

NEUROSCIENCES & comportements

3^{ème} partie : Neurosciences cognitives

Chapitre 5 – LE LANGAGE (fascicule 1/8)

Le langage, comme d'autres activités cognitives, dépend de régions spécialisées du cerveau. L'évolution des idées sur la localisation des zones corticales impliquées dans le langage a une longue histoire. En ne considérant que les approches scientifiques, on peut trouver l'origine de la notion de "centre du langage" dans les observations anatomocliniques de Broca (figure 1A) qui a, dès 1860, mis en évidence l'aire de l'expression du langage sur le lobe frontal, aire qui porte désormais son nom, à partir du cas de Monsieur Leborgne (18 avril 1861).

Au cours du XX^{ème} siècle, deux étapes essentielles marquent nos conceptions sur les mécanismes nerveux du langage. Dans les années 50-60, les résultats des expériences de stimulation électrique directe du cerveau par Penfield *et al.* et les données neuro-psychologiques, de plus en plus nombreuses et précises, conduisent à définir, comme la représente la figure 1B, deux aires fonctionnelles connectées qui interviennent de manière sérielle grâce à des associations intrahémisphériques (qui dominent sur l'hémisphère gauche, chez le droitier):

Aire postérieure réceptrice de Wernicke au confluent pariéto-temporal;

Aire antérieure frontale effectrice de Broca.

Ces deux aires font partie du cortex cérébral associatif.

L'aire d'intégration du langage écrit, parlé et signé ou aire de Wernicke est située dans la partie postérieure du lobe temporal d'un hémisphère (généralement le gauche chez les droitiers). Elle entoure une partie de l'aire auditive associative. On pensait jusqu'à tout récemment que l'aire de Wernicke était la seule aire dédiée à la compréhension du langage. Mais la tomographie par émission de positrons a révélé que cette aire est probablement reliée à la prononciation de mots inconnus, tandis que le processus plus complexe de compréhension du langage se déroule en fait dans les aires préfrontales, à mi-chemin entre les aires 45 et 11 de Brodmann.

L'aire motrice du langage ou aire de Broca, est située à l'avant de l'aire prémotrice; elle chevauche les aires 44 et 45 de Brodmann. On a longtemps cru que cette aire ne se trouvait que dans un seul hémisphère (le gauche, chez les droitiers) et qu'elle était un centre moteur du langage dirigeant les muscles de la langue, de la gorge et des lèvres associées à l'articulation. Cependant, des études utilisant la tomographie par émission de positrons pour "éclairer" les aires actives du cortex cérébral ont montré que l'aire motrice du langage a peut-être d'autres fonctions. Ces études ont en effet révélé que cette aire (et le centre correspondant dans l'autre hémisphère) se mettent en activité lorsque nous nous préparons à parler et à accomplir de nombreuses activités motrices volontaires autres que la parole (conceptualisation symbolique anticipative mentale d'une action ?).

Depuis quelques années, l'imagerie cérébrale (TEP, RMN fonctionnelle) a développé la conception d'une zone du langage reposant sur l'existence de vastes réseaux interconnectés, grâce à des expériences sophistiquées qui associent chez des sujets placés dans des conditions naturelles de communication, les approches de psychologie cognitive du langage et de neurophysiologie des activités cérébrales supérieures. On observera par exemple sur la figure 1C, une image obtenue par TEP, qui représente (zones rouges et jaunes) l'activation cérébrale *in vivo*, par mesure du flux sanguin, témoin indirect du fonctionnement cérébral, lorsque le sujet prononce à haute voix un verbe qu'il a eu pour consigne d'associer à un nom entendu. On remarque une double activation hémisphérique gauche: sur le cortex temporal associatif, aire postérieure de réception et compréhension de la parole, sur le cortex frontal qui correspond à l'aire "historique" de l'expression vocale de Broca.

La représentation du langage dans le cerveau est distincte des circuits qui interviennent dans le contrôle moteur de la bouche, de la langue, du larynx et du pharynx, toutes structures qui produisent les sons de la parole. Elle se distingue aussi des circuits de la perception auditive des mots parlés ou de la perception visuelle des mots écrits. Le substrat nerveux du langage transcende ces fonctions sensorielles et motrices essentielles, dans la mesure où il s'adresse à un système de symboles, parlés et entendus, écrits et lus (ou dans le cas du langage des signes, mis en gestes et vus). L'essence du langage est donc la représentation symbolique. La syntaxe, la grammaire et l'intonation sont parfaitement reconnaissables quel que soit le mode de représentation, de compréhension et d'expression.

I – Introduction - Généralités

L'un des traits les plus remarquables de la cognition humaine est la faculté d'associer les symboles arbitraires à des significations particulières pour exprimer les pensées ou les émotions: l'ensemble des aptitudes cognitives de l'homme reposent essentiellement sur le langage.

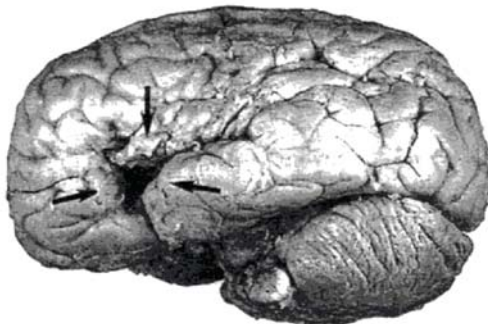
Les rapports étroits existant entre **langage et pensée** font de son étude le terrain idéal pour tenter d'approcher la question aussi ancienne qu'actuelle du lien entre **cerveau et esprit**. Grâce au langage, sous toutes ses formes, oral, écrit ou gestuel, la vie mentale humaine, cognitive et émotionnelle, se distingue de la vie mentale de l'animal essentiellement instinctive. L'homme, grâce au langage, est capable de conceptualiser des raisonnements et des stratégies logiques, des états d'âme et des sentiments affectifs ou émotifs ainsi que de les exprimer par des signifiants oraux, gestuels et écrits. De plus, grâce à la conceptualisation permise par les signifiants du langage, l'homme peut se souvenir de ses constructions mentales (logiques ou affectives, intellectuelles ou sentimentales) mais surtout anticiper en prévoyant les conséquences de leur mise en œuvre. C'est ainsi qu'il a permis d'associer des types particuliers de troubles cognitifs observés chez tel individu à des troubles du langage dus à des atteintes de régions spécifiques de son cerveau, celles là mêmes que l'on sait être impliquées dans le langage.

Actuellement, **des techniques modernes d'imagerie cérébrale fournissent des images instructives du cerveau pendant des états cognitifs**. Associées aux techniques classiques d'investigation de neurologie clinique et de neurophysiologie, on peut déterminer les processus fonctionnels et les structures cérébrales impliquées dans le langage et la vie mentale de l'être humain.

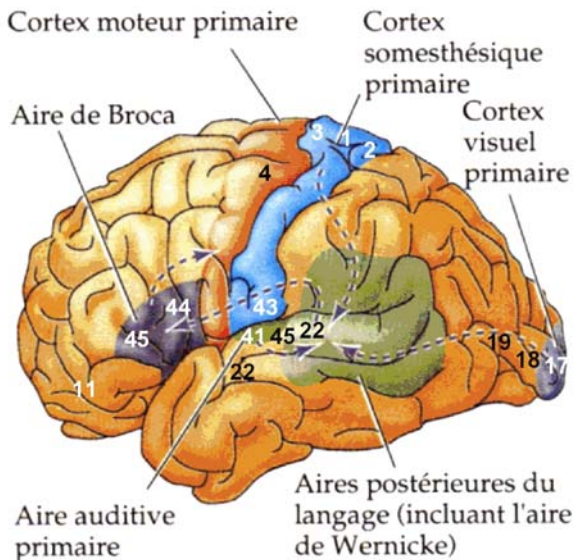
La compréhension des bases neurobiologiques du langage humain passe par un certain nombre d'interrogations concernant son origine:

- **ontogénétique**, c'est à dire: "quelles ont été les étapes qui, au cours du développement, ont permis d'aboutir à un ensemble de caractères "signifiants" définissant le langage de l'adulte ?"; parmi toutes les fonctions du cerveau humain, le langage est celle où l'organisation cérébrale atteint son plus haut degré de complexité.
- **phylogénétique**, c'est à dire: "quelles ont été les circonstances qui, dans l'évolution des êtres vivants, ont servi de base à l'écllosion du langage humain ?"; De par cette complexité maximale chez l'homme, le langage offre un modèle d'étude privilégié pour la compréhension des mécanismes de l'évolution dont il semble constituer une sorte de point culminant.

A



B



C

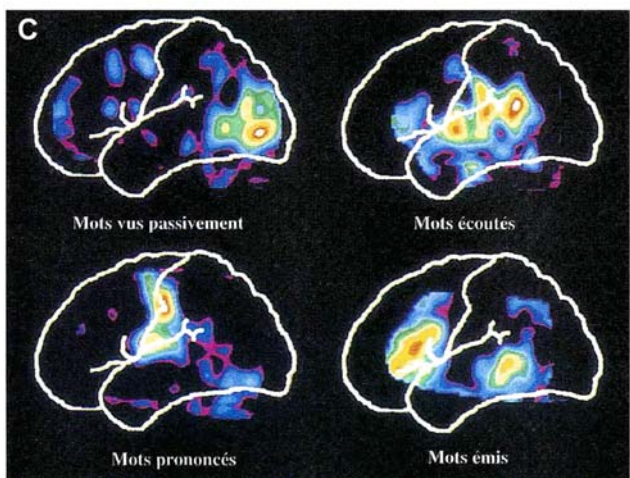


Fig. 1 – Cerveau et langage

A, cerveau de Monsieur Leborgne, aphasique soigné par Broca.

B, schéma des principales aires cérébrales intervenant dans la compréhension et la production du langage. On a indiqué les relations des cortex somesthésique, visuel et auditif primaires ainsi que celles du cortex moteur primaire avec les aires de Broca et de Wernicke.

C, cartographie par tomographie par émission de positrons des territoires cérébraux du langage chez un sujet normal. Des épreuves linguistiques, écouter ou émettre des mots, provoquent l'activité des aires de Broca et Wernicke. Mais on constate aussi une activité des aires sensorielles et motrices primaires et associatives lors d'épreuves tant actives que passives. Ceci indique que les traitements linguistiques font intervenir d'autres aires corticales que les aires classiques du langage.

II – Définition du langage

Le langage peut se définir comme l'ensemble des processus:

- ❑ Permettant d'utiliser un code ou un système conventionnel servant à représenter des concepts ou à les communiquer;
- ❑ Utilisant un ensemble de symboles arbitraires et de combinaisons de ces symboles.

On oppose habituellement le **langage** ainsi défini à la **parole**, qui est l'ensemble des mécanismes et comportements moteurs permettant la production des sons constitutifs du langage parlé ou phonèmes. Le concept de langage est donc plus vaste que celui de la parole **puisque'il comprend aussi tout l'aspect représentatif de la parole et les idées elles-mêmes avant même qu'elles ne soient transformées en sons.**

On reconnaît dans tout langage 3 composantes, la forme, le contenu et l'usage:

- ❑ La forme comprend les sons et la syntaxe permettant de les utiliser ;
- ❑ Le contenu représente la signification ou sémantique du langage, c'est à dire qu'il fait référence aux idées véhiculées par la forme;
- ❑ L'usage (ou pragmatique) est l'ensemble des circonstances sociales et le contexte général de la communication linguistique.

De par le monde, il existe environ 10 000 langues parlées différentes et un très grand nombre de dialectes régionaux. Toutes ces langues ont des éléments de base similaires et chacune est composée d'un ensemble de sons et de symboles ayant des significations distinctes. Ces éléments sont disposés en ordre précis selon des règles qui caractérisent chacune de ces langues. Ainsi toute personne qui connaît les sons (phonèmes), les symboles et les règles (grammaire) permettant d'établir les relations entre les différents symboles constitutifs du langage (lexique), peut générer des phrases qui transmettent de l'information à ceux qui partagent le même savoir. L'acquisition d'une langue par les enfants suit des règles remarquablement constantes, quelle que soit la langue considérée. Il découle de cette étude une régularité remarquable dans la façon dont le langage s'est formé dans pratiquement toutes les sociétés humaines

Tout langage est créatif ou "génératif" dans la mesure où il est capable de créer à l'infini diverses combinaisons pourvu qu'elles utilisent les symboles et les règles de la langue natale.

Tout langage est signifiant ou "représentatif" et tout langage est interpersonnel dans la mesure où sa raison est la communication, l'interaction entre individus.

Le cerveau contrôle tous les aspects du langage tant au niveau de sa production (**encodage**) que de sa compréhension (**décodage**). Les aspects mécaniques de la production du langage (phonation), également sous contrôle nerveux, ne sera pas envisagé ici. **Il ne sera abordé que l'organisation cérébrale hémisphérique sous-tendant les activités d'encodage et de décodage.** Cette organisation nous est accessible:

- ❑ Par l'étude du développement de l'individu; répétition: "l'acquisition d'une langue par les enfants suit des règles remarquablement constantes, quelle que soit la langue considérée";
- ❑ Par l'étude de l'évolution des être vivants;
- ❑ Par l'étude du langage des sujets adultes normaux mais surtout des sujets ayant subi une lésion cérébrale (sujets cérébro-lésés);

III – Origines du langage humain

1) Langage et évolution

On a énoncé plusieurs hypothèses, au cours des siècles, sur les origines du langage, mais les faits sur lesquels s'appuyer en ce domaine sont rares. Les documents les plus anciens dont dispose le chercheur actuel ne remonte qu'à 6000 ans environ. L'absence de données antérieures à cette époque a entretenu une aura de mystères et encouragé l'invention d'histoires fantaisistes sur les débuts du langage. Si bien qu'il y a plus de cent ans, l'Académie française interdisait la spéculation sur les origines du langage, la considérant comme purement stérile et échappant à toute vérification. Pourtant, certaines vieilles notions ont une vitalité qui conduit à leur reformulation perpétuelle.

Les théories paléontologiques, très spéculatives, sur l'origine du langage sont les théories gestuelles et les théories vocales:

- **Les théories gestuelles**

Elles prétendent que la parole et le langage se sont formés à partir des gestes, surtout ceux qui mettent en cause les mouvements du visage (mimiques). Actuellement, il est courant de parler tout en faisant des gestes et des mimiques. En 1çè3, l'anthropologue Gordon Hewes a émis l'hypothèse que très tôt dans l'histoire de l'espèce humaine, les gestes furent soumis à un contrôle volontaire et qu'ils sont devenus un mode facile de communication avant même l'émergence de la parole. Les mouvements de la langue et de la bouche pourraient avoir constitué les fondements de la parole. D'autres chercheurs font observer que la femme et l'homme primitifs vivaient au milieu des sons de la nature, sons qu'ils auraient peut-être tenté d'imiter. Les sons créés par le vent (tel le frémissement des feuilles dans un arbre) ou encore les vocalisations des autres animaux font toujours partie de notre entourage. L'imitation de ces sons par l'être humain pourrait avoir été à l'origine de la communication vocale qui, avec le temps, se serait transformée en langage. Ainsi, elles postulent d'une relation entre langage et gestualité. De plus, le passage à la position érigée de l'homme aurait eu pour première conséquence de libérer les membres antérieurs et de les rendre utilisables pour la communication gestuelle. La communication vocale se serait alors développée pour rendre libre les mains pour d'autres usages. Cette théorie rendrait compte du lien étroit existant dans le cerveau de l'homme moderne entre le substrat neuronal du langage et celui des gestes, tous deux organisés de manière similaire au niveau de certaines régions corticales de l'hémisphère gauche.

- **Les théories vocales**

Le langage serait apparu pour la 1^{ère} fois en Afrique orientale, il y a 10 000 ans et serait contemporain d'une modification dans la région bucco-pharyngienne permettant aux hominidés vivant à cette époque d'exercer un contrôle volontaire sur la production vocale jusque là automatique et donc essentiellement émotionnelle. Le perfectionnement de cette aptitude, lié à son usage croissant en parallèle avec le développement de ses aptitudes sociales, a permis à l'ancêtre de l'homme d'utiliser des combinaisons de plus en plus riches aboutissant à la complexité actuelle

2) Les modèles animaux du langage

La pertinence d'un modèle animal pour l'étude du langage humain est-elle transposable de l'animal à l'homme ? Malgré quelques exceptions, il semble qu'en règle général ce soit "non"..., au moins pour deux raisons:

- Les productions vocales des primates les plus évoluées n'ont pas le caractère cognitif du langage humain mais ont une signification essentiellement émotionnelle;
- On oppose souvent le caractère "appris" du langage humain nécessitant un environnement particulier pour se développer, au caractère "inné" des vocalisations du singe, dont le développement n'est pas modifié par l'environnement.

En revanche, dans certaines expériences on a pu montrer que l'animal était capable d'utiliser une certaine "capacité de représentation", c'est à dire d'apprécier une relation entre des événements réels et leur représentation symbolique et d'établir des "inférences causales" du type "si – alors". Ainsi il a pu être exploré chez le singe des capacités cognitives rudimentaires considérées comme les prémices d'un véritable langage.

- **Certains animaux s'engagent dans des comportements vocaux complexes**

Les animaux autres que les humains produisent de nombreux sons: les gazouillis, aboiements, miaulements, et autres chants. De nombreux mammifères, surtout les primates, possèdent un vaste répertoire de vocalisations spécifiques à l'espèce, qui semblent associées à des situations distinctes, significatives d'un comportement d'adaptation. Beaucoup de ces sons, spécialement les cris qui participent à la séparation des espèces, ou les signaux qui préparent à l'accouplement, accompagnent le comportement de reproduction. D'autres vocalisations alertent le groupe d'un danger. Il faut signaler ainsi que certains singes "Vervet", africains, observés dans leur milieu naturel utilisent 3 types différents de vocalisation d'alarme selon le prédateur dont la menace se fait sentir: un pour les léopards, un pour les aigles, un pour les serpents. De plus, si l'on fait entendre l'un ou l'autre de ces cris préalablement enregistrés en présence du prédateur, on observe pour chaque cri, une réaction particulière et stéréotypée du groupe de singes "Vervet":

- L'audition du cri d'alarme normalement provoqué par un léopard incite immédiatement les singes à grimper dans les arbres;
- Le cri pour un aigle provoque immédiatement une réaction de fuite dans les buissons;
- Le cri pour un serpent incite les animaux à se mettre sur leurs pattes arrière et à scruter le sol autour d'eux.

Il apparaît ainsi que le comportement vocal de ces singes possède au moins 2 des propriétés caractéristiques du langage humain:

- Le caractère signifiant;
- Le caractère interpersonnel.

De plus, il semble que, comme pour le langage humain, les capacités innées à produire et à coder les cris de menace ne peuvent se manifester que grâce à une "imprégnation" par l'environnement parental (social) pendant la maturation. Par contre, l'aptitude de ces animaux à structurer leur production vocale en fonctions de règles n'a jamais été démontrée.

Il a été suggéré que l'appareil phonatoire de l'animal ne lui permettait pas d'émettre une succession de sons même si son cerveau possédait les caractéristiques nécessaires à une telle opération. C'est certainement ce qui explique pourquoi on a pu apprendre quelques 160 mots comportant des objets, des attributs et des adjectifs comparatifs, en langue des signes à des singes. Mais en aucun cas il n'a pu être établi la preuve d'un apprentissage de règles grammaticales ou de syntaxe, permettant par exemple de discriminer différents sens d'une phrase selon l'ordre des mots qui la composent.

Ainsi, à la lumière de ces quelques exemples, peut-on mettre en relation le comportement vocal des animaux et l'histoire biologique de la parole et du langage de l'Homme? Certains attributs du comportement vocal non humain sont-ils apparentés à la parole humaine? Dans ce contexte, d'autres éléments de réflexions peuvent être fournis en examinant ces questions en étudiant le chant des oiseaux et les sons émis par les primates non humains.

- **Le chant des oiseaux.**

De nombreux oiseaux émettent des chants agréables, qui offrent des analogies fascinantes avec la parole humaine. La complexité des chants d'oiseaux est variable: certains ne font que répéter une unité fondamentale simple, alors que d'autres sont beaucoup plus élaborés (Figure 2) La structuration compliquée de certains chants suggère une relation avec la parole humaine. Les parallèles entre la parole humaine et le chant d'oiseau se fondent notamment sur l'importance des premières expériences, et sur les similitudes des mécanismes nerveux qui contrôlent la production des sons. Aucun chercheur ne pense que, sur le plan évolutif, le chant des oiseaux soit un précurseur de la parole humaine. On suppose plutôt qu'il fournit une analogie intéressante, utile en tant qu'outil expérimental.

Certains oiseaux possèdent un comportement vocal simple qui n'est affecté, ni par une surdité précoce, ni par un élevage en isolement; les pigeons ramiers en sont un exemple.

A l'inverse, comme dans le cas de la parole humaine, dans de nombreuses espèces, telles que le canari, le diamant mandarin et le bruant à gorge blanche, le développement du chant dépend de l'exposition à des sons pendant des étapes particulières du développement. Seuls les mâles de ces espèces chantent, et l'acquisition du chant comprend plusieurs étapes distinctes (fig. 3): (1) une exposition initiale au chant d'un oiseau-modèle ou tuteur (2) une période d'approximations successives du chant produit par rapport au modèle entendu, et (3) la fixation ou cristallisation du chant dans une forme permanente. L'apprentissage du chant est complet quand l'animal arrive à maturité sexuelle (90 jours). Ces oiseaux chantent de façon tout à fait anormale s'ils sont rendus sourds pendant le second stade, avant qu'ils n'aient appris à produire le chant définitif. De même, les mâles d'oiseaux chanteurs, élevés en isolement acoustique, développent également un chant anormal. Toutefois, ces oiseaux isolés apprennent le chant normal, si on leur fait entendre des enregistrements des vocalisations typiques de l'espèce au cours d'une période «critique» précoce; mais, si l'exposition à ces chants enregistrés a lieu plus tardivement, les oiseaux produiront un chant anormal. Quand un oiseau est exposé à des chants synthétiques qui sont composés de notes provenant à la fois des chants de sa propre espèce et d'une autre, il n'imitera que le chant de sa propre espèce. On observe donc une préférence innée pour le chant de sa propre espèce.

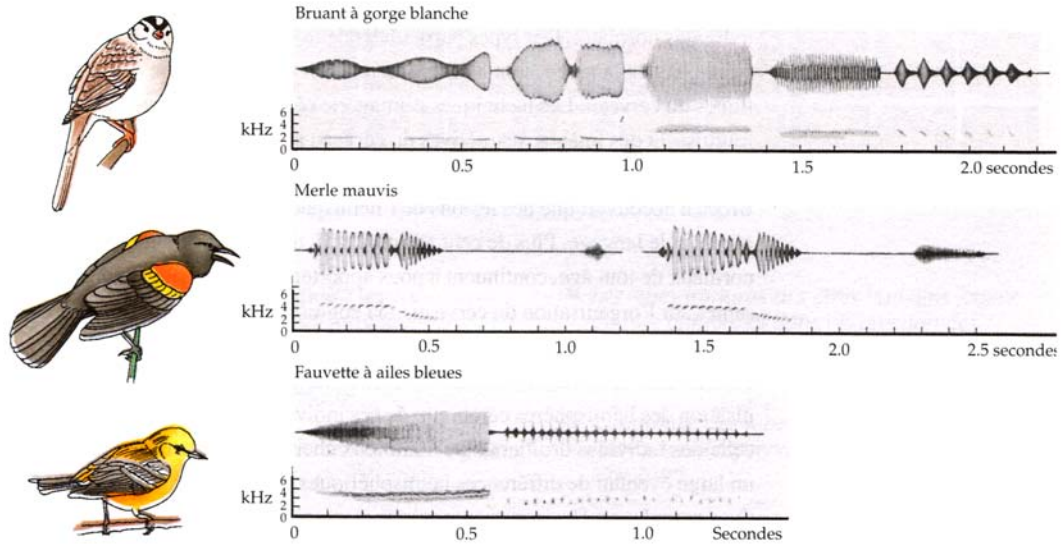


Figure 2 - Le chant chez trois espèces d'oiseaux

Pour chaque espèce, la trace du haut montre la structure exacte du son détecté par un microphone sensible. La trace du bas présente cette même structure analysée par un spectrographe de sons qui révèle la quantité d'énergie émise à chaque instant aux différents niveaux de fréquences sonores..