

Bases Cérébrales de l'Apprentissage

Michel Habib

Laboratoire de Neurologie Cognitive

Université de la Méditerranée - Hôpital de la Timone, Marseille

Rédigé par Micheline Abergel

Ce n'est une surprise pour personne, l'enfant précoce se trouve confronté à des particularités dans son apprentissage. Comment le neurologue peut-il éclairer la compréhension de ces mécanismes à la lumière des recherches récentes dans le domaine des neurosciences ?

Les moyens de recherche mis en œuvre sont, pour une part, liés à la compréhension de l'apprentissage du langage et de l'écriture :

- Etude des hémisphères du cerveau
- Imagerie cérébrale
- Influence de la langue maternelle
- Notions sur le développement du cerveau
- Dyslexie

Hémisphères cérébraux

En 1861 à la société d'anthropologie, grâce à l'observation du cerveau autopsié d'une personne muette, un médecin, BROCA, a mis en évidence l'importance de la partie inférieure de l'hémisphère gauche dans l'usage de la parole. En effet, la cavité frontale sur la partie inférieure gauche de ce cerveau était détruite.

Cette étude est à la base de toutes les connaissances sur les rapports entre le cerveau et le langage et permet d'en comprendre le développement.

Les fonctions des deux hémisphères du cerveau diffèrent. La production et la compréhension du langage, proviennent uniquement de l'hémisphère gauche. Malgré une grande ressemblance morphologique entre l'hémisphère gauche et l'hémisphère droit, les chercheurs se sont penchés, il y a une vingtaine d'années, sur des différences visibles à l'examen macroscopique du cerveau.

La mesure d'une région de la face supérieure des lobes temporaux située juste derrière l'oreille, le *Planum temporal*, est souvent asymétrique en faveur du côté gauche car c'est là justement que se situe la zone du langage. Cette asymétrie est présente déjà avant la naissance, et on l'a même retrouvée chez le singe comme une sorte de prémices sur l'apparition du langage.

Cette notion qu'une zone du cerveau est affectée à recevoir le langage est à la base d'une théorie sur la prédisposition du cerveau pour le langage.

Cependant, et à l'inverse, il existe d'autres données qui permettent de tempérer cette assertion.

On peut observer chez des enfants aphasiques à la suite d'une lésion du cerveau, une récupération beaucoup plus facile que chez l'adulte, c'est-à-dire que pour une lésion identique - même endroit, même taille - un enfant va rester aphasique durant quelques semaines ou quelques mois alors que pour l'adulte l'aphasie sera définitive.

La plasticité cérébrale du cerveau de l'enfant lui permet de se réorganiser très vite par la mise en place d'un système de compensation. Cette récupération est d'autant plus efficace que la destruction de la zone du cerveau survient chez un enfant plus jeune.

La plasticité est dégressive au cours de l'enfance et rejoint celle de l'adulte vers 11 ans.

Dès la naissance le langage est implanté dans l'hémisphère gauche mais la notion d'invariance est remise en question par la constatation d'une progressivité dans l'installation du langage.

Deux conceptions s'affrontent :

1 – INVARIANCE

Dès l'origine la place du langage est déterminée

2 – POTENTIALITE

L'installation du langage dans l'hémisphère gauche n'est que progressive

Les preuves les plus abondantes convergent vers la première conception, mais les deux peuvent être prises en considération en incluant une notion de « période critique » dans le développement, c'est-à-dire une période pendant laquelle certaines zones du cerveau prêtes à recevoir l'information sont sensibles à l'ambiance environnementale pour être effective. Cette période est limitée aux dix premières années.

Des expériences récentes ont été menées chez des nourrissons avec différents types de protocoles dont celui qu'on appelle « déshabitude à la succion ».

On constate, sur un nourrisson soumis à l'écoute de sons, une accélération du rythme de succion à chaque changement de son. Le rythme diminue à nouveau au fur et à mesure que le nourrisson se réhabitue au son. On a également varié les sons.

Ces expériences ont permis de mettre en évidence que déjà à quelques jours de vie, les informations se répartissent dans chaque hémisphère selon leurs spécificités : le langage dans l'hémisphère gauche, la musique dans l'hémisphère droit.

L'oreille droite et l'oreille gauche ont des performances tout à fait différentes selon la parole ou la musique.

Cela confirme la thèse que dès quelques semaines de vie, il y a déjà une latéralisation du cerveau et déjà l'hémisphère gauche est spécialisé pour le langage.

Une autre voie de recherche utilise l'électro-encéphalogramme.

L'activité électrique des zones de perception auditive du cerveau est différente suivant les stimulus (standard ou déviant : 2 syllabes différentes), et suivant les phonèmes (par exemple entre une voix masculine ou une voix féminine).

On a constaté encore une fois que la parole concerne l'hémisphère gauche, et les phonèmes l'hémisphère droit...

Les contrastes entre les langues

Il existe deux sons T. L'un perçu par la population Indri et l'autre par les français.

La distinction entre ces deux sons existe chez le nourrisson jusqu'à 5 mois et disparaît totalement à partir de 8 mois.

Dès les premiers instants de la vie, il apparaît que des réseaux cérébraux sont spécialisés et probablement génétiquement programmés pour la perception du langage. Mais au cours de la première année, l'influence de l'environnement linguistique détermine leurs fonctions définitives. Une adaptation qui confirme qu'une

partie des aptitudes initiales peuvent disparaître au profit de perceptions acoustiques environnementales avec des périodes critiques plus ou moins longues suivant les aspects du langage et les fonctions cognitives.

Influence de la langue maternelle

Une expérience a permis de démontrer l'influence de la langue maternelle sur l'organisation du cerveau pour le langage.

Des sujets adultes

- de mêmes caractéristiques : jeunes, ayant un QI mesuré comme normal, mais soit de bons lecteurs, soit des dyslexiques,

- mais de nationalités différentes : italiens, français, anglais

ont été soumis à un examen consistant en l'observation des zones du cerveau activées pendant la lecture.

La question était de savoir si le fait d'avoir appris des langues différentes avait provoqué une différence sur le développement de leur cerveau.

Effectivement, des différences modestes mais significatives ont été observées surtout entre les italiens et les anglais. Les français, eux, se situent entre les deux.

Les anglais mettent en jeu une partie plus importante de deux zones : la zone frontale et la zone visuelle de leur cerveau pour pouvoir lire les mêmes mots. L'explication est liée aux caractéristiques de la langue.

L'anglais est une langue opaque, elle contient 38 sons écrits de 1020 façons différentes.

L'italien est une langue transparente, elle contient 30 sons écrits de 38 façons différentes.

C'est cette différence qui explique que, dès l'apprentissage de la lecture, les cerveaux s'organisent différemment.

Il existe également, une notion de double voie de lecture, soit deux façons différentes de lire un même mot :

- La voie d'assemblage qui permet de lire des faux mots qui n'existe pas et qui comprend trois étapes : décodage des lettres, transformation en sons et rassemblement.
- L'adressage : on procède par photographie du mot qui est globalisé et que l'on va rapprocher de ceux déjà mémorisés dans le cerveau. On reconnaît ce mot comme on reconnaît un visage.

En faisant lire des listes de vrais mots et de faux mots, on détermine l'activation du cerveau par rapport à ces deux types de mots.

La lecture de vrais mots met en jeu deux zones du cerveau, l'une située en avant dans l'hémisphère gauche, c'est la zone du langage, l'autre en arrière et en bas c'est la zone de l'aspect visuel, de la lecture flash.

La lecture des pseudo-mots active beaucoup plus la zone frontale. Il n'y a pas de reconnaissance visuelle.

Ces études rejoignent les études de Stanislas Dehaene des activations de zones du cerveau par rapport au calcul et à l'intuition mathématique.

Dyslexie

C'est entre le 42^{ème} et le 120^{ème} jour de gestation qu'a lieu la prolifération des neurones. Par la suite il n'y a plus de production de nouveaux neurones.

Les cellules se trouvent dans le cerveau central du fœtus et vont migrer jusqu'à la surface du cerveau qu'on appelle cortex cérébral.

C'est au cours de cette phase de migration qu'interviennent des facteurs chimiques, métaboliques et immunitaires qui peuvent constituer un risque.

Corps calleux et relations inter-hémisphériques chez le dyslexique.

Les dyslexiques présentent souvent certains symptômes très similaires à l'effet, chez l'adulte non dyslexique, d'une séparation des deux hémisphères (les fameux 'split brain') : défaut de coordination bi-manuelle, mauvaise identification des stimuli sensoriels appliqués à la main gauche, "extinction" de l'oreille gauche lors de présentation simultanée de paires de mots différents dans chaque oreille (test d'écoute dichotique). Dans tous les cas, on explique ces symptômes par le fait que l'information parvenue à un hémisphère ne peut atteindre l'hémisphère opposé.

Ce transfert inter hémisphérique des informations se fait grâce à une structure cérébrale, le *corps calleux*, masse de substance blanche faite de millions de fibres naissant au niveau des neurones corticaux d'un hémisphère et aboutissant dans la zone corticale symétrique de l'hémisphère opposé. Le corps calleux apparaît de façon évidente sur une coupe médiane du cerveau en IRM, ce qui permet d'analyser sa forme et de mesurer sa taille avec précision.

Dans une recherche récente comparant de jeunes adultes dyslexiques à des témoins non dyslexiques (tous de sexe masculin et recrutés dans une école d'ingénieurs), nous avons retrouvé deux différences (Robichon et Habib, sous presse) : d'une part une aire sagittale calleuse en moyenne plus vaste chez les dyslexiques, et d'autre part une différence dans la morphologie même du corps calleux, dont la forme d'ensemble est plus arrondie et la bulbosité postérieure, due au resserrement habituel de l'isthme, moins marquée.

On présume que les caractéristiques morphologiques du cerveau dyslexique prennent leur origine très précocement, durant la vie foetale pour les asymétries corticales et dans les toutes premières semaines de vie extra-utérine pour le corps calleux. Dans les deux cas, il est intéressant de noter que l'anomalie de base semble correspondre à un défaut de phénomènes régressifs qui auraient dû normalement intervenir à certaines périodes de la maturation cérébrale, aboutissant globalement à un excès de neurones et de connexions, contrairement à ce qu'on aurait pu attendre.

Une autre explication possible aux variations constatées dans l'asymétrie corticale et la taille du corps calleux est suggérée par les résultats de travaux allemands (Schlaug et al., 1995), sur une population très particulière et qui s'avère riche d'enseignements, les musiciens professionnels. Ces chercheurs ont démontré que chez les musiciens qui ont bénéficié d'un apprentissage intensif durant l'enfance, la partie antérieure du corps calleux est significativement plus volumineuse que chez des non musiciens; d'autre part, l'asymétrie du planum en faveur de l'hémisphère gauche serait plus marquée chez ceux d'entre eux jouissant de l'oreille absolue.

Ces travaux apportent la preuve que tout n'est pas joué à la naissance, et que la morphologie du cerveau peut encore se modifier longtemps après, sous l'effet de l'apprentissage. Par analogie, ces faits suggèrent que les caractéristiques anatomiques du cerveau du dyslexique puissent refléter non seulement des particularités du développement prénatal, mais également l'influence d'un sur-apprentissage tel que réalisé par la rééducation intensive habituellement prodiguée à

ces enfants.

Conclusion.

Les intuitions de Geschwind, qui ont été si fructueuses si l'on considère les milliers de travaux qui ont été publiés sur le sujet après sa mort, étaient basées sur l'idée que la latéralisation du cerveau, l'une des énigmes les plus troublantes en neuropsychologie, était étroitement liée à des facteurs hormonaux, précisément le taux de testostérone (l'hormone mâle) auquel le cerveau en développement est exposé durant sa vie foetale. Geschwind voyait ainsi dans la dyslexie à la fois la base de sa théorie de la latéralisation cérébrale et un moyen de la tester. Le fait que les dyslexiques soient plus souvent des garçons suggérait l'intervention d'un facteur lié au sexe. Le fait que les dyslexiques (et aussi les gauchers) présentaient plus souvent des affections "immunes" (allergies, eczéma, asthme, autres affections du système immunitaire) suggérait un lien complexe entre le système immunitaire et le développement de la latéralisation cérébrale. Enfin, Geschwind insistait beaucoup sur la fréquence de "talents" particuliers chez les dyslexiques, qu'il s'agisse de talents artistiques, sportifs ou intellectuels (en particulier mathématiques). Il remarquait en particulier que si les dyslexiques sont parfois excellents dans les activités spatiales et visuo-constructives, ils peuvent également être déficitaires dans ces mêmes secteurs. L'idée qu'il avançait était que l'évolution avait favorisé les mécanismes menant à certains troubles de l'apprentissage pour préserver la création de cerveaux atypiques, s'éloignant de la norme et potentiellement porteurs de capacités supérieures dans certains domaines des fonctions intellectuelles. A cet égard, il serait particulièrement intéressant de tester l'hypothèse que certains talents hors du commun seraient plus spécialement associés à des marqueurs d'un développement atypique du cerveau, tels qu'on peut aujourd'hui les observer à travers des examens utilisant les moyens modernes d'imagerie cérébrale.

Références

- Galaburda A.M., Kemper T.L. (1979). Cytoarchitectonic abnormalities in developmental dyslexia: a case study. *Ann Neurol*, 6 : 94-100.
- Galaburda A.M., Livingstone MS (1993). Evidence for a magnocellular defect in developmental dyslexia. *Ann NY Acad Sci*, 682 : 70-82.
- Galaburda A.M., Menard M.T., Rosen G.D. (1994). Evidence for aberrant auditory anatomy in developmental dyslexia. *Proc Natl Acad Sci-USA*, 91 : 8010-8013.
- Galaburda A.M., Rosen G.D., Sherman G., Humphreys P. (1991). Anatomie de la dyslexie : arguments contre la phrénologie. *Revue de Neuropsychologie*, 1†:†157-175.
- Galaburda A.M., Sherman G.F., Rosen G.D., Aboitiz F., Geschwind N. (1985). Developmental dyslexia: four consecutive patients with cortical anomalies. *Ann Neurol*, 18 : 222-233.
- Geschwind N., Levitsky W. (1968). Human brain: left-right asymmetries in temporal speech region. *Science*, 161 : 186-187.
- Habib M. (1997) *Dyslexie : le cerveau singulier*. Marseille, Editions Solal.
- Livingstone M.S., Rosen G.D., Drislane F.W., Galaburda A.M. (1991). Physiological and anatomical evidence for a magnocellular defect in developmental dyslexia. *Proceedings of the National Academy of Sciences-U.S.A.*, 88, 7643-7647.
- Robichon F., Habib M (1998). Abnormal callosal morphology in male adult dyslexics : relationships to handedness and phonological abilities. *Brain & Language* (sous presse).
- Schlaug G., Jäncke L., Huang Y., Steiger J.F., Steinmetz H. (1995). Increased corpus callosum size in musicians. *Neuropsychologia*, 33 : 1047-1056.