

Langage et cerveau : les aires cérébrales spécialisées dans le traitement du langage

Johanna Idelonn

Le langage du point de vue du cerveau

« *Comment ça marche ?* »

Telle est la question qui, de tout temps et à propos de tout, semble avoir passionné l'humanité. Depuis le niveau le plus fondamental de la matière jusqu'aux spéculations métaphysiques les plus inspirées, l'être humain n'a eu de cesse de chercher à expliquer le fonctionnement de la réalité dont il fait l'expérience. Cette question peut être posée à une infinité de niveaux et depuis une infinité de points de vue, sur une infinité d'objets ; ici, nous nous intéresserons au langage naturel humain, moins en tant que système de signes permettant l'expression et la communication, comme l'étudie traditionnellement la linguistique, qu'en tant que partie et processus de la biologie de l'homme. Plus spécifiquement, nous nous pencherons sur le lien entre cerveau et langage, ce qui est le sujet d'étude de la neurolinguistique.

La fonction et l'organe

Si parler d'« organes de la parole » pour désigner l'ensemble de l'appareil respiratoire et vocal – poumons, larynx, pharynx, cavité buccale, articulateurs tels que la langue, fosses nasales, lèvres – ne paraît pas poser de difficulté particulière¹, ne serait-ce que parce que leur rôle dans la production de la parole est relativement évident à l'observation, en revanche établir un lien similaire entre la fonction langagière et le cerveau est quelque peu plus complexe. En effet, il faut pouvoir observer le cerveau en action, mais aussi, savoir interpréter ce que l'on peut observer ; cela suppose d'être en mesure de proposer un modèle d'organisation, aussi bien du phénomène cognitif auquel on s'intéresse (par exemple, le langage) que du cerveau lui-même.

Points d'intérêt et objectifs

Qu'il y ait des aires du cerveau spécialisées dans le traitement et la production du langage ne fait plus aucun doute et nous passerons en revue comment certains dysfonctionnements du langage – en particulier les aphasies – nous éclairent à ce point de vue, ainsi que les diverses méthodes d'imagerie cérébrale. Le traitement linguistique est essentiellement effectué par l'hémisphère gauche chez l'immense majorité des gens mais nous verrons également le rôle que joue et est susceptible de jouer l'hémisphère droit. Certaines raisons sont avancées pour expliquer cette latéralisation mais restent à confirmer et à détailler. Par ailleurs, en dehors d'une topographie encore très incomplète de ces aires cérébrales spécialisées dans le langage, que savons-nous vraiment de la façon dont le cerveau permet la compréhension, la mémorisation ou la production du langage ?

1 Il est à noter qu'avant de permettre la production de la parole, ces organes assument prioritairement des fonctions physiologiques de base, bien qu'il soit possible qu'au cours de l'évolution humaine, l'utilisation du langage ait influencé leur développement ultérieur.

Quand la pathologie permet de comprendre le fonctionnement normal

Généralités et historique

Souvent, un problème pathologique peut apporter des éléments de réponse expliquant comment fonctionne le sujet sain. C'est particulièrement vrai dans le domaine de la localisation des aires cérébrales du langage : en effet, au cours du XIX^e siècle, des personnes atteintes d'aphasie ont permis de découvrir quelles étaient les principales aires du cerveau dédiées au traitement du phénomène linguistique. Les aphasies sont des dysfonctionnements langagiers acquis, à la suite d'une lésion du système nerveux central qui peut être due à de nombreuses raisons, telles qu'un traumatisme, un accident vasculaire, une tumeur ou une infection, ou encore une opération chirurgicale. Cette lésion est focale, c'est-à-dire qu'elle concerne une partie délimitée du cerveau.

C'est précisément ce caractère focal, délimité, des lésions qui permet d'observer quelles sont les zones liées au langage. Lorsqu'une personne, qui ne présentait auparavant pas de trouble linguistique, ne peut plus s'exprimer normalement suite à une lésion cérébrale spécifique, on peut en déduire que le site touché par la lésion entretient un lien particulier avec le traitement du langage. Si d'autres personnes qui ont une lésion similaire et des symptômes similaires sont observées, cela tend à confirmer qu'on a trouvé une « zone du langage ». Or c'est bien ce qu'on a pu observer. Bien qu'ils ne furent pas les premiers cas reportés, les patients de Paul Broca en 1861 puis de Carl Wernicke en 1874 ont particulièrement marqué l'histoire de ce qui devait plus tard s'appeler les neurosciences puisqu'en les étudiant, ces deux médecins ont donné leurs noms à deux grands types d'aphasie ainsi qu'aux deux principales aires du langage dans le cerveau.

Principaux types d'aphasies et localisation des lésions

On peut classer les aphasies selon les symptômes linguistiques relevés. Les différents types d'aphasies correspondent alors généralement à un site lésionnel donné. Des classifications ont été ainsi établies, dont une des plus importantes est celle de Goodglass & Kaplan (1972). Il est à noter toutefois que ces correspondances ne sont pas toujours vérifiées et qu'il reste donc une part d'approximation ou de variabilité dans cette démarche. Nous reprendrons ici la classification proposée par Obler, L. K. & Gjerlow, K. (1999).

- L'aphasie de Broca se traduit par une parole pauvre, agrammaticale et au débit locutoire limité. Le patient s'exprime avec beaucoup d'efforts. Il a du mal à répéter et à nommer un référent. Cependant, sa compréhension reste bonne. Les lésions concernent l'aire de Broca, située vers l'avant du plan temporal gauche.
- L'aphasie de Wernicke présente une bonne fluence verbale, mais ce que dit le patient n'est pas toujours cohérent ni même sensé. Il a également du mal à répéter et à nommer un référent, mais sa compréhension du langage également est mauvaise. Les lésions se trouvent sur l'aire de Wernicke, située vers l'arrière du plan temporal gauche.
- L'aphasie de conduction entraîne surtout des difficultés à nommer et à répéter. Les lésions se trouvent alors sur le faisceau arqué, qui relie les aires de Broca et de Wernicke en contournant la scissure de Sylvius.
- L'aphasie anomique consiste en une difficulté à nommer, ce qui se traduit par un nombre important de circonlocutions pour contourner le problème. Les lésions peuvent se situer n'importe où dans l'aire générale du langage.
- L'aphasie globale est un type d'aphasie proche du mutisme et qui est lié à des lésions larges.

- L'aphasie transcorticale motrice et l'aphasie transcorticale sensorielle ne se situent pas dans le plan temporal cortical gauche, principale zone du langage, mais en-dehors, au niveau du lobe frontal et du lobe pariétal respectivement. Dans la première il s'agit surtout d'une sorte de perte de la volonté de parler puisque la parole et la compréhension en elle-même est bonne, à part quelques difficultés à nommer. Dans la seconde au contraire, il y a des difficultés à nommer et à comprendre, mais le débit locutoire est normal.

Ainsi, de premières hypothèses peuvent être faites quant à la répartition fonctionnelle du langage entre différentes zones précises du cerveau : par exemple, l'aire de Broca concernerait plutôt la production du langage, et celle de Wernicke, sa compréhension. Cependant, cela pourrait également être dû à la proximité de ces aires avec les cortex moteur et sensoriel, respectivement.

L'hémisphère droit

Les lésions de l'hémisphère droit n'entraînent qu'assez rarement des troubles du langage, et de plus, dans le cas d'enfants ayant subi une hémisphérectomie droite, on observe un développement langagier tout à fait normal et une maîtrise du langage qu'on ne peut distinguer de celle des enfants normaux. Cela tend à confirmer, donc, que l'hémisphère gauche est celui qui assume les fonctions linguistiques. Toutefois, on a observé des cas de troubles du langage suite à une lésion de l'hémisphère droit : ceux-là concernent surtout l'intonation et la prosodie, en particulier lorsqu'il s'agit de reconnaître les émotions mais aussi lorsqu'elles jouent un rôle dans la syntaxe. Par ailleurs, des tests d'écoute dichotique, c'est-à-dire qui ne présentent un stimulus auditif qu'à une seule oreille, ont montré un avantage de l'oreille gauche pour ce qui est de reconnaître les émotions ; or, ce qui est perçu par l'oreille gauche est essentiellement traité par l'hémisphère droit.

Dans le cas d'enfants ayant subi une ablation non de l'hémisphère droit mais de l'hémisphère gauche, on a observé un changement de latéralisation des zones du langage, qui se sont re-localisées sur l'hémisphère droit. Cela avait mené Lenneberg (1967) à postuler une « équipotentialité » initiale du cerveau, autrement dit, l'hypothèse qu'avant un certain âge critique, les deux hémisphères sont également capables d'assumer les fonctions langagières. Cependant, on a trouvé par la suite que ces enfants avaient de légères difficultés par comparaison avec des enfants normaux, notamment pour traiter les fonctions syntaxiques dans des structures complexes telles que le passif. Il semble donc que l'hémisphère gauche soit l'hémisphère préférentiel pour assurer les fonctions linguistiques, ce qui est cohérent avec le fait que 97 % de la population ait un hémisphère gauche dominant pour le langage.

Observer le cerveau

L'étude des lésions liées aux aphasies s'est beaucoup faite de façon autopsique, bien qu'elle ait également bénéficié des développements techniques concernant l'imagerie cérébrale. Toutefois, ces techniques ont permis de pouvoir étudier le cerveau sain et en fonctionnement, ce qui a apporté de nouvelles connaissances.

Les techniques d'imagerie cérébrale

- Les méthodes d'imagerie cérébrale telles que l'IRM (imagerie par résonance magnétique) ou certains scanners permettent d'observer les lésions. Certaines méthodes observent plus facilement les lésions subcorticales, d'autres ont du mal à observer les lésions très récentes.

Certaines études ont également apporté des éléments pour montrer l'existence de telle ou telle zone, comme par exemple une zone dédiée à l'image visuelle des mots, ayant une importance pour l'orthographe, au niveau du gyrus angulaire gauche. Toutefois, les divers résultats obtenus par imagerie cérébrale concernant le traitement du mot écrit se sont parfois révélés contradictoires.

- Des méthodes modernes d'imagerie cérébrale, (TEP, tomographie par émission de positons et IRMf, imagerie par résonance magnétique fonctionnelle) laissent espérer des résultats nouveaux dans l'étude du cerveau bilingue. Ainsi, certaines études (Gandour *et al.* (1998, 2000), Hsieh *et al.* (2001), Klein *et al.* (2001)) ont montré que des locuteurs anglais activaient essentiellement des aires frontales de l'hémisphère droit dans des tâches de discrimination de stimuli basées sur leur pattern tonal, alors que des locuteurs chinois ou thaï, dont la langue maternelle possède des tons lexicaux, montraient surtout des activations à gauche. D'une manière générale, ces études par imagerie sur le cerveau bilingue doivent encore être approfondies ; mais il y a une observation vers laquelle elles tendent à converger : plus l'acquisition d'une deuxième langue a été précoce, plus son traitement par le cerveau est similaire à celui de la langue maternelle.

Observer le cerveau en activité

- Les stimulations électriques directes (SED) sont une méthode assez invasive mais non-douloureuse (le cerveau n'a pas de récepteurs de douleur) qui permet de cartographier les zones impliquées dans le traitement langagier : si une zone habituellement impliquée dans le traitement du langage est stimulée, cela aura une conséquence sur le langage du patient. On peut ainsi établir des cartes corticales. Cependant, comme c'est une méthode invasive, seuls des patients porteurs d'une maladie du système nerveux central ont été ainsi stimulés, les résultats observés sont donc susceptibles de différer de ceux qu'on aurait relevés sur un sujet sain. Toutefois, ces études de stimulation corticale ont trouvé que les centres du langage étaient plus petits que les zones initialement décrites (zones de Broca et de Wernicke), de 1 à 2 cm². Elles ont également trouvé qu'il y avait au moins deux centres, parfois plus, et que leur localisation était en fait assez variable d'un individu à l'autre et par rapport aux schémas conventionnels.
- La méthode des potentiels évoqués est atraumatique, elle consiste à mesurer, à l'aide d'électrodes posées sur la tête, des variations de potentiels électriques, en fonction de diverses tâches effectuées par le sujet. Elles permettent une analyse d'une grande finesse temporelle, à la milliseconde près. Des potentiels, positifs ou négatifs, sont ainsi identifiés : une variation qui a une localisation spatiale (au niveau du cerveau) et temporelle et qui est observée de façon régulière après une tâche donnée. Trois principaux potentiels ont ainsi été observés, l'un en rapport avec l'identification de la catégorie syntaxique du mot, l'autre avec le processus d'intégration lexico-sémantique, et le dernier avec un traitement syntaxique secondaire. Cette méthode des potentiels évoqués a ainsi permis d'analyser les aphasies et d'affiner les classifications faites. Cependant l'inconvénient de cette méthode est que la localisation spatiale n'est pas très précise.
- La magnéto-encéphalographie et l'électro-encéphalographie sont des technologies plus récentes qui permettent à la fois une grande précision temporelle et une grande précision spatiale. Elles permettent également de mesurer des variations électrophysiologiques au cours de tâches spécifiques et donc de déterminer où et quand il y a une activité neuronale pour telle ou telle tâche.

Nos connaissances actuelles sur les différentes zones cérébrales affectées au langage

Des zones spécialisées dans le traitement de tâches spécifiques

Les principales zones du cerveau impliquées dans le traitement du langage sont situées dans l'hémisphère gauche, sur le plan temporal au niveau du cortex (« couche » externe du cerveau), autour de la scissure de Sylvius. Au niveau sous-cortical, la capsule interne et l'isthme temporal semblent également être impliqués dans le langage.

Le gyrus de Heschl, situé sur le lobe temporal gauche, est important dans la réception de stimuli auditifs. Le cortex moteur permet d'organiser la production du langage, au niveau de son articulation motrice. L'aire de Broca est concernée par la planification de cette articulation motrice, et peut-être aussi du traitement syntaxique. Derrière le gyrus de Heschl, se trouve l'aire de Wernicke qui permet de traiter sémantiquement les stimuli auditifs qui ont été traités comme appartenant à la parole par le centre de réception auditive primaire. Derrière l'aire de Wernicke se trouve le lobule pariétal inférieur, composé de deux gyrus, considérés comme une aire d'association tertiaire, qui connecte les aires d'association secondaire pour le traitement auditif, visuel. Parmi les autres zones actuellement identifiées comme s'occupant de tâches spécifiques, on trouve le gyrus temporal supérieur qui procède au traitement morphologique sur sa partie antérieure et à l'intégration de l'information sémantique et syntaxique sur sa partie postérieure ; le gyrus frontal inférieur s'occupe de la mémoire de travail et du traitement syntaxique ; le gyrus temporal moyen s'occupe du traitement de l'information sémantique lexicale.

L'hémisphère droit s'occupe notamment du traitement des propriétés suprasegmentales telles que la prosodie.

Une spécialisation progressive

Les aphasies de l'enfant sont très informatives. Non seulement on constate que l'enfant récupère d'une aphasia bien plus souvent et de façon bien plus importante qu'un adulte, mais en plus, les symptômes ne sont pas exactement les mêmes : l'enfant ne semble pas connaître d'aphasia de Wernicke, et ce, même si la lésion est postérieure sur l'aire du langage. La latéralisation à droite en cas d'ablation de l'hémisphère gauche montre également que, même si le développement normal entraîne un hémisphère gauche dominant pour le langage, cette spécialisation n'est pas encore pleinement réalisée à un jeune âge.

Des mesures d'asymétrie de l'oreille, prises grâce à la méthode de l'écoute dichotique, montrent que l'importance de l'avantage de l'oreille droite (donc de l'hémisphère gauche) dans le traitement de stimuli linguistiques augmente avec l'âge, ce qui suggère également une spécialisation progressive (Kimura (1963), Knox & Kimura (1970), Geffner & Hochberg (1971)) qui se stabiliserait aux alentours de douze ans (Lenneberg (1967), Penfield & Robert (1959), Zangwill (1960)) bien que cet âge de stabilisation varie largement d'une étude à l'autre.

Hypothèses sur la latéralisation

Que les deux hémisphères soient potentiellement capables d'assurer les fonctions du langage mais que ce soit plus profitable qu'un seul des deux aille effectivement le faire n'est, en soi, pas spécialement surprenant. Cependant, qu'est-ce qui explique qu'il s'agisse, chez 97 % des gens, de

l'hémisphère gauche ? Bien qu'elles ne puissent constituer une preuve définitive à elles seules, certaines observations concernant l'anatomie du cerveau donnent des pistes : tout d'abord, la « zone du langage » (au niveau du plan temporal) est plus développée du côté gauche que du côté équivalent droit. Ensuite, il y a des différences au niveau des interconnexions cellulaires, susceptibles d'expliquer une plus grande capacité analytique de l'hémisphère gauche, qui serait ainsi plus adapté au langage, et un comportement plus holistique de l'hémisphère droit. L'acquisition du langage par l'enfant-sauvage Genie, observée par Susan Curtiss (1977), présentait certes plusieurs différences par rapport aux enfants normaux, mais instancieraient également un raisonnement et une expression plus « holistiques », alors que plusieurs tests suggèrent en effet qu'elle utilisait principalement son hémisphère droit pour le langage. L'évolution cérébrale de l'être humain et les aires spécialisées dans différentes tâches qui étaient déjà présentes avant que ne se développe le langage, comme les aires liées à la perception auditive, ont aussi probablement conditionné cette latéralisation.

Une approche « topographique » du lien entre cerveau et langage est-elle suffisante ?

Finalement, beaucoup d'études portant sur le lien entre langage et cerveau se posent surtout la question de localiser des centres cérébraux qui assureraient certaines fonctions linguistiques spécifiques. Elles ne sont pas sans porter leurs fruits ; non seulement il y a une latéralisation gauche très nette des centres du langage, mais en plus, on trouve diverses zones délimitées qui semblent assurer des fonctions particulières. Cependant, il reste parfois à déterminer si une zone assure effectivement une fonction avant tout linguistique, ou bien s'il s'agit d'une fonction cognitive plus générale impliquée dans le traitement d'une fonction linguistique. Ce qui se passe au niveau cellulaire le plus fin lors du traitement langagier reste également à approfondir : il s'agit de tout un étage de la neurolinguistique, à un niveau sans doute plus proche de la biologie et de la biochimie que du fonctionnement cognitif. Enfin, l'interconnectivité de ces divers centres du langage entre eux et avec le reste du cerveau, tant sur un plan cellulaire que cognitif, nécessite encore d'être mieux comprise.

Bibliographie

Opler, L. K. & Gjerflow, K. (1999). *Language and the Brain*. Cambridge : Cambridge University Press.

Pillon, A. & De Partz, M.-P. (1999). Aphasies. In *Troubles du Langage : Bases théoriques, diagnostic et rééducation* (pp. 661-699), sous la direction de Rondal, J. et Seron, X., Editions Mardaga.

Segalowitz, S. J. & Gruber, F. A. (1977). *Language development and neurological theory*. New York : Academic Press.

Duffau, H. (2003). Bases électrophysiologiques des aires du langage. In *Cerveau et Langage* (pp. 103-125), sous la direction de Etard, O. et Tzourio-Mazoyer, N. Paris : Hermès sciences publications.

Jobard, G. & Tzourio-Mazoyer, N. (2003). La lecture de mots. In *Cerveau et Langage* (pp. 103-125), sous la direction de Etard, O. et Tzourio-Mazoyer, N. Paris : Hermès sciences publications.

Pallier, C. & Argenti, A.-M. (2003). Imagerie cérébrale du cerveau bilingue. In *Cerveau et Langage* (pp. 103-125), sous la direction de Etard, O. et Tzourio-Mazoyer, N. Paris : Hermès sciences publications.

Travaux cités

Goodglass, H. & Kaplan, E. (1972). The assessment of aphasia and related disorders.

Lenneberg, E. H. (1967). *Biological Foundations of Language*.

Gandour, J., Wong, D., Hsieh, L., Weinzapfel, B., Lancker, D. V., & Hutchins, G. D. (2000). A cross-linguistic PET study of tone perception. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 12, 1, 207-222.

Gandour, J., Wong, D., & Hutchins, G. D. (1998). Pitch processing in the human brain is influenced by language experience. *Neuroreport*, 9, 9, 2115-2119.

Hsieh, L., Gandour, J., Wong, D. & Hutchins, G. (2001). Functional heterogeneity of inferior frontal gyrus is shaped by linguistic experience. *Brain and Language*, 76, 3, 227-252.

Klein, D., Zatorre, R. J., Milner, B. A., & Zhao, V. (2001). A cross-linguistic PET study of tone perception in Mandarin Chinese and English speakers. *Neuroimage*, 13, 646-653.

Kimura, D. (1963). Speech lateralization in young children as determined by an auditory test. *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, 56, 899-902.

Knox, C. & Kimura, D. (1970). Cerebral processing of non-verbal sounds in boys and girls. *Neuropsychologia*, 8, 227-237.

Geffner, D. S., & Hochberg, I. (1971). Ear laterality performance of children from low and middle socioeconomic levels on a verbal dichotic listening task. *Cortex*, 3, 193-203.

Penfield, W. & Robert, L. (1959). *Speech and brain mechanism*. Princeton, New Jersey : Princeton Univ. Press.

Zangwill, O. (1960). *Cerebral dominance and its relation to Psychological function*. Edinburgh : Oliver & Boyd.