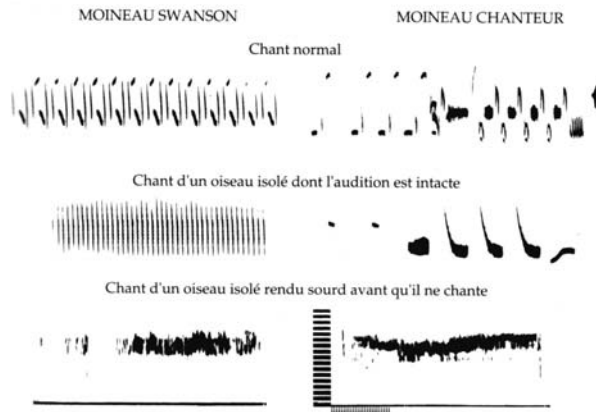


# NEUROSCIENCES & comportements

## 3<sup>ème</sup> partie : Neurosciences cognitives

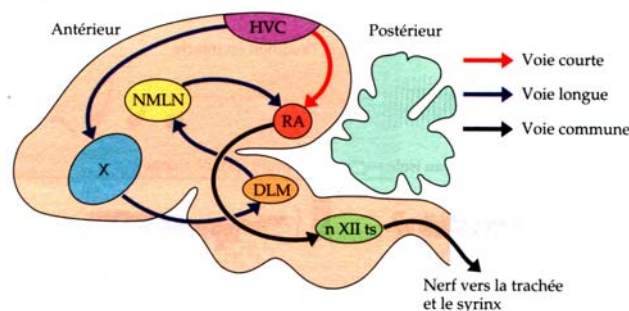
### Chapitre 5 – LE LANGAGE (fascicule 2/8)



**Figure 3 - Effets de l'isolement sur le chant des oiseaux.**

En-haut, sonogrammes de chants d'adulte typique dans deux espèces de moineaux. Au milieu, chants produits par des mâles élevés en isolement. En-bas, chants produits par des mâles rendus sourds peu après la naissance. L'isolement auditif précoce comme l'assourdissement précoce génèrent un chant anormal, mais les deux espèces produisent encore un «chant» de structure différente. La surdité a des effets plus marqués parce que l'animal n'entend pas le chant qu'il produit lui-même, comme il n'entend pas celui des autres mâles.

Les structures qui contrôlent le chant du diamant mandarin ont été très bien décrites dans le cerveau et à la périphérie; il s'agit d'une série de noyaux cérébraux et de leurs connexions (Figure III). Des lésions de certaines composantes de ce circuit, effectuées au cours du développement, provoquent des déficits sévères dans le chant, alors que réalisées au cours de l'âge adulte, des lésions similaires peuvent ne pas affecter la production des chants. On a étudié le rôle des hormones dans le développement nerveux des circuits du chant des oiseaux. Le chant se développe parallèlement aux changements de taille et d'organisation de ces noyaux. Les régions cérébrales qui contrôlent le chant sont plus volumineuses chez des individus qui possèdent les chants les plus complexes. En outre, la comparaison des chants de différentes espèces révèle que les répertoires mélodiques les plus vastes correspondent aux régions de contrôle cérébral les plus larges. Les recherches actuelles sur le chant d'oiseau comprennent maintenant des études de génétique moléculaire. Les chercheurs ont identifié un gène, appelé ZENK, qui est exprimé dans certaines cellules nerveuses quand un mâle de canari ou de diamant mandarin entend les chants d'autres mâles de son espèce. Ce gène est exprimé dans une région du cerveau de l'oiseau, dont on pensait qu'elle ne jouait pas de rôle important dans le traitement du chant ou dans sa production. Cette donnée permettra aux chercheurs d'établir la séquence des étapes cérébrales de l'apprentissage des chants de l'espèce.



**Figure III - Centres du contrôle vocal dans le cerveau d'un oiseau chanteur.**

HVC: hyperstriatum ventro-caudal; NMLN: noyau magno-cellulaire latéral de l'néostriatum antérieur; RA: noyau robustus de l'archi-striatum; X, aire X du locus parolfactorium; n XII ts, noyau de la XII<sup>ème</sup> paire de nerfs crâniens.

Chez certains oiseaux, la neurologie du contrôle vocal présente une similitude frappante avec celle de l'être humain. Le système de production des sons chez les oiseaux est un organe vocal, le syrinx. Des changements dans les membranes de cet organe sont produits par des muscles adjacents innervés par les nerfs hypoglosses droit et gauche (des nerfs crâniens qui contrôlent la musculature du cou). Lorsque ces nerfs sont sectionnés, les effets sur le chant sont considérablement différents, selon que la section affecte le nerf droit ou gauche. La section du nerf hypoglosse droit n'engendre presque aucune modification du chant, alors que celle du nerf hypoglosse gauche produit un oiseau virtuellement silencieux; de tels oiseaux dont l'hypoglosse gauche a été sectionné, « ressemblent à des acteurs de cinéma

dans un film muet». L'oiseau exécute correctement tous les mouvements, mais n'émet aucun son. Cette observation met en évidence la dominance de l'hémisphère gauche sur les mécanismes du contrôle vocal de ces animaux.

La dominance périphérique correspond à des différences situées au niveau des hémisphères cérébraux. Nottebohm (1980) a établi la carte des centres de contrôle vocal dans le cerveau de Canari (Figure III), et a montré que des lésions des régions du contrôle vocal de l'hémisphère gauche affectaient gravement la production de chant; celui-ci devient alors instable et monocorde. Quant aux lésions des structures de l'hémisphère droit, elles n'entraînent que des changements minimes. On peut faire un parallélisme intéressant avec la récupération d'une altération du langage humain à la suite d'une lésion cérébrale: des oiseaux dont l'hémisphère gauche a été endommagé, récupèrent certains éléments du chant, quelques mois après la lésion, quand l'hémisphère droit prend le contrôle du chant. On constate qu'il est également plus probable que des lésions corticales altèrent la parole humaine, si elles endommagent l'hémisphère gauche (Tableau).

Certains chercheurs ont émis des réserves quant à l'analogie proposée entre la localisation du centre des chants d'oiseaux, dans un hémisphère seulement, et la latéralisation de la parole humaine. On suggère notamment que la latéralisation des chants d'oiseaux dépendrait aussi de facteurs périphériques : l'examen du syrinx indique, en effet, que son côté gauche est plus grand que le droit. De plus, des études de l'asymétrie inter hémisphérique ne révèlent aucune différence de taille des noyaux cérébraux du contrôle vocal, hormis une légère différence pour le noyau du nerf hypoglosse. Pendant la production du chant, les enregistrements électriques de l'activité des hémisphères ne présentent pas de différence droite/gauche, ce qui indique également que la latéralisation de la fonction n'est pas complète.

Tableau	
Modes cognitifs proposés pour chaque hémisphère cérébral des êtres humains	
HEMISPHERE GAUCHE	HEMISPHERE DROIT
Phonétique	Non linguistique
Séquentiel	Holistique
Analytique	Synthétique
Propositionnel	Forme
Analyse temporelle discrète	Perception de la forme
Langage	Spatial

- **Vocalisation chez les primates non humains.**

Les cris des primates non humains ont été étudiés intensément, aussi bien sur le terrain qu'au laboratoire. De nombreuses vocalisations de ces primates semblent être préprogrammées, notamment les cris du nouveau-né et les vocalisations émotionnelles de l'adulte, tels que les cris stridents de douleur et les gémissements. Pour comprendre le contexte des vocalisations des primates il faut apprendre la signification de leur production vocale. En étudiant le comportement vocal du singe écureuil, on a établi le catalogue des appels qu'ils produisent et celui des propriétés de communication que possèdent ces sons dans un contexte social. Les cris des singes comprennent des hurlements, des couinements, des gazouillements, des grognements et des glapissements. La plupart de ces cris peuvent traverser la forêt sur une certaine distance, et communiquer une alerte, une revendication territoriale, ou d'autres états émotionnels. La stimulation électrique directe de régions sous-corticales peut provoquer l'émission de certains appels, mais celle du cortex cérébral ne réussit pas à induire de comportement vocal (Figure IV). Les régions cérébrales dont la stimulation produit des vocalisations semblent être impliquées dans des comportements de défense, d'attaque, de prise alimentaire et d'activité sexuelle. Ces régions comprennent des sites du système limbique et des structures qui lui sont associées. Des chercheurs ont montré que l'ablation de certaines parties du cortex cérébral des primates n'a que peu d'effet sur leurs vocalisations, alors que chez l'Homme, cette intervention peut affecter le langage de façon dramatique. **On peut en conclure que la parole humaine exige la présence du cortex, alors que ce n'est pas le cas pour les cris de l'animal.**

*Les vocalisations des primates diffèrent encore de la parole humaine par plusieurs autres façons. Dans la plupart des cas, ces vocalisations semblent produites par des stimuli émotionnels et associées à des situations particulières. De plus, même chez le primate le plus loquace, le nombre de sons reste très limité.*

*Un nouvel examen du comportement vocal du primate non humain a mis l'accent sur sa versatilité qui avait été négligée dans les études antérieures, ces premières recherches avaient plutôt insisté sur les différences entre le comportement vocal de l'être humain et celui des autres primates. Avec les cris d'alarme du singe vervet différents selon la source du danger (léopard, aigle ou serpent), et provoquant des réponses adaptatives différentes chez les autres singes, il a été suggéré un parallèle entre ces cris et des mots du langage humain. Toutefois, les êtres humains qui entendent ces cris peuvent se montrer incapables de détecter les petites différences qui sont distinguées par les singes. Des expériences de discrimination montrent que certaines espèces semblent prédisposées à diviser un continuum de sons en catégories spéciales caractéristiques de l'espèce. De plus, les membres de chaque espèce possèdent une latéralisation cérébrale qui les habitue à traiter le comportement vocal typique de leur propre espèce, mais ne leur permet pas d'analyser les sons émis par les individus des autres espèces.*

- **Les primates non humains peuvent-ils acquérir le langage? Ce problème reste controversé.**

Savage-Rumbaugh, Rumbaugh, et Boysen (1980) ont ouvert un débat plus large encore sur la nature-même du langage. Selon ces auteurs, la vraie symbolisation impliquerait quelque chose de plus que la représentation d'un objet ou d'une action. **Elle ferait intervenir une intention de communiquer un processus représentationnel interne apparenté à la pensée.** Il se peut que ce processus ne soit pas un élément de l'apprentissage du langage chez les chimpanzés, bien qu'évidemment, il est difficile d'interroger les animaux sur ce point. Plus récemment, Savage-Rumbaugh (1993) a indiqué que les singes sont capables de comprendre des mots parlés, de produire de nouvelles combinaisons de mots, et de répondre de façon adéquate à des phrases agencées selon une règle syntaxique. Elle pense maintenant que les capacités linguistiques du singe ont été sous-estimées. Ce débat est loin d'être épuisé, mais les réalisations des chimpanzés entraînés ont au moins forcé les chercheurs à mieux définir les critères de ce qu'est le langage. On ne sait pas encore clairement si les primates sont réellement capables d'utiliser un langage. « Même si on ne tient pas compte du vocabulaire, de la phonologie, de la morphologie et de la syntaxe, affirme Pinker (1994), ce qui impressionne le plus dans l'utilisation des signes par les chimpanzés, est que, fondamentalement, et en fin de compte, ils n'y parviennent pas ».

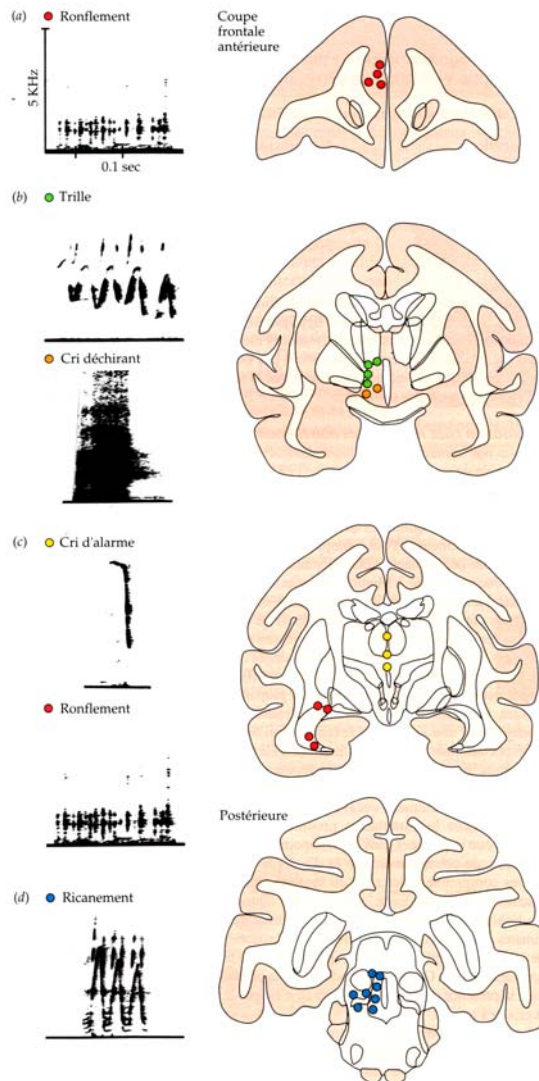
Tout au long de l'histoire de l'humanité, on a essayé d'apprendre à parler aux animaux. Cependant, dans la plupart des cas, si une communication s'était établie entre un animal et un être humain, c'était plutôt parce que ce dernier avait su

miauler, grogner ou aboyer, et non parce que l'animal avait appris à produire le langage des hommes. De tels efforts, nombreux au demeurant, ont permis de conclure que pour parler comme un humain, un animal doit posséder un appareil vocal semblable à celui de l'Homme.

L'appareil vocal et le répertoire des sons des primates non humains sont différents de ceux des humains: c'est la raison pour laquelle les scientifiques ont abandonné l'idée d'entraîner des animaux à apprendre à parler comme les hommes. Mais serait-il possible, néanmoins, de leur apprendre d'autres formes de communication dont certaines caractéristiques seraient semblables à celles du langage humain, notamment la capacité à représenter des objets par des symboles, et à manipuler ces symboles selon des règles de syntaxe. En dehors des hommes, se trouve-t-il des animaux qui soient capables de générer une nouvelle série de symboles, telle qu'une phrase nouvelle?

Allen et Beatrice Gardner (1969, 1984) ont réussi à entraîner des chimpanzés à acquérir un langage gestuel appelé Langage Américain des Signes (American Sign Language, ASL) qui est celui du langage gestuel des sourds-muets. Les chimpanzés apprennent de nombreux signes, se sont montrés capables de les utiliser spontanément, et de produire de nouvelles séquences de signes. En 1978, Patterson a assuré avoir enseigné à un gorille, un vocabulaire de plusieurs centaines de mots de l'ASL.

David Premack (1971) a eu recours à une autre approche: il a appris à des chimpanzés à se servir d'un système fondé sur un assortiment de jetons colorés (symboles), qui peuvent adhérer à un tableau magnétique. Après un apprentissage intensif, les chimpanzés sont capables de manipuler les jetons d'une façon qui reflète l'acquisition d'une capacité à former de courtes phrases et à distinguer diverses classifications logiques.



**Figure IV - La stimulation électrique du cerveau de singe produit des vocalisations.**

La stimulation de sites variés du cerveau de singe débouche sur des vocalisations différentes, spécifiques de l'espèce. La colonne de gauche présente les spectrogrammes de différentes vocalisations, et les coupes frontales de la colonne de droite montrent les sites cérébraux dont la stimulation produit les vocalisations.

Au centre de primatologie de Yerkes (Yerkes Primate Center), le projet Lana avait pour but d'apprendre le « Yerkish » à des chimpanzés. Le Yerkish est un langage informatisé dans lequel les différentes touches d'un terminal représentent des mots. Les singes apprennent facilement un grand nombre de mots de ce langage, et s'avèrent capables de les rattacher pour former des chaînes nouvelles et significatives. Savage-Rumbaugh (1990) prétend que le chimpanzé nain (Bonobo) est bien meilleur que les autres chimpanzés dans l'apprentissage des symboles significatifs, et dans leur utilisation pour communiquer (Figure V). En se fondant sur des études telles que celle-ci, Savage-Rumbaugh et ses collaborateurs (1993) ont déclaré que la compréhension du langage précède l'apparition de la parole de plusieurs millions d'années. Par conséquent, même si les primates non humains (du moins ceux qui sont aussi intelligents que le chimpanzé) ne possèdent pas un système vocal qui leur permet de parler, ils sont néanmoins capables d'apprendre quelques éléments du langage.

Le débat sur l'étendue de la capacité d'apprentissage des chimpanzés a toujours été animé, tant sur le plan théorique que méthodologique. C'est Herbert Terrace (1979) qui a émis les critiques les plus importantes concernant les

possibilités d'apprentissage d'un langage par les singes. Lui-même avait élevé un jeune chimpanzé et lui avait appris de nombreux signes. Il a très soigneusement testé son singe et d'autres singes pour voir s'ils étaient vraiment capables de construire des phrases. Selon les linguistes, la grammaire est l'essence du langage; aussi les chercheurs ont-ils cherché à savoir si les singes qui utilisent des signes, sont capables de créer de nouvelles séquences de signes qui aient du sens. Comme nous l'avons noté, les études des Gardner ont suggéré que les chimpanzés qui utilisent des signes construisent des séries distinctes de ces symboles, comme s'ils utilisaient des mots dans une phrase. Toutefois, Terrace a affirmé que les chaînes de signes ont été explicitement présentées aux chimpanzés et que les animaux ne font qu'imiter plutôt que créer de nouvelles combinaisons. Il suggère que l'imitation est très subtile et peut impliquer des indices pratiques dont l'expérimentateur serait inconscient.



**Figure V - Utilisation de symboles par un chimpanzé**  
 Il n'y a plus aucun doute: pour communiquer, les chimpanzés sont capables d'apprendre à utiliser des signes et/ou des symboles arbitraires; cependant certains chercheurs se posent encore la question de savoir si cette utilisation de signes et/ou de symboles est l'équivalent du langage humain.

#### IV – Ontogenèse du langage humain

Quelle est la part de l'inné et de l'acquis dans les mécanismes présidant à l'établissement du langage ?

- **Etapes du développement**

Un point est incontesté, c'est la fixité et même l'invariance selon les cultures des différentes étapes de l'acquisition du langage.

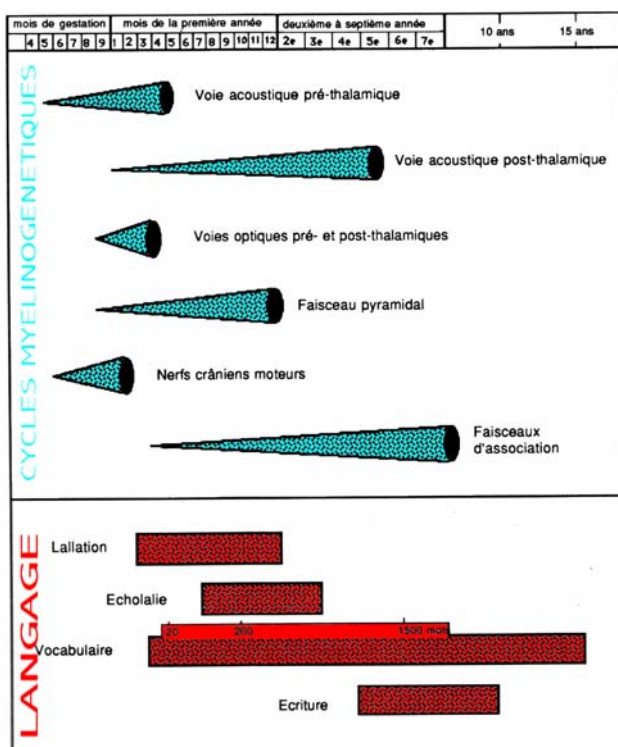
Pendant la première année de la vie, l'enfant acquiert tout d'abord le comportement de **lallation (babillage)** constitué de sons différenciés produits de manière non spécifique.

A partir d'un an, le système phonologique se met en place: l'enfant peut prononcer plus ou moins distinctement un nombre croissant de mots, cette étape étant marquée par un phénomène d'**écholalie**, c'est à dire de répétition en écho des sons entendus.

A partir de 2 ans, la compréhension du langage entendu est quasi complète et le système morpho-syntaxique se construit: construction de phrases de 2 ou 3 mots dont l'organisation commence à répondre à des règles syntaxiques.

Ainsi l'âge moyen de chacune de ces étapes ainsi que la succession de ces étapes ne varient pas entre cultures différentes, et ce, en dépit de variations de sujet à sujet. En outre dans toutes les cultures, l'aptitude du cerveau à apprendre une langue diminue considérablement après la puberté.

Du point de vue neuro-anatomique, on ne connaît qu'imparfaitement les étapes du développement cérébral sous-tendant cette évolution fonctionnelle (Figure V). Ce travail anatomique a permis de montrer que si certaines structures, comme la voie acoustique pré-thalamique et les nerfs crâniens moteurs, sont définitivement myélinisés autour de la naissance, il n'en va pas de même pour certains faisceaux d'association dont la maturation se poursuit tout au long de la période d'acquisition du langage. **En particulier, la région du cortex associatif non spécifique du lobule pariétal inférieur, dont on connaît l'importance pour le langage dans l'hémisphère gauche (aire de Broca), présente une maturation très tardive, vers l'âge de 10 à 15 ans parfois.**



**Figure V - Cycles myélinogénétiques et étapes d'acquisition du langage.**

La partie supérieure du schéma représente la chronologie de myélinisation des voies de divers faisceaux de substance blanche. Contrairement à celle du système visuel et des nerfs moteurs, la maturation de la radiation acoustique thalamo-corticale et les faisceaux d'association continue pendant plusieurs années après la naissance.

Dans la partie inférieure sont figurées les principales étapes de l'acquisition du langage.