long de l'axone, lié à ces échanges, représente l'impulsion nerveuse, qui circule beaucoup plus lentement que le courant électrique, auquel on l'assimile à tort.

Mais plus important, peut-être, est ce qui se passe au niveau de la synapse : l'arrivée du "courant" y déclenche l'ouverture vers le milieu extérieur - celui de l'articulation synaptique - de vésicules qui contiennent des substances chimiques, les neurotransmetteurs; ceux-ci se fixent sur les dendrites de l'autre cellule, qu'ils activent. Il y a plusieurs transmetteurs distincts, peut-être des centaines, sécrétés en plus ou moins grande quantité, modulant la réponse de la cellule-cible et son activation. Tel récepteur qui fixe un transmetteur spécifique réagit en excitant la fibre et la cellule nerveuse, tel autre en l'inhibant, tel autre en faisant fabriquer davantage de récepteurs, ou de substances à action hormonale. Cette machinerie chimique, très délicate, très diversifiée, de cellule à cellule, de centre à centre, de zone à zone, ajoute à l'immensité des connexions synaptiques possibles une autre immensité de réactions en chaîne. Elle ouvre aussi la voie à des interventions thérapeutiques.

Les faits de conscience eux-mêmes génèrent des informations, des impulsions, des excrétions de neurotransmetteurs. Or, par la communication, la publicité, la lecture, nous ne baignons pas seulement dans nos faits, mais aussi dans ceux d'autrui. Et une société de cerveaux est la chose la plus complexe qui soit, car elle est ouverte sur d'autres cultures, d'autres civilisations et d'autres mythes.

2.3 Les hémisphères : latéralité et dominance

Afin de fonder notre théorie de l'asymétrie cérébrale, nous allons donner une description scientifique du fonctionnement cérébral. Nos sources sont tirées d'un livre de neurobiologie (Gordon M.S.; 1994), dont nous tenterons de donner une synthèse des pages intéressant notre problématique, tout en les traduisant.

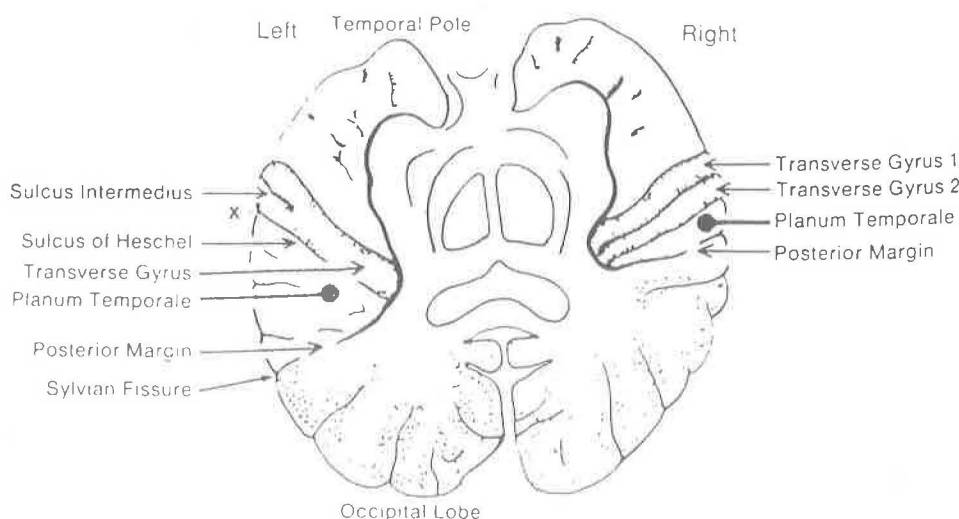


Diagramme d'une section horizontale du cerveau humain. Nous constatons que les deux hémisphères sont symétriques et que le "Planum Temporale" est plus grand à gauche qu'à droite (Gordon M.S.: 1994, p. 680 ; d'après Geschwind N.; 1980).

Le cerveau est composé de deux hémisphères constitué de lobes. Les deux hémisphères se différencient l'un de l'autre dans la transmission des plus hautes fonctions cérébrales.

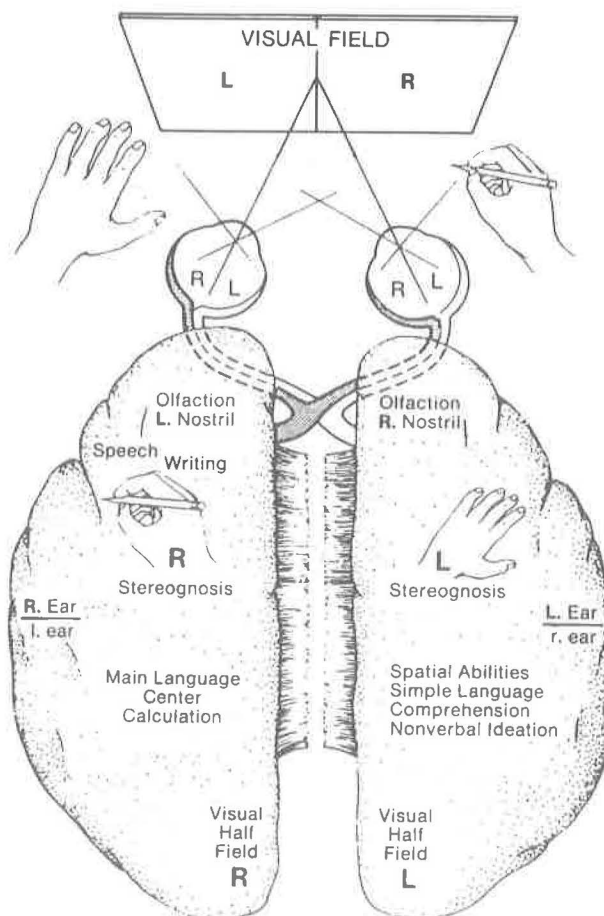
La première constatation que les deux hémisphères sont différents est due au neurobiologiste français Paul Broca. En 1863, il décrit un patient dans l'impossibilité de parler (aphasie). Il se révéla avoir une tumeur dans le lobe frontal gauche. Broca en déduisit que ce lobe contrôlait la parole. En 1875, Carl Wernicke, un jeune neurologue allemand de 26 ans, exprima l'idée que l'aphasie peut aussi être causée par une lésion du lobe temporal. Il démontra la différence entre l'aphasie sensorielle, l'incapacité de formuler des mots suite à un dommage subi par le lobe temporal, et l'aphasie motrice, l'incapacité de parler suite à un accident touchant le lobe frontal.

Le diagramme démontrant l'implication de ces deux régions du cerveau dans la capacité de s'exprimer fut une des premières tentatives pour démontrer la spécificité verbale du cerveau gauche.

Les découvertes de Wernicke démontrèrent clairement une prédominance du cerveau gauche pour les capacités langagières. Jusqu'en 1950, ce fut étonnamment la seule exception à ce qui paraissait évident par ailleurs, l'équivalence des deux hémisphères cérébraux dans toutes leurs autres fonctions, sensorielles et motrices.

C'est alors que R.D. Myers et Roger Sperry firent une série d'expériences sur les chats, auxquels ils sectionnèrent le corps calleux, un corps contenant des millions de fibres et dont la fonction est de connecter les deux hémisphères. Jusqu'alors, aucune fonction spécifique n'avait été attribuée au corps calleux. Lorsque des stimulations visuelles furent présentées aux deux yeux simultanément, les chats se comportèrent tout à fait normalement, cependant, lorsque l'on coupa les fibres nerveuses du corps calleux et que chaque oeil fut testé séparément, on découvrit que chacun des deux hémisphères fonctionne de façon indépendante : la perception visuelle d'un hémisphère n'est pas communiquée à l'autre hémisphère.

Sperry et Michael Gazzaniga examinèrent ensuite plusieurs patients humains, chez qui le corps calleux avait été coupé afin de prévenir l'extension de la crise épileptique. Ces études confirmèrent que les deux hémisphères fonctionnent et apprennent indépendamment l'un de l'autre. L'hémisphère gauche contrôle les capacités de langage, les mouvements volontaires complexes, la lecture, l'écriture et les calculs arithmétiques. L'hémisphère droit est spécialisé pour de nombreuses fonctions non linguistiques : perception de nombreux et complexes schémas visuels et auditifs, perception tactile, le sens de l'espace, les formes spatiales (spatial shapes), le sens de l'orientation.



Ce schéma représente le cerveau et la spécialisation relative des deux hémisphères dans leur perception sensible (Gordon M.S.; 1994, p. 680 ; d'après Sperry R.; 1974))

De nombreuses tentatives furent faites pour tenter de déduire de ces différences que le cerveau gauche est scientifique alors que le cerveau droit est artistique. Une généralisation intéressante serait que le cerveau gauche soit spécialisé pour certaines modalités motrices alors que l'hémisphère droit est plus apte à gérer les relations globales du corps avec l'espace. Nous pouvons remarquer aussi que le cerveau droit est spécialisé pour la gestion modale des stimuli sensoriels et le cerveau gauche pour une information analytique. Sans vouloir qualifier les deux hémisphères, il est important de réaliser que ni l'un ni l'autre ne sont dominants dans l'absolu; chaque constellation de fonctions a sa propre valeur, et le cerveau humain cherche à les optimiser ensemble, laissant les deux hémisphères se spécialiser dans ces deux directions.

Depuis lors, la latéralisation des fonctions fut découverte dans de nombreuses espèces, invertébrés et vertébrés : probablement qu'existe une tendance inhérente à l'animal doté d'un cerveau et d'un corps bilatéral.

2.4 Le langage

Le circuit relativement simple élaboré par Wernicke comme base du fonctionnement cérébral resta valable; il fut cependant considérablement développé et amélioré par des études plus récentes.

Une découverte importante fut celle qui mit en relation l'asymétrie anatomique avec l'asymétrie fonctionnelle du langage dans le cerveau humain. Un fait relativement simple échappa jusqu'en 1968 à la plupart des neuroanatomistes et des neuropathologistes du cerveau, dans leurs études *post-mortem* sur le cerveau de l'homme. En 1968, Norman Geschwind et W. Levitsky, de Harvard, reportèrent que les mensurations du cerveau droit et du cerveau gauche révèlent une différence frappante. Dans la plupart des cerveaux, une aire appelée "planum temporale" localisée au bord supérieur du lobe temporel et s'étendant dans l'"Aqueduc de Sylvius" est considérablement plus grande à gauche.

Ce planum temporale est le siège de la parole. Il serait tentant de conclure qu'une aire plus grande à gauche soit la preuve de capacités langagières plus importantes chez l'homme. Cela n'explique certes pas comment le langage circule, mais montre qu'un des mécanismes permettant d'améliorer nos capacités langagières est lié, dans ce cas, à l'augmentation des neurones et à l'extension de circuits locaux.

2.5 Le cerveau pensant

"Le microscope et le télescope ouvrirent, en leur temps, de vastes domaines de découvertes scientifiques insoupçonnées. Maintenant que de nouvelles méthodes d'imageries mentales permettent de visualiser les systèmes cérébraux de la pensée normale et pathologique, la cognition humaine pourrait être à l'aube d'une opportunité similaire"

Sous la plume de Mike Posner, l'un des pionniers du domaine, ces phrases parues dans la revue *Sciences* en 1993 témoignent de l'enthousiasme que suscite l'imagerie cérébrale fonctionnelle parmi les chercheurs en neurosciences, en neuropsychologie et en psychologie cognitive. La capacité de visualiser l'activité cérébrale chez l'homme normal alors que celui-ci effectue une tâche cognitive est effectivement en train de modifier en profondeur le domaine des sciences cognitives humaines.

Des questions aussi fondamentales que le rôle de la phonologie dans la lecture, l'intervention de l'hémisphère droit dans le traitement linguistique, l'organisation des images mentales, le code de l'accès au lexique auditif, ou l'usage des principes logiques abstraits au cours du raisonnement n'ont pas pu être définitivement tranchées par les méthodes traditionnelles de psychologie.

Aux confins de la biologie et de la psychologie naît maintenant une nouvelle discipline, les neurosciences cognitives, dont l'imagerie fonctionnelle est le principal outil et qui espère jeter un regard neuf sur des questions de pédagogie et de psychologie. La visualisation directe des réseaux d'aires cérébrales impliquées dans une tâche cognitive permet de résoudre des questions maintes fois débattues. Il sera alors intéressant d'étudier l'application pratique de ces méthodes dans des domaines divers, tels que la perception, l'attention visuelle, le traitement du langage et le développement des fonctions cognitives.

La méthode la plus utilisée est la TEP : la tomographie par émission de positrons.

L'idée : développée dans les années 1975, la tomographie par émission de positrons utilise des éléments radioactifs, qui se transforment en émettant un positron (ou positon) - l'équivalent positif de l'électron. La

TEP consiste à localiser ces événements pour cartographier une substance injectée dans le corps et marquée à l'aide de ces noyaux atomiques instables.

Le principe : supposons qu'un atome se désintègre à un instant donné, quelque part dans le corps d'un patient, et émette un positron. Celui-ci rencontre très vite un électron des atomes environnants. Le couple particule - antiparticule s'annihile et donne naissance à deux photons gamma émis simultanément en sens opposés.

Les deux photons traversent le corps en ligne droite et viennent frapper deux des détecteurs disposés en couronne autour du patient. Mais l'événement n'est comptabilisé que si l'arrivée des photons est simultanée ou presque : on parle de détection en coïncidence. Sinon, les deux photons détectés pourraient provenir de désintégrations indépendantes, qui se seraient produites en des endroits et instants distincts. La paire de détecteurs frappés détermine la droite sur laquelle est situé le point d'émission. Plusieurs désintégrations provenant du même site donnent des droites différentes; leur intersection correspond donc à la région émettrice. Les données enregistrées, transmises vers un ordinateur, subissent un traitement informatique afin de visualiser les régions émettrices de positrons.

* * *

Une autre méthode fort prometteuse est l'imagerie par résonance magnétique nucléaire (IRM).

Cette technique inoffensive fournit des images tridimensionnelles en explorant les propriétés magnétiques de certains noyaux atomiques. Plus précisément, l'IRM utilise le phénomène de résonance magnétique nucléaire (RMN) découvert en 1946 par les équipes de Edward Purcell et de Félix Bloch, aux États-Unis.

Certains noyaux atomiques, celui d'hydrogène, par exemple, sont dotés d'un petit moment magnétique, c'est-à-dire se comportent comme un petit aimant. Ces moments magnétiques, ou spins, ont plusieurs orientations possibles. En présence d'un champ magnétique, l'énergie du noyau diffère selon l'orientation du spin. L'application d'une onde électromagnétique de fréquence adaptée - la fréquence de résonance - peut faire basculer les spins d'une orientation à l'autre. De l'énergie est alors absorbée par les noyaux atomiques, aux dépens de l'onde incidente.

Pour une valeur donnée du champ magnétique appliqué, la fréquence de résonance est spécifique du noyau considéré, mais dépend aussi de l'environnement moléculaire dans lequel il est situé. Elle appartient à la gamme des radiofréquences. Par exemple, pour le noyau d'hydrogène (c'est-à-dire le proton), la fréquence de résonance vaut environ 42 MHz pour un champ magnétique de 1 tesla.

L'effet de RMN a d'abord donné lieu à une technique de spectroscopie très utilisée en chimie et en physique pour l'étude de la matière. Très schématiquement, la spectroscopie RMN consiste à appliquer à l'échantillon étudié un champ magnétique fixe et à envoyer une onde électromagnétique de fréquence variable. Quand la fréquence passe par des valeurs de résonance, de l'énergie est absorbée. A travers les fréquences de résonance mesurées, on obtient des renseignements sur la concentration en noyaux sondés et sur l'environnement immédiat de ces derniers.

La TEP a été réalisée dans de nombreuses activités cérébrales et dans différentes conditions, sur des personnes saines et sur d'autres, souffrant de symptômes neurologiques. Cette méthode permet visiblement de révéler des schémas de fonctionnement complexes concernant la connaissance, mais l'interprétation des résultats demande à être visualisée clairement.

Une telle étude a été réalisée par Markus Raichle et Michael Posner ainsi que par leurs collègues dans le cadre d'une expérience pionnière à l'Université de Washington. Ils appliquèrent la TEP lors d'une série de tâches psychologiques soigneusement définies. Le but était d'étudier la présentation d'une suite de mots et de tester si cela affectait les régions du cerveau successivement, ou bien si les zones cérébrales étaient sollicitées parallèlement.

Au cours de cette expérience, les sujets furent priés de réaliser une série de tâches cognitives incluant une suite de mots, divisée en trois niveaux de difficultés.

La première, très simple, consistait à fixer un endroit sans aucune stimulation. A ce niveau, il s'agissait simplement d'enregistrer passivement des mots simples, présentés visuellement ou exprimés auditivement.

Le résultat montre que la présentation auditive active le premier et le second cortex auditif, alors que la présentation visuelle crée une activité dans les aires visuelles primaires et secondaires.

Le second niveau d'expérience demandait au sujet de dire à haute voix chaque mot présenté. C'était l'occasion d'identifier les aires cérébrales impliquées dans la phonation, l'aire de Broca étant influencée par l'aire motrice.

Toutefois, l'activité fut aussi découverte dans cette région globale de l'hémisphère droit, suggérant que ces aires sont impliquées dans l'expression en général, et non seulement dans le cadre de l'expression langagière. De façon significative, l'activation de ces aires cérébrales était similaire en cas de présentation auditive ou visuelle d'un mot, suggérant que des mots perçus visuellement n'ont pas à traverser une opération de décodage dans l'aire de Wernicke avant de pouvoir être exprimés.

Dans la troisième expérience, on demanda au sujet de répondre par un verbe de la même famille après avoir entendu un substantif et de créer ainsi une association sémantique. Pour "cake" il pouvait répondre "manger". Le but de cette opération était d'identifier les aires cérébrales impliquées dans une association et une progression sémantique. L'activité fut visualisée au niveau du lobe frontal gauche, aussi bien pour la présentation visuelle ou orale du mot de départ "cake" que pour la production orale du mot "manger". Ceci permit de conclure à l'existence d'une voie parallèle concernant cette aire frontale.

Les auteurs de cette expérience en conclurent que le processus d'information par des mots procède plus par voies parallèles que par voies successives.

Ainsi, nous constatons que l'approche cognitive et neurobiologique donne des informations au sujet du fonctionnement anatomique de la perception, de l'attention, du contrôle moteur et du langage.

La TEP permet d'observer le fonctionnement neuronal sous-tendant les fonctions cognitives au plus haut niveau. La carte du cerveau ainsi obtenue donne des informations importantes sur l'extension et la relation des systèmes cérébraux; c'est, en quelque sorte, la carte routière du cerveau. Le but de ces recherches est d'identifier exactement quel mécanisme est important et actif pour chacune des fonctions cognitives, et de comprendre ainsi comment le cerveau fonctionne. Nous pourrions alors l'utiliser au maximum de ses compétences en pédagogie par des méthodes adaptées à la perception de l'enfant, et en didactique des langues pour l'enfant et l'adulte.

3. DEVELOPPEMENTS PEDAGOGIQUES DE L'ASYMETRIE CEREBRALE

3.1 "La main sauvage" ou le problème des gauchers

La préférence donnée à l'une des deux mains n'est que le symptôme le plus évident d'une dominance qui intéresse également le pied - et les footballeurs le savent bien - mais il semble que cela soit également le cas pour l'œil et l'oreille. Dans nos sociétés occidentales, la fréquence des gauchers est de 7 à 8%. Ce pourcentage n'a pas évolué depuis le paléolithique, il ne peut donc être considéré comme culturel. Des observations faites sur des crânes retrouvés permettent ces affirmations. Cette asymétrie cérébrale est propre à l'espèce humaine, alors que la préférence gauchère est de 50% chez le chien par exemple (Israël L. ; 1995).

Cependant, la préférence pour la main gauche a une signification péjorative dans toutes les langues, et le sens donné au mot "sinistre" (qui, en latin, désignait le côté gauche et signifie aussi mauvais, pervers) reflète bien cette idée. Les gauchers excellent cependant dans certains sports, et sont aussi surreprésentés parmi les artistes, et probablement aussi parmi les mathématiciens. Ainsi Léonard de Vinci, par exemple, était-il gaucher.

3.2 La main et le cerveau

Les études minutieuses faites sur des malades aphasiques ont permis de montrer que 95% environ des droitiers ont le siège du langage situé dans l'hémisphère gauche du cerveau, les autres 5% étant moins latéralisés. La plupart des droitiers semblent associer l'habileté manuelle et la latéralisation du langage dans un même hémisphère, le gauche. Les gauchers ne présentent pas la même régularité. Il ressort de la plupart

des études que 70% des gauchers semblent avoir une latéralisation du langage dans le cerveau gauche, tout comme les droitiers. Les 30% restants ont une latéralisation du langage dans les deux hémisphères, ou seulement dans l'hémisphère droit (Mellanus, 1985).

Une série de tests (Wada) sur 262 patients donna les résultats suivants :

Langage dans l'hémisphère gauche :	70%
Langage dans les deux hémisphères :	15%
Langage dans l'hémisphère droit :	15%

Mais d'autres tests montrent une latéralisation moins marquée et donnent une moitié des gauchers latéralisés dans l'hémisphère gauche et l'autre moitié dans l'hémisphère droit.

3.3 Naît-on gaucher ?

Les patients ayant subi des dommages cérébraux ont permis aux chercheurs de réunir un matériau intéressant. Il apparaît que les gauchers présentent une organisation cérébrale extrêmement multiple, moins déterminée que les droitiers. Une étude importante sur 560 patients lésés cérébralement permet de définir 50 symptômes concernant la manualité des personnes blessées en rapport avec le côté touché : droit ou gauche. On put constater que, chez les droitiers, sur 50 symptômes, 47 étaient en rapport absolu avec des lésions subies par un des hémisphères. Chez les gauchers, seuls 4 des 50 symptômes ont pu être attribués à un hémisphère déterminé. Il apparaît donc évident que toute généralisation faite sur les gauchers ne peut être considérée que comme une moyenne, les cerveaux des gauchers étant multiples et variés dans leurs latéralisations.

L'étude des antécédents familiaux des gauchers permet de découvrir que la presque totalité des gauchers révélant un trouble du langage après une lésion de l'hémisphère droit avaient au moins un des parents gaucher, ou un membre de la proche parenté. Le siège du langage dans l'hémisphère droit est donc presque toujours héréditaire. Les gauchers n'étant pas issus d'une famille de gauchers ont le siège de la parole exclusivement dans l'hémisphère gauche. Bien que les adultes, issus ou non d'une famille de gauchers et ayant le siège de la parole soit dans l'hémisphère droit, soit dans l'hémisphère gauche, présentent un grand risque d'aphasie lors d'une lésion cérébrale, ils récupèrent cependant plus rapidement et les chances d'un rétablissement complet sont pour eux plus grandes que chez les droitiers. Les deux hémisphères de leurs cerveaux semblent être "doués" pour le langage.

Ainsi, sur 15 gauchers atteints d'aphasie sévère, 13 voyaient leur état très amélioré, sinon guéri, après un certain temps, alors que sur 68 droitiers aphasiques, 13 seulement récupéraient un usage complet ou partiel de la parole (Luria, 1970). Les droitiers ayant des tendances gauchères manifestent, eux aussi, des capacités étonnantes de récupération; sur 44 aphasiques, une quarantaine voient leur état très amélioré. Récemment, un des meilleurs spécialistes de l'aphasie s'étonnait de la très grande facilité de récupération du langage chez les gauchers, quel que soit l'hémisphère lésé. Ils présentent moins de troubles de compréhension de l'écriture des lettres et des mots.

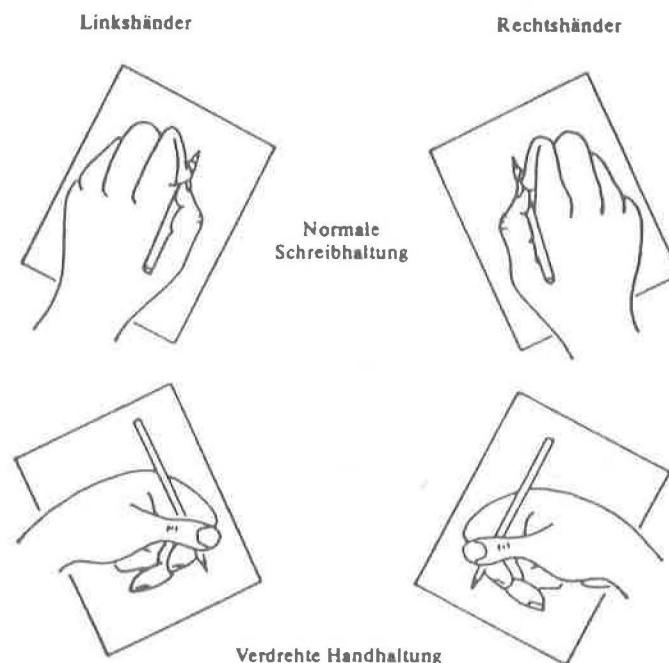
La classification simultanée de la préférence manuelle et de la localisation du langage conduit à définir trois catégories :

- les droitiers complets, pour la main et le langage, qui forment environ 84% de la population,
- les personnes mixtes, droitières pour la main et gauchères pour la parole et inversement, dont le pourcentage est autour de 11,
- les gauchers complets, gauchers pour la main et le langage, symétriques des droitiers complets et qui sont approximativement 4%.

3.4 La main inversée

Jerre Levy (1974) découvrit un test relativement simple, permettant d'observer la latéralisation cérébrale dans l'acte d'écriture. Elle observa que presque 60% des gauchers écrivent en tenant la plume contre le bas, donc à l'inverse de la façon habituelle de tenir une plume. C'est à peu près le même pourcentage de gauchers qui ont le centre langagier à gauche. Elle formula la thèse que cette position inversée était le signe que le centre du langage pourrait se situer dans l'hémisphère gauche. Il semble donc qu'il y ait conflit lorsque la main et le langage se situent du même côté, ici du côté gauche du cerveau. Ce conflit naîtrait de la rétroaction visuelle. Pour prouver cette théorie, Jerre Lévy partagea 73 personnes-cobayes en quatre groupes différents,

en fonction de leur position manuelle. Elle projeta alors des tests visuels et verbaux et observa quelle partie du cerveau était le plus apte à résoudre les problèmes.



Quatre façons de tenir une plume. La position inversée indique très probablement que l'ordre est donné par le même côté du cerveau : pour un droitier, par l'hémisphère droit; pour un gaucher, par l'hémisphère gauche (Blakeslee Thomas R.; 1992, p. 105).

Les résultats furent une preuve évidente à l'appui de sa théorie : les gauchers écrivant avec la main inversée avaient une latéralisation comme les droitiers : le centre du langage dans l'hémisphère gauche et les facultés spatiales et visuelles dans l'hémisphère droit.

Les gauchers écrivant normalement et les droitiers écrivant avec la main inversée avaient une organisation cérébrale opposée : le langage dans l'hémisphère droit et des capacités spatiales plus développées dans l'hémisphère gauche. Lorsque l'on compara les résultats de chaque groupe testé, on put faire d'autres constatations intéressantes : les gauchers "à la main inversée" montraient un visage dont les deux hémisphères étaient plus ressemblants que ceux des autres groupes. Les différences constatées chez les femmes étaient aussi deux fois moins importantes que chez les hommes. On put en conclure que les femmes et certains gauchers manifestent une tendance moins grande à la latéralisation de leurs deux hémisphères. Cette latéralisation moindre fut prouvée par de nombreuses expériences. (Blakeslee Thomas R.; Ibid.)

3.5 Fonctions manuelles et langagières

L'ambidextrie que l'on retrouve souvent chez les gauchers, qu'elle soit provoquée par les contraintes d'une vie sociale organisée par et pour les droitiers, ou qu'elle soit présente avant toute éducation sociale, est redoublée par une bilatéralité langagière très fréquente. Les aspects communs de la différenciation manuelle et de la latéralisation du langage indiquent, peut-être, les étapes d'un processus évolutif vers une complexification croissante de la manipulation des objets, d'abord matériels avec les mains, ensuite formelle avec le langage. Cette voie d'analyse semble très prometteuse au vu des points communs entre le développement de l'habileté manuelle et du langage et de leurs spécialisations cérébrales.

La préférence manuelle des gauchers ou des droitiers est une préférence fonctionnelle, les deux mains étant égales dans leurs structures anatomiques. Elle s'établit dès les premières années de la vie, soit par

programmation génétique, soit suite à une brisure de la symétrie manuelle due au hasard. Les apprentissages de la petite enfance renforcent l'habileté de la main et entraînent une différenciation marquée.

Les organes cérébraux contrôlant la main se sont donc spécialisés. Cette spécialisation ne peut être considérée comme purement mécanique et elle est liée à des capacités de manipulation formelle de l'espace et des objets. Cette différenciation ne peut se limiter à une description strictement physiologique et le problème de l'intelligence manuelle se pose, par opposition au langage qui n'est pas lié à des organes extérieurs asymétriques. La localisation cérébrale du langage est libre de toute détermination anatomique et n'obéit à aucune contrainte morphologique.

Pourtant les deux fonctions manuelles et langagières, malgré leurs différences, semblent avoir le même mode de développement. Les deux processus sont liés aux premières années de la vie; on devient gaucher ou droitier entre deux et cinq ans, et souvent la préférence manuelle fluctue et passe d'une main à l'autre avant de se fixer définitivement. Il en est de même pour le langage.

Ce développement similaire s'accompagne de phénomènes pathologiques identiques. Si, suite à un accident ou à une maladie, un jeune enfant doit apprendre à se servir de la main la moins habile, cela ne lui pose pas trop de problèmes. Il en est de même pour les enfants atteints de lésions cérébrales de l'hémisphère gauche; ils peuvent réapprendre à parler avec l'hémisphère droit si les lésions surviennent assez tôt (avant 10 ans). Cette ductilité se perd avec l'âge, mais de façon moins marquée chez les gauchers, en général moins latéralisés. Cette plasticité de l'organisation cérébrale dans les premières années de l'enfance explique en partie pourquoi l'apprentissage d'un instrument de musique, tel que le piano ou le violon, doit se faire le plus jeune possible, car il implique une réorganisation cérébrale conférant à chaque main une habileté la plus égale possible. Il en est sans doute de même pour l'apprentissage des langues; les enfants apprennent sans peine une deuxième, voire une troisième langue, alors que l'adulte rencontre beaucoup plus de difficultés; aussi lorsqu'il veut se mettre au piano à l'âge adulte.

3.6 L'inné et l'acquis

L'esprit humain est si riche et si complexe que toute généralisation sur son fonctionnement et ses potentialités, immenses, voire illimitées, peuvent tout au plus rendre compte d'une personne qui serait une "moyenne" tout à fait artificielle. La latéralisation cérébrale en deux parties, dont l'une serait verbale et l'autre non-verbale, l'une analytique et l'autre analogique est certes exacte, mais nécessairement réductrice. C'est un modèle utile pour l'analyse des différentes façons de percevoir et de connaître le monde, mais en fait on trouve chez l'"homo sapiens" des latéralisations cérébrales plus ou moins développées.

Un cas extrême est représenté par des adultes à qui un des hémisphères cérébraux a dû être enlevé chirurgicalement dans leur enfance. Ces patients ne sont pas latéralisés et toutes leurs fonctions, verbales et non-verbales, prennent place dans l'hémisphère cérébral restant.

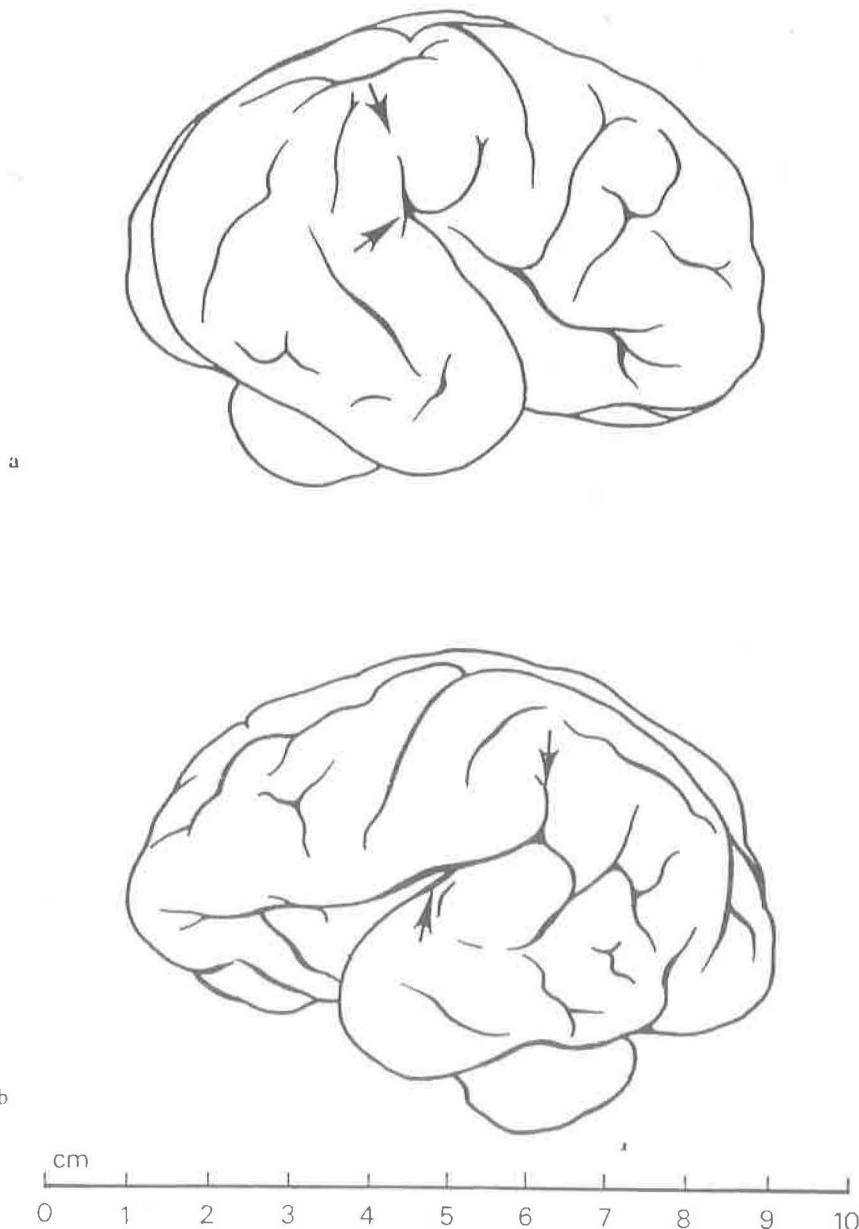
Un adulte pourvu de ses deux hémisphères pourrait, théoriquement, développer toutes ses facultés dans un hémisphère et les "dupliquer" dans l'autre, ce qui représenterait le maximum de non-latéralisation possible. Le contraire serait une personne totalement latéralisée. La plupart des gens se situent entre ces deux extrêmes et possèdent une capacité de latéralisation moyenne, certaines fonctions existant dans les deux hémisphères, alors que d'autres ne se trouvent que dans l'une ou l'autre, ou peuvent encore nécessiter la collaboration des deux hémisphères (Blakeslee Th.R.; Ibid.).

Chaque cerveau étant organisé de façon légèrement différente, il en résulte une possibilité, une capacité même pour chaque être humain de développer sa personnalité propre et des compétences personnelles uniques. Le cerveau est fixé génétiquement jusqu'à un certain point, mais les conditions externes, l'environnement, l'éducation et les stimulations de toutes sortes, y compris affectives (surtout affectives ?) sont en grande partie déterminantes pour un développement harmonieux des potentialités de l'enfant. Les enfants dont un hémisphère a dû être enlevé chirurgicalement sont la preuve que les possibilités de réorganisation du cerveau sont immenses, lorsqu'il s'agit de compenser une partie blessée.

On peut conclure de l'organisation cérébrale originale de certaines personnes qu'elle est le résultat de compensations que le cerveau a mises en place suite à des blessures imperceptibles à la naissance, ou dès la naissance. Les études sur les nourrissons semblent aussi bien établir la réalité de montages innés ou établis de manière très précoce. La programmation génétique chez l'enfant très jeune dans le sens d'une latéralisation cérébrale paraît évidente. Le côté déterminant du cerveau gauche fut prouvé lors d'une expérience faite sur

mille nourrissons, couchés sur le dos. On observa que dans 88% des cas, la tête du bébé était tournée vers la droite, vers la gauche seulement dans 9% (Hécaen H.; 1984). Les nouveau-nés montrent aussi une modification de l'encéphalogramme plus importante, dans l'hémisphère gauche, après avoir entendu parler autour d'eux. D'autres sons, non-verbaux, ont l'effet inverse et provoquent des changements dans l'hémisphère droit.

Dès la quatrième semaine, le nourrisson s'avère apte à discriminer des phonèmes. Il s'agit de la détection très précoce des caractéristiques acoustiques de sons que le nourrisson n'a pas encore entendus, donc sans rapport avec le milieu linguistique où il est élevé, mais il peut aussi réaliser des discriminations propres à son milieu, ce que ne peut réaliser un nourrisson d'un autre milieu. Il y a donc un équipement de base très précoce qui ne doit rien à l'expérience; la neurophysiologie ainsi que la psychologie génétique s'accordent pour montrer que l'expérience est primordiale pour développer les aptitudes préexistantes et pour les enrichir.



Asymétrie hémisphérique chez un cerveau de fœtus de 30-31 semaines. Schémas de la face externe de l'hémisphère droit (a) et de l'hémisphère gauche (b). Les flèches encadrent la zone asymétrique. A gauche, la vallée sylvienne est plus longue et plus prononcée, ce qui traduit le plus grand développement de ce côté du gyrus supra-marginal et du planum temporale (in Dennis M.; 1989).

L'ensemble des travaux sur les lésions cérébrales ont montré qu'il existe une certaine équipotentialité hémisphérique. Les connexions neuronales entre les deux hémisphères n'étant pas entièrement développées, le cerveau de l'enfant apparaît divisé. C'est la myélinisation qui établira les connexions vers l'âge de six ans et jusque-là, le processus de maturation des deux hémisphères reste extrêmement fragile. Ainsi, chez les sujets ayant subi, durant la période néonatale, une atteinte hémisphérique présumée unilatérale, les déficits ressemblent à ceux de l'adulte : déficits verbaux dans les lésions gauches, déficits visuo-spatiaux dans les lésions droites. De plus, si l'hémisphérectomie gauche chez le très jeune enfant n'entraîne pas de troubles du langage de type aphasique, le langage que ces enfants acquièrent demeure déficitaire dans certains aspects syntaxiques (Dennis M.; Ibid.). Notons enfin que chez le fœtus comme chez les nouveau-nés l'on observe le même développement unilatéral gauche du planum temporale que chez l'adulte .

Il importe de tenir compte aussi, outre l'âge où survient la lésion, de la zone corticale qu'elle détruit; on n'observe un déplacement de l'hémisphère gauche à l'hémisphère droit que dans le cas où la lésion néonatale atteint la zone de Wernicke, tout au moins si la lésion n'était pas trop étendue.

L'observation de Génie, cette fillette privée de toute stimulation verbale depuis l'âge de vingt mois jusqu'à l'âge de 13 ans et 9 mois prend ici une grande signification (Curtis S.; 1977). Remise dans un environnement normal, elle a atteint un certain niveau de communication verbale. Les épreuves d'écoute dichotique ont néanmoins révélé, chez cette enfant droitrière, que seul l'hémisphère droit traitait les stimulations auditives, verbales ou non. Il existerait donc une période critique où les deux hémisphères ne s'équivaudraient pas pour le langage, mais où les stimuli verbaux seraient nécessaires pour que l'hémisphère gauche sous-tende électivement, et de manière définitive, le langage. A défaut interviendrait l'autre hémisphère, mais de manière moins efficace.

Il y aurait bien nécessité conjointe de structures préformées (l'inné) et d'expériences précoces et adéquates (l'acquis) pour un développement maximal des potentialités de l'enfant. Le rôle de l'expérience est de consolider et de valider les fonctions de chaque structure ou de permettre leur adaptation lors de la maturation fonctionnelle. Certains chercheurs estiment (Changeux J.-P. et Danchin A.; 1974) que devant les potentialités initiales dues aux synapses excédentaires, seule l'expérience pouvait stabiliser certaines connexions, aux dépens des autres.

3.7 La dyslexie

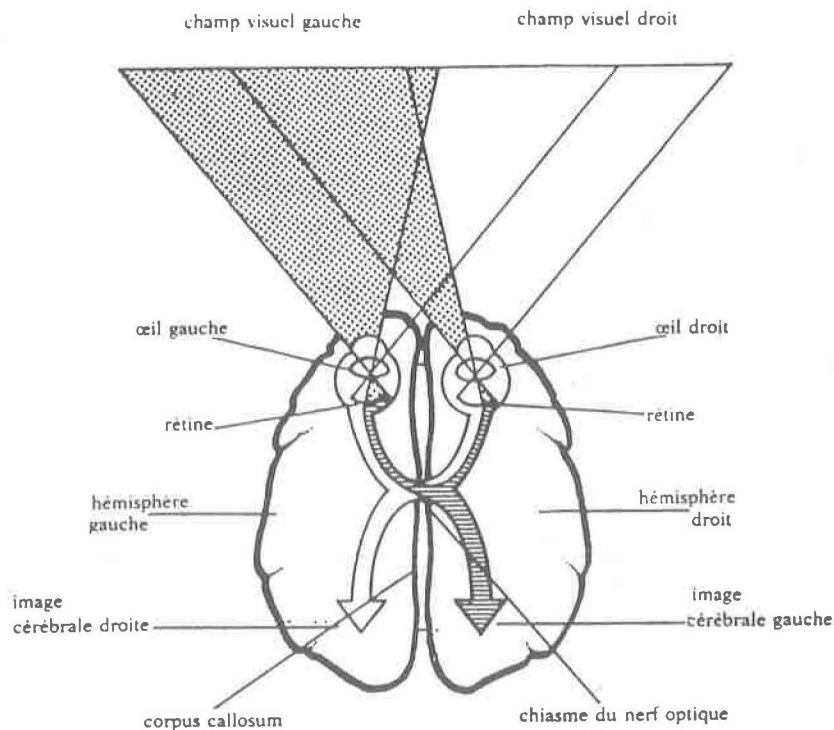
Une des compétences importantes dans nos sociétés occidentales est la lecture courante.

Le développement de l'écriture est relativement récent dans l'histoire de l'humanité; il est donc normal que certaines organisations cérébrales permettent de se débrouiller très bien dans la vie sans savoir lire, cette compétence n'étant pas nécessaire à la survie de l'espèce, mais à la vie sociale, culturelle et économique d'aujourd'hui.

Les troubles de la lecture, appelés dyslexie, touchent à peu près 5% des garçons en âge de scolarité, et très peu de filles, ce qui confirmerait la thèse énoncée plus haut, c'est-à-dire que les garçons, se latéralisant plus tardivement, sont plus fragiles pendant cette période et développent plus facilement la dyslexie et le bégaiement. Leur intelligence étant normale – Einstein et Edison étaient dyslexiques –, les dyslexiques ont des problèmes de lecture comme les gens sans oreille musicale ont de la peine à chanter juste.

Les dyslexiques ont de la peine à percevoir la différence entre des mots comme "pot" et "top", ou à distinguer des lettres comme "d" et "b". Souvent ces difficultés cèdent suite à un traitement ou par la maturation des systèmes nerveux.

Des tests ont montré que les dyslexiques ont une latéralisation du cerveau différente des lecteurs dits normaux. Des tests d'écoute montrent soit une dominance de l'oreille gauche pour reconnaître des mots (cerveau droit) ou une capacité réduite de l'oreille droite (cerveau gauche) par rapport à la norme (Thomson R.F.; 1976 ; Bakker D.J.; 1973). La supériorité de la partie droite du visage (cerveau gauche) dans la lecture des mots projetés semble être directement proportionnelle à la capacité de lecture. Les variations suivantes furent trouvées dans la capacité de lecture de mots projetés dans la partie droite du visage.



Chaque œil est connecté aux deux hémisphères par l'intermédiaire du chiasme du nerf optique. Le champ visuel gauche est traité par l'hémisphère droit, le champ visuel droit par l'hémisphère gauche. Si le corpus callosum est détruit, les deux hémisphères ne communiquent plus entre eux et on peut projeter une image visuelle dans un seul hémisphère cérébral à la fois (Habib M.; 1988).

Chez les lecteurs doués, le rapport était de 6 à 1, il était de 3,5 à 1 chez les bons lecteurs et seulement de 2 à 1 chez les lecteurs avec difficultés (disabled readers, Kirshner K.; 1980). Après avoir projeté dans le centre de l'écran un point fixe, on projeta à gauche et à droite des mots différents, en même temps. L'exactitude des réponses du côté droit et du côté gauche était les suivantes :

- pour les lecteurs doués : 15 : 2,5
- les bons lecteurs : 14 : 4
- les lecteurs avec difficultés : 12 : 6

Les dyslexiques reconnaissent aisément, et quel que soit le côté concerné, des formes humaines, alors que les bons lecteurs sont meilleurs dans l'identification des figures humaines projetées à gauche (le cerveau droit est en principe meilleur pour la reconnaissance de graphismes non-verbaux). L'expérience montra aussi que les lecteurs normaux reconnaissent plus facilement les formes avec la main gauche, alors que les mauvais lecteurs sont également bons avec les deux mains.

Toutes ces expériences tendent à montrer que les dyslexiques sont moins latéralisés que les bons lecteurs. Ils semblent avoir des capacités pour reconnaître les formes (spatiales) dans les deux parties du cerveau et il est probable qu'ils "lisent" un mot comme on reconnaît un visage, c'est à dire par une lecture "globale" qui est souvent celle des jeunes enfants, ne lisant pas encore couramment. Pour une lecture courante, il faut décomposer le mot en phonèmes, ce qui permet aussi la maîtrise de l'orthographe.

La dyslexie semble donc être le résultat d'une stratégie inappropriée. La plupart des enfants trouvent naturellement la voie de la lecture courante. Parmi les garçons dyslexiques, il s'agit souvent d'enfants faisant preuve d'un développement plus lent, qui lisent de façon globale encore longtemps après que leurs camarades aient passé à la lecture phonétique. Avec le temps, quand la lecture et l'écriture deviennent plus complexes, ils prennent du retard du fait de leur stratégie.

La thérapie consiste essentiellement en l'application de deux méthodes différentes : l'une consiste à changer la stratégie d'apprentissage faussée de l'enfant par un travail de reconnaissance des voyelles, jusqu'à ce qu'il ait acquis suffisamment d'habileté pour pouvoir suivre dans la classe avec les enfants de son âge. L'autre méthode consiste à ne pas s'inquiéter de sa stratégie d'apprentissage, mais à lui apprendre à se concentrer plus attentivement sur des mots sans voyelles, uniquement consonantiques.

L'enfant dyslexique n'a pas la chance de se trouver dans la société chinoise, où sa lecture globale serait idéale, les mots n'étant pas écrits phonétiquement. Dans les sociétés dites primitives, un enfant dyslexique serait aussi considéré comme normal.

Une stratégie d'apprentissage inappropriée n'est pas seulement la cause de beaucoup de difficultés en ce qui concerne la lecture. Les enfants en difficulté scolaire ont souvent la mauvaise habitude de répondre approximativement, et d'utiliser leur intuition lorsqu'il s'agit d'une réponse nécessitant une réflexion. Lors de l'expérimentation d'un programme de théorie de la cognition, censé apprendre à l'enfant à développer une pensée analytique, on parvint à augmenter le QI de 14,5 points (Whimbey A.; 1976).

3.8 Le bégaiement

Un autre problème pouvant être rattaché à la localisation cérébrale est celui du bégaiement.

Approximativement 10% des enfants bégaiement à un moment donné de leur développement. Dans la plupart des cas, cette affection disparaît de façon spontanée en moins d'une année, probablement à cause des progrès de la latéralisation.

Au début du siècle, on constata que près de la moitié des bègues étaient des gauchers contrariés. Aujourd'hui, ce taux est tombé à 1% chez les adultes, la tendance étant de laisser l'enfant gaucher assumer librement sa latéralisation. On trouve plus souvent le bégaiement, de même que la dyslexie, chez les personnes à la latéralisation inversée : par exemple, chez des droitiers de la main gauchers des pieds. Cette tendance semble être héréditaire, si bien que l'on trouve des familles de bègues et de dyslexiques (Hécaen H.; 1964; Keeney B.P.; 1968).

Les recherches expérimentales dans la latéralisation des bègues montrent qu'ils n'ont pas de prééminence pour le langage dans le cerveau gauche, donc d'écoute dans le cerveau droit.

La meilleure preuve de non-latéralisation du langage dans le cerveau des bègues fut fournie par R.K. Jones en 1966. Il décrivit quatre patients qui bégayaient depuis leur enfance. Tous avaient des lésions cérébrales d'un côté du cerveau. Les lésions étaient récentes et sans rapport avec le bégaiement; dans les quatre cas, on put constater que les deux hémisphères cérébraux étaient compétents pour le langage. On enleva alors chirurgicalement les zones blessées et les quatre personnes se mirent à parler normalement, sans bégayer. Un test démontra que, dorénavant, un seul côté était compétent pour le langage.

Le bégaiement était probablement dû à une concurrence exercée par les deux parties du cerveau, le gauche et le droit. Si on écoute le langage hésitant d'un bègue, on peut bien s'imaginer deux sources possibles du langage, qui lutteraient pour la priorité, comme deux personnes arrivant ensemble à une porte de sortie. Chacune d'elles prend son élan, puis freine en disant "après vous", "mais non, après vous" jusqu'à ce que l'une d'entre elles cède la place et résolve le conflit.

3.9 Le chant et ses organes

L'étude de l'audition présente des aspects très intéressants en ce qui concerne la latéralisation. Doreen Kimura, en 1973 déjà, fit écouter en même temps différents sons par chaque oreille, et put mettre en évidence des phénomènes de latéralisation de l'audition, comme pour le langage, et en relation avec ce dernier. En faisant écouter simultanément deux messages différents par les deux oreilles, le message perçu par l'oreille droite fut mieux compris que celui perçu par l'oreille gauche. De même, la mémoire en était plus performante. Très logiquement, les patients atteints de lésions cérébrales à gauche réussissaient moins bien que les autres. Le nerf auditif est cependant relié aux deux hémisphères cérébraux, mais l'oreille droite semble plus apte à traduire les tâches linguistiques que la gauche. L'oreille droite aurait donc une connexion prédominante du côté de l'hémisphère gauche. Cette prédominance n'est pas anatomique, mais fonctionnelle. Ainsi, l'ensemble "oreille et décodage" est asymétrique.

Le test de Wada, consistant à injecter un barbiturique dans l'artère carotide d'un malade pour anesthésier un seul des hémisphères cérébraux, est trop violent pour pouvoir être utilisé autrement que pour des indications médicales sérieuses. Ce procédé permet d'endormir, par exemple, l'hémisphère droit du patient. On lui demande alors de parler. Si le test réussit, c'est que le langage est latéralisé dans l'hémisphère gauche, sinon c'est dans l'hémisphère droit. Mais un patient dont on endort l'hémisphère du langage tombe dans une profonde dépression, et si l'on anesthésie l'hémisphère droit, il se met à parler dans un état de grande excitation. Au-delà de la latéralisation du langage, les hémisphères ont donc une fonction plus large, et une lésion de l'hémisphère gauche se répercute également dans la saisie émotionnelle du discours.

La préférence de l'oreille dépend aussi de la nature des sons entendus. Des malades atteints gravement à l'hémisphère droit sont incapables de reconnaître ou de chanter des mélodies, alors que des aphasiques dont l'hémisphère gauche est touché sont capables d'identifier et de chanter des airs.

L'oreille gauche semble marquer un avantage sur l'oreille droite dans le traitement des motifs musicaux, l'hémisphère droit étant celui où sont traités l'information musicale et les sons qui ne s'apparentent pas au langage. Le cerveau opère comme un filtre qui sépare les informations qui correspondent à un contenu d'information linguistique pur de celles qui accompagnent et surcodent ce son, lui donnant un contenu second avec la hauteur, l'intonation et l'accent, par exemple. Il y a ainsi une dichotomie comme celle qui existe entre l'information contenue dans un texte écrit et celle résultant d'une lecture personnalisée, avec prosodie et ton.

Cette dualité d'utilisation des hémisphères cérébraux, suivant qu'il s'agit de sons linguistiques, de bruits ou de musique, peut facilement être démontrée par l'expérience suivante : on essaie de dire quelque chose en chantant une mélodie. Au bout de quelques mesures, il faut choisir entre penser ce que l'on dit, comme dans une conversation parlée, et la mélodie devient alors moins musicale, se transforme en récitatif et devient finalement une "mélodie parlée", peu modulée et monocorde. Ou bien, au contraire, on porte son attention sur la qualité de la mélodie et sa musicalité, et le discours devient peu logique. On doit alors répéter le texte que l'on vient de chanter.

Cette difficulté montre bien les fonctions différenciées des deux hémisphères. Dans un des cas, on mobilise l'hémisphère gauche et l'on se trouve devant l'impossibilité de chanter de façon mélodieuse, et, dans l'autre cas, on emploie les capacités mélodiques de l'hémisphère droit et c'est alors l'hémisphère gauche et ses potentialités linguistiques qui s'expriment plus difficilement et la production d'un texte nouveau cède la place à la mémoire.

Les hommes ont de tout temps été fascinés par le chant et les ambiguïtés qui l'entourent. Il peut mobiliser, avec la mélodie chantée, l'ensemble des capacités cérébrales gauches et droites. Le chant est ainsi dans l'entre-deux d'une utilisation simultanée de deux fonctions cérébrales distinctes et toujours à la merci d'une utilisation préférentielle de l'un ou de l'autre des hémisphères cérébraux. Ainsi, les conteurs utilisent une prosodie du langage pour captiver l'auditeur et mobiliser toute son attention, le cerveau gauche par le texte et le cerveau droit par la prosodie et les intonations de la voix. L'opéra offre un excellent exemple de ces deux modes d'expression : le récitatif à peine chanté et la vocalise où la parole se réduit à la forme phonétique la plus proche de la musique. La mobilisation alternative du texte et de la musique introduit une richesse dans le fonctionnement cérébral tout à fait unique, et peut expliquer en partie la fascination exercée par l'opéra sur ses adorateurs. Cela en fait aussi un art très exigeant, les structures d'analyse du cerveau rendant la compréhension du texte très difficile.

On comprend mieux les raisons de l'utilisation des refrains dans les chansons. En chantant les refrains, l'attention n'est pas mobilisée par les paroles, en général fort simples, et l'auditeur ou le chanteur peut prendre plaisir à se laisser bercer, ou porter par le refrain. Il y a ainsi un principe de complémentarité qui fait que plus la mélodie est importante, plus l'importance du texte diminue.

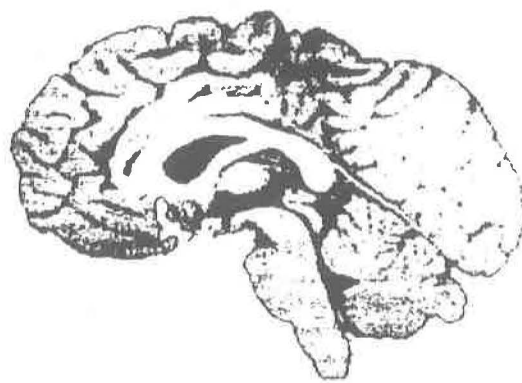
La dichotomie entre les sons musicaux et les sons linguistiques est perçue par le cerveau : les sons du langage humain les plus proches des sons musicaux produits par les instruments sont les voyelles, des sons stationnaires créés par les résonances des cavités de la bouche, du nez et du larynx. Ces sons sont de même nature que ceux produits par les instruments à vent. Les instruments à cordes font vibrer les cordes à la place des colonnes d'air des instruments à vent et de la voix humaine. Les études des phonéticiens ont montré la nature quasi musicale des voyelles quelles que soient les langues. Les consonnes, à l'opposé, ne sont pas des émissions sonores que l'on puisse chanter de façon continue, mais des signaux variables qui ont un début et une fin.

Des travaux récents, liés aux efforts d'analyse de la parole par l'ordinateur, ont montré que la reconnaissance des consonnes dépendait des voyelles et qu'on ne pouvait pas identifier la perception des consonnes indépendamment des voyelles qui les suivent. Ainsi des signaux différents peuvent être perçus d'une façon identique s'ils sont suivis de voyelles différentes. Ce traitement de l'information sonore qui identifie un seul codage sous plusieurs formes physiques différentes du message sonore est le propre de l'hémisphère du langage.

Les analyses fines de la perception ont montré chez les Occidentaux une différence dans la perception des voyelles musicales, et des consonnes. Les voyelles étant traitées par les deux hémisphères alors que les consonnes ne sont bien analysées que par l'hémisphère dominant du langage, le gauche. Cette séparation entre parole et musique ne s'applique plus au moment où les voyelles sont associées aux consonnes dans un discours continu. Les voyelles sont perçues comme des consonnes par l'hémisphère gauche. Nous disposerons bientôt de méthodes d'investigations qui permettront de voir dans le cerveau, en temps réel, la localisation des zones mises en jeu par ces activités spécifiques.



MUSICIEN



NON MUSICIEN

L'analyse du corps calleux sur des IRM cérébrales (coupe sagittale médiane) de sujets musiciens et non musiciens montre que la surface calleuse est significativement plus développée, surtout dans sa moitié antérieure, chez les musiciens, sans doute en raison de l'entraînement intensif précoce de la coordination bimanuelle (donc des relations interhémisphériques) qu'a impliqués chez eux l'apprentissage d'un instrument pendant l'enfance (Habib, 1998, p. 34)

4. CONCLUSION

L'étude de la relation entre cerveau et comportement a connu une croissance rapide grâce aux progrès des neurosciences, puis de la neuropsychologie.

L'intérêt porté aux questions du cerveau et du corps, et des rapports entre eux, remonte à l'Antiquité égyptienne et grecque mais on assiste, depuis quelques dizaines d'années, à une véritable explosion des recherches dans ce domaine. Les progrès effectués dans les techniques biomédicales et le perfectionnement de l'imagerie par résonance magnétique ont permis d'établir de nouveaux critères d'évaluation des changements dans le comportement.

Par ailleurs, la "révolution cognitive" de ce milieu de siècle, en psychologie, a favorisé l'émergence de modèles de traitement de l'information, de prise de décision, de mémoire, de langage et d'autres processus cognitifs. De nouveaux paradigmes ont ainsi pu être adoptés par l'exploration des relations neuropsychologiques.

Le développement rapide de la neuropsychologie clinique constitue une autre influence majeure. Il y a vingt ans, il n'existait que deux revues s'intéressant principalement à la neuropsychologie. Aujourd'hui, on en compte plus d'une quinzaine. Voilà à peine trente ans, on ne trouvait sur le marché qu'un ou deux livres importants, dont celui de Luria (1970). On recense maintenant des dizaines d'ouvrages consacrés aux divers aspects de la recherche et de la pratique en neuropsychologie.

Qu'en est-il actuellement des applications en pédagogie de ce qu'on peut appeler la révolution des neurosciences ? Un pédagogue peut-il encore ignorer ce bouleversement des connaissances en ce qui concerne le fonctionnement du cerveau humain en bonne santé, de son évolution à travers les différentes étapes de sa maturation ?

L'un des progrès majeurs en sciences de la cognition a été de montrer comment les processus cognitifs, comme la mémoire, pouvaient être décomposés en opérations qui ne dépendent pas des mêmes régions du cerveau. Ainsi, les travaux et les théories du moment parlent de formes et de systèmes multiples de mémoire, aux qualités fonctionnelles plus ou moins distinctes, plutôt que d'évoquer une entité monolithique. Dans le même ordre d'idées, on évoque de plus en plus souvent les intelligences multiples de l'enfant, afin de mieux les stimuler.

Il importe de développer la culture et les intelligences multiples de l'enfant en travaillant davantage sur les spécialisations hémisphériques. Notre cerveau gauche, rationnel, accapare encore, héritage du rationalisme du 18^e siècle et de la science, l'essentiel de notre effort pédagogique. Il est temps de redéfinir les valeurs sous-tendant notre société du XXI^e siècle et de relativiser le pouvoir absolu de la raison, qui offre une certaine cohérence à l'individu, mais pas toujours son épanouissement ni sa plénitude.

Le cerveau gauche est volonté consciente et affirmée de comprendre le monde. Grâce à l'application des lois de la pensée - au départ la logique aristotélicienne - on a pu partir à la recherche des lois de la matière. Notre civilisation scientifique et technique est fille du cerveau gauche, de ses approches, de son style cognitif et des lois de son fonctionnement. Einstein s'étonnait que le monde fut intelligible. Nous ne savons pas s'il l'est dans sa totalité, mais ce qui est intelligible l'est au cerveau gauche.

Si la civilisation se retourne contre sa culture, c'est que les fins sont perdues au profit des moyens. La voie du seul cerveau gauche ne suffit pas, même si cette confrontation au réel est une des plus nobles tâches que puisse se proposer une espèce parvenue à la conscience d'elle-même.

Après la révolution informatique, l'homme s'est trouvé libéré de nombreuses tâches mais, ce à quoi l'ordinateur ne pourra jamais atteindre, c'est à la liberté de la création. L'imaginaire de l'homme, comme le rire, lui est propre et c'est avec ses facultés d'imagination qu'il doit pouvoir se libérer des contraintes qui lui sont imposées et créer, grâce à des images nouvelles, une société plus imaginative, plus diverse, plus épanouissante. C'est le cerveau droit qui perçoit l'harmonie des proportions, l'unité du tout, son équilibre et qui ouvre à une conception élevée des rapports du monde et de l'homme.

Bibliographie et lectures intéressantes

- Bakker D. J. et Licht R. : *Learning to Read : Changing Horses in Midstream*. Riley, New York, 1986
- Blakeslee Thomas R. : *Das rechte Gehirn*. Aurum, Braunschweig, 1992
- Bogen Joseph. : The other Side of the Brain, 3, The corpus callosum and Creativity, in : *Bull. Los Angeles Neurol. Soc.* 34/4 : pp. 191-217
- Changeux J.-P. : *L'homme neuronal*. Fayard, Paris, 1983, pp. 58-62
- Changeux J.-P. et Danchin A. : Apprendre par stabilisation sélective de synapses en cours de développement. In : *L'Unité de l'Homme*. Le Seuil, Paris, 1974, pp. 320-354
- Curtis S. : *Genie. A Psycholinguistic of a Modern-Day "Wild-child"*. Academic Press, New York, 1977
- Dahaene Stanislav : *Le cerveau en action, Imagerie cérébrale fonctionnelle en psychologie cognitive*. PUF, Paris, 1997
- Dennis M. : Language and the Young Damaged Brain, in *Clinical neuropsychology and brain function : Research, measurement and practice*. American Psychological Association, Washington D. C., 1989
- Eccles J. : *Evolution of the Brain, Creation of the Self*. Rontledge, Londres, 1989
- Eccles J. : *Le Mystère humain*. Mardaga, Bruxelles, 1981
- Edelmann G. M. : *Biologie de la conscience*. Odile Jacob, Paris, 1992
- Edwards Betty : *Drawing on the Right Side of the Brain*. Ed. J.-P. Tarcher, Los Angeles, 1979
- Everett N.B. : *Le sommeil et le rêve*. Odile Jacob, Paris, 1992
- Gazzanica M. : *Le cerveau social*. Odile Jacob, Paris, 1987
- Gordon M. Sheperd : *Neurobiology*. Oxford University Press, Oxford et New York, Third Edition, 1994. pp. 678 à 783
- Habib Michel : *Bases neurologiques des comportements*. Masson, Paris, 1998 (3^e éd.)
- Hécaen H. et Lanteri-Laura G. : *Les fonctions du cerveau*. Masson, Paris, 1983
- Hécaen H. : *Les gauchers*. PUF, Paris, 1984
- Israël Lucien : *Cerveau droit, cerveau gauche*. Plon, Cultures et civilisations, Paris, 1995
- Jerre Levy : Psychological Implication of Bilateral Asymetry in *Hemisphere Function in the Human Brain*. Halsted Press, New York, 1974
- Kimura Doreen : Functional Asymetry of the Brain in Dichotic Listening. *Cortex*, 1967, pp. 163-178
- Kimura Doreen : The Asymetry of the Human Brain. *Scientific American*, 1973, pp. 70-73
- Kirshner K. : Hemispheric-Specific Processes in Letter Matching. *Journal of Experimental Psychology : Human Perception and Performance*, 6, 1980, pp. 167-169
- Luria A.R. : *Traumatic Aphasia*. Mouton, Paris, 1970
- Recherche*, 289, numéro spécial sur le cerveau, juillet-août 1997
- Sperry R.W. : in *Brain Circuits and Functions of the Mind*. Cambridge University Press, Cambridge NY, 1990
- Thompson R. F. : The Neurobiology of Learning and Memory. *Science*, 233, 1986, pp. 941-947
- Wernicke C. : The Symptom-complex of Aphasia, in Clunch A. (ed) : *Diseases of Nervous system*, Appleton, New York, 1908
- Williams Linda V. : *Deux cerveaux pour apprendre*. Ed. Organisation, Paris, 1986.

VOUS AVEZ DIT... PÉDAGOGIE

1998

- (1) P. Marc, J.-M. Chappuis, Ph. R. Rovero, *Echecs des uns, inéchecs des autres : de la reconnaissance dans le puzzle scolaire des attentes*, avril 1982, 36 p. épuisé (a)
- (2) M. Schmidt, *Inégalités sociales et culturelles : étude statistique de l'épreuve d'évaluation au cycle d'orientation en 1981 dans le canton de Fribourg*, juin 1982, 30 p. épuisé
- (3) Ph. R. Rovero, *Influence des pratiques éducatives et langagières de familles migrantes sur les performances linguistiques de leurs enfants*, octobre 1982, 36 p.
- (4) P. Marc, *Du savoir ou du maître : lequel définit l'élève ?* janvier 1983, 17 p. épuisé (a)
- (5) J.-M. Chappuis, P. Marc, *De l'hétérogénéité des jugements fournis par les maîtres, ou de l'importance singulière de la personnalité de l'enseignant*, novembre 1983, 67 p.
- (6) V. Massard, J.-M. Chappuis, P. Marc, *Des perceptions des fonctions de l'Ecole par les enseignants*, avril 1984, 27 p.
- (7) P. Marc, *Ecole et psychanalyse, points de vue d'un enseignant*, mars 1985, 65 p.
- (8) P. Favre, P. Kernén, P. Marc, V. Massard, M. Nicolet, Ph. R. Rovero, M. Schmidt, *Le tronc commun au degré 6*, juin 1985, 50 p. épuisé
- (9) P. Marc (coll. D. Gabus, Ph. R. Rovero, M. Schmidt), *La connaissance et/ou la personne : une réflexion sur la pédagogie universitaire*, janvier 1986, 29 p.
- (10) S. Roller, *Vous avez dit... pédagogie ? Oui, pédagogie*, juin 1986, 50 p. Conférence faite par S. Roller à Neuchâtel le 6-2-1986; on trouve dans le n°29 la bibliographie complète de cet auteur.
- (11) M. Bosserdet, W. Perret, G. Richard et P. Marc, *L'école nouvelle des Terreaux (Neuchâtel, 1929-1939)*, février 1987, 103 p. (f)
- (12) Ph. R. Rovero (coll. P. Marc), *Choisir une école alternative en Suisse romande*, juin 1987, 40 p.
- (13) P. Marc, *Regroupement d'écrits sur les attentes en éducation*, janvier 1988, 77 p. (b)(c)
- (14) F. Jaques-Mazauric et P. Marc, *Le droit de l'enfant sourd-muet au geste et à la parole : une décision d'adultes entendants*, septembre 1988, 40 p. (b)
- (15) P. Marc (coll. N. Doffey, Ch. Braun, I. Opan & G. Siegenthaler), *Quelques réflexions à l'issue d'une première année de fonctionnement du nouveau tronc commun (Neuchâtel, 1987-1988)*, septembre 1988, 77 p.
- (16) J. Paeder, *SOS Dépistage difficultés scolaires*, décembre 1988, 38 p. épuisé (b)
- (17) Extraits du **Dictionnaire de pédagogie** de F. Buisson (1878-1887), ou "L'échec et la réussite scolaires il y a un siècle ? Une hérédité toute-puissante mais une pédagogie normée", novembre 1989, 77 p.
- (18) S. Fanti, *L'inévitable agressivité*, mai 1990, 21 p.
- (19) F. Petit et M. Rousson, *Psychosociologie et autorité*, octobre 1990, 39 p.
- (20) M. Ditisheim, *Histoires de vie et formation des enseignants*, janvier 1991, 79 p.
- (21) R. Jeanneret, P. Marc, *Recherche, participation et intégration des savoirs : un concept organisateur pour les universités du troisième âge*, fév. 1991, 100 p. (d)
- (22) M. Rodé-Guillaume, *Processus d'individuation chez l'enfant*, octobre 1991, 15 p.
- (23) J.H. Pestalozzi, *Esquisses de la révolution*, texte inédit en français, avec des éclairages de Ph. Henri, I. Keller, P. Marc, novembre 1991, 56 p.
- (24) B. Duborgel, *Sources grecques de nos exigences éducatives : du phénomène Socrate à quelques figures platoniciennes et aristotéliennes de l'éducation*, janvier 1992, 32 p.
- (25) P. Marc et un groupe d'étudiants de l'UTA, *La pédagogie active à La Chaux-de-Fonds durant l'Entre-deux-guerres : J. Boucherin, M. Gremaud et les autres...*, avril 1992, 104 p. (f)
- (26) M. Besse, J. Cavadini, J. Guinand, E. Kaiser, M.-F. Lückner-Babel, P. Marc (dir.), C. Perregaux, S. Roller, J.-A. Tschoumy, *Ratifier en Suisse la Convention des Droits de l'enfant ?* novembre 1992, 117 p.
- (27) R. Jeanneret, *L'Université du 3e âge de Neuchâtel, Bref historique*, juillet 1993, 47 p.

- (28) P. Marc, Ph. R. Rovero, *Violences familiale, scolaire et sociale : une histoire bien ordinaire*, novembre 1993, 113 p. (e)
- (29) E. Nyandwi, *Les archives du professeur Samuel Roller, contribution à la pensée pédagogique moderne*, novembre 1993, 83 p.
- (30) B. Clavel, M. Robert, *Structure sociale et structure scolaire : quelques réflexions*, décembre 1993, 110 p.
- (31) A. Aubry, M. Blanc, N. Doffey-Salchli, P. Dominicé, J. Fernandez, J.-P. Gindroz, P. Marc (dir.), J. Weiss, *Formation initiale, formation continue, recherche : quel institut pour les enseignants ?* mai 1994, 70 p.
- (32) P. Avvanzino, J. Balegamire Bazilashe, P. Marc (dir.), M.-J. Monsch, *Regards sur la violence humaine et scolaire*, juin 1994, 59 p.
- (33) I. Stucki, *Le tag*, septembre 1994, 90 p.
- (34) J. Balegamire Bazilashe, M. Ditisheim, P. Marc, *Approches de l'adolescence*, janvier 1995, 65 p. (+ XX p. d'annexes)
- (35) M. Ditisheim, "Je fais deux vies...", *Migrations et adolescence - Regards*, février 1995, 71 p.
- (36) *La première des célèbres Cinq leçons de FREUD. Ses traductions en anglais, français et italien. Du Traduttore traditore à la recherche de sens*. Dossier de travail préparé et présenté par P. Marc, avril 1995, 72 p.
- (37) J. Balegamire Bazilashe (dir.), P. Dasen, M. Guyot, P. Marc, Cl. Rosselet-Christ, *Adolescence et initiation*, septembre 1995, 58 p.
- (38) Ph. R. Rovero, *Articulation théorie-pratique et recherche-formation : application de techniques de communication à l'étude de relations scolaires*, septembre 1995, 64 p.
- (39) J. Balegamire Bazilashe, P. Furter, P. Marc, *De l'impossible utopie à la nécessité de la réflexion utopique en pédagogie*, octobre 1995, 40 p.
- (40) E. Poglia, M. Grossen, A.-N. Perret-Clermont, M. Brossard, J. Voigt, J.-F. Lovey ; table ronde autour de S. Roller (avec A. Gretler, M. Jeanrenaud, E. Nyandwi, P. Marc, J. Weiss), *Maître et élève face au savoir*, Actes de la rencontre de la SSRE (Neuchâtel, octobre 1994), octobre 1995, 50 p.
- (41) Ph. R. Rovero, *Se former à la réflexion sur les pratiques enseignantes : recherche-formation centrée sur l'entretien de stage*, février 1996, 57 p.
- (42) S. Pfeuti, *Représentations sociales : quelques aspects théoriques et méthodologiques*, mai 1996, 26 p.
- (43) J. Balegamire Bazilashe, A. Dunant, Cl. Piquilloud, M. Ruchat, *Adolescence et identité*, septembre 1996, 40 p.
- (44) P. Marc, *L'utilisation inégalitaire du temps comme révélateur d'excellence scolaire, ou... A quand une réforme en profondeur de l'école obligatoire neuchâteloise*, septembre 1996 (rééd. mars 1997), 77 p.
- (45) I. Monnard, S. Pfeuti, J.-L. Gurtner, *L'Université et la formation continue des enseignants. Enquête concernant les besoins et souhaits des enseignants fribourgeois*. P. Marc, *L'emplacement de la formation continue du corps enseignant : un espace à aménager entre attentes des maîtres et attentes des formateurs*, février 1997, 46 p.
- (46) P. Marc, *La formation des maîtres : promenade autour de questions (plus ou moins) crispantes...*, octobre 1997, 70 p.
- (47) J.-P. Cretton, P. Ducommun, G. Favre, P. Marc, M.-P. Matthey, I. Panchaud-Mingrone, M. Ruchat, E. Tuller, L. Vaney et les représentants de plusieurs institutions, *Quelle intégration pour quel enfant, quelle école, quelle société?* octobre 1997, 66 p.
- (48) L. Bornand, *L'asymétrie cérébrale*, septembre 1998, 22 p.
- (49) M.-P. Matthey, *Les courants de la pédagogie contemporaine. I. La pédagogie institutionnelle*, octobre 1998
- (50) P. Marc, *Quelles évolutions pour l'école neuchâteloise au XXI^e siècle. Amorces de réflexions*, novembre 1998

- (a) Intégré in P. Marc, *Autour de la notion pédagogique d'attente*, Peter Lang, Berne, 1984 (3^e éd. 1995)
- (b) Integre en partie in P. Marc, *La différence à fleur de peau*, Delval, Fribourg, 1989
- (c) L'un des articles du recueil est en partie intégré in P. Marc, *De la bouche à l'oreille*, Delval, Fribourg, 1987
- (d) Cf. R. Jeanneret, A. Lemieux & P. Marc, *Enseignement et recherche dans les universités du troisième âge*, Ed. Agence d'Arc, Québec, 1992
- (e) P. Marc & Ph. R. Rovero, *Violences familiale, scolaire et sociale : une histoire bien ordinaire*, Tricorne, Genève, 1996
- (f) P. Marc, « L'école publique active » ? *D'un éphémère mariage en terre neuchâteloise, La Chaux-de-Fonds 1920-1930, Neuchâtel 1929-1939*, avec des contributions d'époque de Marguerite Bosserdet, William Perret et Gustave Richard, Université de Neuchâtel, 1998