

Jean-Luc PETIT\*

### **Le langage est-il dans le cerveau ?<sup>1</sup>**

Dans un effort d'interprétation charitable d'une remarque, obscurantiste à première vue, d'un Wittgenstein qui n'écartait pas l'éventualité d'un chaos cérébral sous l'ordre des mots du discours, nous avons parcouru la littérature scientifique des 25 dernières années dans les domaines de la neurologie de l'aphasie, de l'électro-encéphalographie et de l'imagerie cérébrale fonctionnelle du langage. Le scepticisme de Wittgenstein en ce qui concerne le caractère causal de la relation entre cerveau et langage nous a paru avoir au sein même de la recherche neuroscientifique un écho dans la discussion et la révision du modèle des bases neuronales du langage hérité de Broca et Wernicke. À titre d'expérience de pensée, nous avons essayé de voir dans quelle mesure l'abandon du concept d'organe du langage au profit d'une distribution des mêmes fonctions linguistiques sur de multiples régions travaillant parallèlement sans ordre hiérarchique unique, ne réhabiliterait pas Wittgenstein.

*Mots-clés* : cerveau, langage, aphasie, localisations, corrélats, codage, causalité, ordre : sériel, hiérarchique, distribué, parallèle.

**Is language in the brain ?** In an attempt at a sympathetic reading of a prima facie obscurantist remark by Wittgenstein, who had not discarded the eventuality of there being a cerebral chaos under the orderly occurrence of our words in speech, we have done a survey of the scientific literature of these last 25 years in the fields of the neurology of aphasy, and the electroencephalographic and positron emission tomographic studies of language. Wittgenstein's scepticism as to the causal character of the brain - language relationship seemed to us to be echoed, at the very heart of neuroscientific research, in the discussion and reshaping of the Broca's and Wernicke's model of the neural basis of language. We have tentatively interpreted as partly vindicating Wittgenstein the giving up of the concept of a language organ in favour of a distribution of the same linguistic functions upon

\* Pr de philosophie, Université Marc Bloch, UFR PLISE, 14 rue Descartes, 67084 Strasbourg Cedex.

E-mail : Jean-Luc.PETIT4@wanadoo.fr

<sup>1</sup> Je tiens à adresser mes remerciements aux participants de la journée du 25 mars 1999, organisée sur cette question pour le compte de l'Équipe d'Accueil des doctorants de philosophie à l'Université Marc Bloch (Strasbourg 2) : les Pr. J.-F. Démonet, J.-P. Durafour, P. Jacob, M. Jeannerod, R. Misslin, et P. North. Mes remerciements également à John Stewart et à mes deux lecteurs anonymes : leurs critiques très pertinentes m'ont aidé à clarifier et renforcer ma pensée.

physiologie, changement qui n'a pas l'unanimité ni l'ancienneté qu'on lui a prêtées<sup>5</sup>.

Mais, d'abord, que pouvons-nous entendre, au juste, par *le système, l'ordre, la forme* (par opposition à *l'amorphe*), ou encore *l'organisme*, qui surgit quand quelqu'un parle ? Au plan de l'énoncé linguistique, sans doute, on ne surprendra personne en disant que la phrase présente une structure syntaxique originale, tandis qu'au plan du monde, nos noms réfèrent à des choses que nos verbes classent en fonction de leurs propriétés, ou actions. Laissant aux logiciens ces questions sémantiques de référence et de prédication, la linguistique a pris en charge la question de la structure syntaxique et des contraintes que lui impose sa dépendance des capacités productives du cerveau :

Essentiellement *normatives*, les grammaires traditionnelles fixaient les règles du bon usage en s'appuyant sur le sens de la langue des bons auteurs. Avec Chomsky<sup>6</sup>, la grammaire est devenue *générative* : ses « règles » sont des instructions de fonctionnement pour un dispositif automatique engendrant des suites de symboles théoriquement équivalentes aux phrases grammaticales d'un locuteur, dont on suppose que les schèmes d'activation cérébrale incorporent une représentation de ces règles. A la causalité physique régissant les calculs d'un ordinateur sur ces suites de symboles répond la causalité biologique produisant les phrases d'une langue naturelle. Jerry Fodor<sup>7</sup> a développé une théorie mentaliste de la langue fondée sur l'idée que nos phrases dérivent leur structure syntaxique et sémantique d'opérations sur les symboles d'un système de représentation interne, ou langage mental (mentalis) représenté dans le cerveau du locuteur, langage qu'il a isolé du reste de l'activité mentale en le supposant produit par un module spécialisé de l'esprit à la manière de Gall<sup>8</sup>. Dans le même sens, pour Steven Pinker, le langage n'est pas une invention culturelle mais un instinct de l'espèce humaine, il en possède l'universalité, la spontanéité, le caractère inconscient et l'autonomie par rapport aux autres facultés mentales de l'individu<sup>9</sup>.

Face à la pression de cette naturalisation du langage, la philosophie contemporaine de tradition logicienne, refusant de désolidariser syntaxe et sémantique, a développé des arguments contre l'idée d'une dépendance causale de la structure formelle des

<sup>5</sup> Cf. P. Engel, *Philosophie et psychologie*, 1996.

<sup>6</sup> Cf. N. Chomsky, *Syntactic structures*, 1957.

<sup>7</sup> Cf. J. Fodor, *The language of thought*, 1975.

<sup>8</sup> Cf. J. Fodor, *The modularity of mind*, 1983.

<sup>9</sup> Cf. S. Pinker, *The language instinct*, 1994.

énoncés, tant à l'égard du cerveau que de l'activité mentale. D'une part, on a nié que la phrase, comme produit d'une application de règles grammaticales, puisse procéder en un quelconque sens intelligible d'un état ou événement mental ou d'une structure anatomique cérébrale ; d'autre part, on a détaché la signification et le jugement des actes mentaux qu'ils impliquent et de leurs conditions neurophysiologiques, en associant, sans autre intermédiaire mental ou cérébral, l'énoncé émis à l'état de chose décrit et dont la réalisation est la condition à satisfaire pour que cet énoncé soit vrai.

De Wittgenstein<sup>10</sup>, S. Kripke a extrait « l'argument sceptique » selon lequel aucun état ou événement mental, ni cérébral, donné ne peut déterminer d'avance ce que nous allons dire *maintenant*, ni la règle que nous appliquerons en le disant. Ceci, parce que, d'une part, les premiers termes d'une suite ne déterminent pas quels seront les suivants, et que, d'autre part, l'application d'une règle dépend de l'interprétation et de la volonté, donc de la liberté du sujet<sup>11</sup>. Les néowittgensteiniens d'Oxford (A. Kenny, P. Hacker, G. Baker) ont soutenu que l'emploi en référence au cerveau des prédicats normalement appliqués à la personne, non seulement changeait le sens de ces prédicats, mais manquait de l'indispensable critère de signification que nous procure quotidiennement leur insertion dans nos formes de vie. C'est la conformité avec les habitudes de langage au sein d'une communauté qui guide l'emploi des mots ; or, si la personne appartient à de telles communautés, son cerveau demeure solipsiste : s'il n'y a pas d'usage privé du langage, il n'y a pas de sens à lui en attribuer un<sup>12</sup>. Moins explicite, l'influence de Wittgenstein n'est pas moins réelle sur les philosophes d'outre-atlantique qui soulignent le rôle du contexte extra-mental dans la fixation de la référence des mots et de la signification des énoncés. Ce contexte est, notamment, chez Quine, le schème de stimulation visuelle (son exemple du sauvage qui dit « Gavagai » en voyant un mouvement furtif dans les herbes, et du linguiste qui charitablement traduit « Lapin »<sup>13</sup>) ; chez Putnam, les éléments de l'environnement (« l'eau » qui n'est peut-être pas H<sub>2</sub>O sur la Terre jumelle<sup>14</sup>) ; chez Davidson, les objets familiers, dont « les bouffonneries » satisfont les conditions de vérité des phrases descriptives trivialement vraies qui

<sup>10</sup> Cf. L. Wittgenstein, *Philosophische Untersuchungen* §. 201.

<sup>11</sup> Cf. Kripke, *Wittgenstein on rules and private language*, 1982.

<sup>12</sup> Cf. *Investigating psychology. Sciences of the mind after Wittgenstein*, éd. J. Heyman, 1991.

<sup>13</sup> Cf. W.V.O. Quine, *Word and object*, 1960.

<sup>14</sup> Cf. H. Putnam, *Reason, truth and history*, 1981, Ch. 2, pp. 22-48.

composent la structure sémantique de ce système formel interprété qu'est, pour lui, la langue<sup>15</sup>.

## II. SA RÉFUTATION PAR LE MODÈLE CLASSIQUE

Si solidement enracinée que puisse être la remarque de Wittgenstein dans le sol de la philosophie du langage contemporaine, il est facile d'imaginer la réfutation que le premier venu des étudiants en médecine ou en psychologie pourra lui opposer au nom du modèle des bases neurophysiologiques du langage (une adaptation de Norman Geschwind, 1965, 1987) qu'on trouve au chapitre « Langage » dans les manuels de neurologie et de psychologie<sup>16</sup> :

« Wittgenstein a eu tort, pourrait dire cet étudiant imbu du savoir de ses maîtres, parce qu'en fait *il existe* un processus dans le cerveau qui est coordonné avec l'association et la pensée, de sorte qu'il est possible (et déjà en bonne voie de réalisation) de lire des processus de pensée dans des processus cérébraux. Issu de mon cerveau, le système d'impulsions coordonné à mes pensées, parlées ou écrites, se prolonge en direction centrale dans le schème d'activation de certaines régions déterminées du cerveau spécialement dédiées au traitement du langage. Cet ordre ne surgit pas du chaos, mais est l'effet d'une cause parfaitement repérable avec les moyens actuels. De l'identification du facteur génétique responsable, ou de la mesure du taux d'activité de la région anatomique organe du langage, on devrait pouvoir déduire la structure de nos énoncés. Ce que nous pouvons savoir du langage ne se limite donc pas à un panorama (*Übersicht*) historique des formes verbales en usage dans les différentes *formes de vie*, autochtones ou étrangères, normales ou pathologiques, adultes ou infantiles. Une vraie *science* en est possible, une psycho-linguistique, branche de la psychophysologie fondée, comme celle-ci, sur l'anatomie et la physiologie du cerveau. »

En s'en tenant provisoirement « aux faits » détachés du contexte de la recherche ayant permis de les établir, on peut, en effet, dire ceci. Le traitement du langage dépend principalement du cortex, bien que des structures sous-corticales, thalamus et ganglions de la base (noyau caudé, putamen et globus pallidus) jouent probablement aussi un rôle, surtout activateur, ou inhibiteur. Sa répartition sur les deux hémisphères cérébraux est très asymétrique, puisque l'hémisphère gauche en est généralement le siège, comme c'est le cas chez les droitiers, tandis que la proportion des gauchers dont l'hémisphère droit concentre toutes les fonctions du langage est infime. Les régions concernées se situent sur les bords de la scissure de Sylvius qui cerne le lobe temporal. Bien qu'elles apparaissent disjointes à cause des circonvolutions du cortex, ces régions ne le sont pas en

<sup>15</sup> Cf. D. Davidson, *Inquiries into truth and interpretation*, 1984, Ch. 13, p. 198.

<sup>16</sup> Cf. parmi bien d'autres manuels, Rosenzweig, Leiman et Breedlove, *Biological psychology*, de 1996, récemment traduit en français sous le titre *Psychobiologie*.

fait, mais formeraient un territoire continu si le cortex était déployé. Pour parler comme Gall, Comte, et Fodor, elles représentent « l'organe du langage » au sein de l'appareil du cerveau. Par rapport à la scissure de Rolando qui partage verticalement la surface latérale de l'hémisphère, on distingue une région périsylvienne antérieure et une postérieure :

Antérieurement, l'aire de Broca (en mémoire de la découverte en 1861 par le médecin français Paul Broca du fait que sa lésion était à l'origine d'une première forme d'aphasie, « motrice »), est située dans le gyrus frontal inférieur, partie operculaire et triangulaire, aires 44 et 45 de Brodmann, cette région est adjacente au cortex moteur primaire inférieur contrôlant les muscles de la mâchoire, des lèvres et de la langue (aire 4), qui occupe le bord antérieur de la scissure de Rolando dont le bord postérieur constitue l'aire somato-sensorielle primaire (aire 1).

Postérieurement, l'aire de Wernicke (en mémoire de la localisation en 1874 d'une seconde forme d'aphasie, « sensorielle », par l'anatomiste allemand Karl Wernicke), est située sur le gyrus temporal supérieur, dans la portion supérieure de l'aire 22, entre le cortex auditif primaire (aires 41-42), et deux régions du lobe pariétal, caudalement, le gyrus angulaire (aire 39), au voisinage des aires occipitales visuelles (aires 17, 18, 19), dorsalement, le gyrus supramarginal (aire 40) qui chevauche l'extrémité de la scissure de Sylvius, jouxtant la partie inférieure du cortex somato-sensoriel.

L'aire de Wernicke est reliée à l'aire de Broca par un faisceau de fibres nerveuses, le faisceau arqué, dont la lésion a été identifiée par le même Wernicke comme étant à l'origine de l'aphasie de conduction, incapacité de répéter les mots. Cet ensemble de régions étant localisées en position stratégique, à l'entrecroisement des voies de connexion entre les lobes temporal, frontal, pariétal, et occipital, il paraît naturel de leur attribuer une fonction intégratrice des diverses modalités d'information perceptive : formes visuelles des mots écrits ou imprimés, relations spatiales sur la page, sons vocaux de la parole, en même temps qu'une fonction de relais vers les mouvements articulatoires des organes de la parole et les mouvements manuels de l'écriture. Ces fonctions sont classiquement attribuées aux différentes parties plus spécialisées de l'organe du langage, qui, comme une entreprise, — métaphore qui n'est pas innocente — opère selon un principe de division du travail et de transmission hiérarchique de l'information.

D'un côté, l'audition d'un mot parlé active le cortex auditif qui transmet de l'information à l'aire de Wernicke voisine où s'en effectue « l'interprétation sémantique », qu'il est commode de concevoir comme un assortiment de la structure phonologique du

signal sonore avec la représentation d'un mot conservé en mémoire dans un lexique mental. De l'autre, la vision d'un mot écrit met en œuvre un processus de traitement perceptif dans le cortex visuel, qui aboutit à une reconnaissance de la forme visuelle de sa structure orthographique qui nous amène à la hauteur du gyrus angulaire. De là, le même gyrus angulaire exerçant son contrôle sur l'aire voisine « associe dans l'aire de Wernicke la forme visuelle du mot avec sa forme auditive correspondante ». Ce qu'expliquent à leur façon Rosenzweig et al. par le fait qu'il « contient *les règles* pour éveiller le pattern auditif correspondant dans l'aire de Wernicke »<sup>17</sup>. De là, l'aire de Wernicke, « organe sémantique », après avoir élaboré un message plus complexe, fait d'un mot récupéré dans le lexique mental et de l'interprétation appropriée au contexte de ce mot dans la phrase et dans la situation de discours, l'envoie par le canal du faisceau arqué à destination de l'aire de Broca. Celle-ci va, alors, compléter ce message en le dotant d'un programme articulatoire où, toujours par commodité de modélisation, on inclut aussi l'analyse syntagmatique de la structure de phrase (*parsing*) considérée, pour les besoins de la cause, comme niveau d'organisation abstrait (à peine plus que les mouvements de la langue !) du même programme moteur, élevant cette aire de Broca aux fonctions « d'organe syntaxique ». Finalement, cette information riche et complexe est transférée à l'aire voisine de celle de Broca, le cortex moteur, qui envoie par le canal des neurones pyramidaux une série d'ordres moteurs à destination des muscles de la bouche ou de la main, d'où résulte en bout de chaîne « l'ordre », « la structure », « le système » que manifestent « nos pensées parlées ou écrites ».

Ce modèle de localisation anatomique et de fonctionnement physiologique de l'organe du langage dans le cerveau est censé correspondre (ce qu'il ne fait, en vérité, que de manière fort approximative) à la description des syndromes d'aphasie. Une lésion affectant l'aire de Broca, et en général une lésion frontale, « occasionnera plutôt » une aphasie de Broca, que caractérise une parole laborieuse (non fluente), des expressions machinales (jurons), des énoncés brefs, peu structurés, dépourvus de verbes et de marqueurs grammaticaux, ou incorrects (agrammatisme), mais avec une compréhension relativement sauvegardée. On est tenté d'imputer ce déficit à un dommage causé à l'organe syntaxique. En revanche, une lésion postérieure, en particulier à l'aire de Wernicke, « se traduira plutôt » par une aphasie de Wernicke : parole intarissable (fluente), non dépourvue de syntaxe, mais que les substitutions ou altérations des mots rendent incompréhensible, le malade lui-même ne comprenant pas ce qu'on lui dit ni ce qu'on lui

<sup>17</sup> Cf. *op. cit.*, trad. fr., p. 704.

donne à lire. Là, c'est à une détérioration de l'organe sémantique qu'on ne peut s'empêcher d'attribuer la perturbation du langage.

### III. LA CONDUITE VERBALE PRIME SUR « LE CERVEAU PARLANT ». LICHTENBERG ET WITTGENSTEIN

Si indiscutable et définitive que puisse paraître la réfutation que « l'état des connaissances actuelles » (d'après les manuels et la presse de vulgarisation) peut nous inciter à opposer au scepticisme de Wittgenstein lorsque nous avons nos humeurs positivistes, un examen plus sérieux des contributions originales récentes à la recherche des corrélats neurophysiologiques du langage permettrait de donner un sens un peu plus raisonnable à sa remarque. En gros, le scepticisme de Wittgenstein n'aurait rien d'exorbitant s'il s'avérait que sont généralement tenues pour trompeuses, sinon fausses, par les chercheurs eux-mêmes, toutes les représentations que nous pouvons nous faire à l'heure actuelle de la relation causale censée expliquer, sur la base de l'état du cerveau d'un locuteur, ou d'un événement ayant lieu quelque part dans ce cerveau, comment il procède concrètement à l'analyse grammaticale et à l'interprétation sémantique des phrases qu'il produit dans ses énoncés parlés ou écrits, ou qu'il comprend dans les énoncés d'autrui entendus ou lus. De fait, une revue de la littérature scientifique des quinze, vingt, ou vingt-cinq dernières années, au plus, montre qu'il est rapidement devenu assez clair que la corrélation entre la structure de l'énoncé et le schème d'activité cérébrale du locuteur ne possédait pas l'univocité d'un codage symbolique, ni d'un enchaînement mécanique.

Or c'est une pareille univocité qu'on lui avait supposée dans une certaine neurophysiologie de tradition phrénologique, où la conduite verbale, normale ou anormale, devait être le signe du processus cérébral qui la cause, comme la fumée signale le feu. Une physiologie qui croyait qu'il suffisait, pour avoir l'interprétation du symptôme morbide (respectivement, du sens des mots chez le locuteur sain), de parcourir en sens inverse le trajet de l'influence causale, et qui voulait pallier à toute déperdition d'information en allant, ou en nourrissant le fantasme de pouvoir aller, directement au processus cérébral sans perdre son temps avec la conduite effective. Comme si l'on pouvait en savoir plus en regardant directement dans le cerveau du sujet parlant qu'en écoutant ce qu'il a à dire. Comme si le physiologiste, oubliant la contingence de sa propre dépendance par rapport à la conduite verbale normale dont il explore les bases biologiques, était fondé à faire des prédictions sur cette conduite verbale normale à partir des corrélats cérébraux de celle-ci. Alors que les seules prédictions qu'on ait jamais faites sont celles (quelquefois confirmées à l'autopsie) qui vont d'un déficit de la parole ou de

l'écriture dans une conduite verbale qui est *pathologique* à un dommage quelque part dans le cerveau.

De ces illusions on est finalement revenu, et l'on sera revenu tout à fait lorsqu'on aura admis que la lecture mentale ou cérébrale reste aussi tributaire de la lecture ordinaire, dont elle est dérivée, que l'est la lecture sur les lèvres (sinon dans les lignes de la main). La relation entre le cerveau intact et la conduite verbale normale n'est pas la converse de la relation entre le déficit et la lésion. Le déficit renvoie, certes, à une région lésée, mais il *présuppose* la parole normale. La dépendance où est l'usage normal par rapport à un cerveau intact peut être qualifiée de directe et générale, vu que l'interlocuteur habituel n'est pas du type : aphasique cérébro-lésé. En revanche, la relation déficit-lésion est obliquement subordonnée à l'usage normal. L'importance du site d'une lésion vient du déficit de la parole, et de l'aspect de la parole normale auquel on peut rattacher ce déficit. L'intérêt du temps de latence et de la topographie crânienne d'un potentiel électrique cérébral tient à la structure syntaxique de l'énoncé dont l'altération a pu frustrer une expectative implicite de l'auditeur. Le comportement verbal est toujours premier, même quand il sert de tremplin à une entreprise dont, à tort ou à raison, l'explication déductive reste le  $\tau\epsilon\lambda\omicron\sigma$ . Précisément, Wittgenstein a mis le doigt sur la non-transparence et la circularité de cette relation entre conduite verbale et processus cérébral sous-jacent, en rappelant avec Lichtenberg, dans sa célèbre satire de la physiognomique de Lavater, cette priorité de la conduite effective et de sa genèse dans l'histoire individuelle par rapport à l'hypothétique processus cérébral — en fait un « modèle », abstraction hypostasiée — objet du physiologiste, lui-même sujet parlant qui peut avoir besoin qu'on lui rappelle sa propre condition de locuteur quand il s'interroge sur ce qui, littéralement, « nous fait parler ». Intact, ou endommagé, doué ou non, bien ou mal formé, chacun n'est-il pas réduit à devoir porter son nez au milieu de la figure et à user comme il peut du cerveau dont la vie l'a gratifié ?

Mais que veut dire pour le physiologiste prendre au sérieux sa propre condition d'utilisateur du langage ? Qu'il s'arrache à la fascination par son modèle théorique favori et inscrive dans ses faits l'indice de leur relativité à un certain mode d'approche. Car, bien sûr, en dépit de tout le positivisme des manuels, les faits concernant la physiologie du langage sont presque aussi peu détachables de leur contexte d'établissement que les phrases le sont du contexte de discours dans la conversation. Chaque type d'approche expérimentale use d'une stratégie, d'une instrumentation et d'un langage spécifiques, qui ont chacun leurs avantages et leurs limites (contre lesquelles il y a absurdité à vouloir se heurter), et dont la corrélation ou la transcription mutuelle pose un problème difficile,

que l'actuelle prolifération des techniques d'approche aggrave, au demeurant, au lieu d'en rapprocher la solution. Il n'y a rien de tel que « le cerveau parlant » qui puisse prendre la relève du sujet parlant et lui retirer tout intérêt. Ce qu'il y a, c'est un cerveau lésé par la maladie ou un traumatisme, avec lequel le malade tente de faire pour le mieux dans la communication intersubjective, dans la mesure où elle demeure possible, un cerveau que nous faisons diversement travailler à chaque occasion d'usage du langage et dont le métabolisme a la propriété de produire des champs électriques qu'on peut mesurer en plaçant des électrodes sur le scalp, un cerveau baigné, alimenté et irrigué par le sang, dont on peut repérer les concentrations que son activité requiert localement en y injectant une substance radioactive à dégradation rapide dont on tire des instantanés appelés scintigrammes.

On dira peut-être qu'il s'agit toujours du même cerveau, mais on peut dire avec autant de raison — pour, et contre — qu'il s'agit toujours du même *langage* ! Car si les diverses approches du cerveau de celui qui parle ne sont certes pas mutuellement incompatibles, elles comportent des différences et des divergences, telles qu'on peut se demander si l'unité prêtée au « cerveau parlant » ne l'est pas sur la seule base de l'unité préalable de la conduite verbale elle-même, qui se vérifie sans cesse dans la communication réussie. De sorte qu'il suffirait d'entendre la remarque de Wittgenstein comme une mise en garde contre notre tendance à nous détourner des phénomènes, ici l'usage effectif du langage en contexte, en passant trop vite, sous prétexte de les expliquer, à un hypothétique événement ou état de chose antécédent et sous-jacent, pour que cette remarque prenne sens dans la situation actuelle des neurosciences et des sciences cognitives. Lire Wittgenstein pourrait encourager le chercheur de ces disciplines à résister à la tentation de la complaisance à l'égard du public, qui, aujourd'hui, veut savoir *où* le langage se localise dans le cerveau, quel en est *le* gène responsable, si on peut parler avec les animaux, *pourquoi* les femmes sont plus bavardes que les hommes, s'il faut apprendre l'anglais aux nourrissons, etc., tout comme hier il demandait *où* se localise « la bosse des maths » ! La science doit se garder de vouloir (comme l'a dit Lichtenberg) expliquer à l'épicier pourquoi il pleut toutes les fois que c'est jour de marché, et à la maîtresse de maison, toutes les fois qu'elle veut étendre son linge. Un certain objectivisme causaliste de la recherche des corrélats cérébraux du langage excluant l'examen de cette même recherche en tant que problème de langage (choix de méthode, paradigme, etc.) ravale, en effet, la science au niveau de ce sens commun qui rêve d'un langage transparent à sa propre causalité productrice.

#### IV. LA CRITIQUE DU MODÈLE CLASSIQUE

Une revue des témoignages récents du dépassement accompli par les neurosciences elles-mêmes (sinon les manuels et la vulgarisation) « d'une conception primitive de nos concepts de la causalité »<sup>18</sup> dans la recherche des corrélats neurophysiologiques du langage devrait couvrir essentiellement trois secteurs :

1°) Les études récentes sur l'aphasie procèdent à une remise en question de la classification traditionnelle des symptômes cliniques doublée d'une contestation de sa pertinence pour une explication psychophysiologique de la faculté de langage.

2°) Dans l'interprétation des potentiels électriques cérébraux liés à des tâches linguistiques, la controverse porte sur la question de savoir s'ils sont imputables à un traitement de l'information linguistique assuré par un organe syntaxique ou sémantique spécialisé, ou à des processus cognitifs non spécifiques.

3°) La mesure du métabolisme cérébral lors de tâches linguistiques par neuro-imagerie fonctionnelle n'en finit pas de découvrir de nouveaux foyers d'activation non répertoriés dans la doctrine classique des localisations et de s'interroger sur la signification fonctionnelle de celles qui y sont, contestation qui s'est étendue au modèle sériel et hiérarchique du traitement cérébral du langage fondé sur la clinique des aphasies.

##### IV.1. Signes cliniques — causes anatomiques ?

Premier point : la doctrine classique des corrélats de l'aphasie a été battue en brèche et n'a pas été remplacée par un modèle universellement accepté, ce qui inspire à Steven Pinker un aveu désabusé : « pour être honnête, personne ne sait vraiment à quoi sert l'aire de Broca ou l'aire de Wernicke »<sup>19</sup>. On a commencé par rassembler les exceptions à la localisation traditionnelle des aphasies, d'abord considérée comme absolue, en repérant, à côté de lésions aux zones du langage sans aphasie et d'aphasies sans lésions aux zones du langage, de véritables contre-exemples à la doctrine opposant l'aphasie de Broca et l'aphasie de Wernicke sur la base de leur localisation anatomique présumée. L'aphasie de Broca, dont le symptôme typique est la difficulté et la rareté de parole (aphasie non fluente), aurait pour origine une lésion à l'aire de Broca, gyrus frontal inférieur, donc antérieurement localisée, tandis que l'aphasie de Wernicke, que caractérise une parole fluente (abondante et vide de

<sup>18</sup> Cf. L. Wittgenstein, *Zettel*, §. 611.

<sup>19</sup> Cf. S. Pinker, *The language instinct*, p. 311.

sens), dépendrait d'une lésion postérieure, intéressant l'aire de Wernicke, gyrus temporal supérieur. Or, on a localisé au scanner des lésions antérieures dans des cas d'aphasie *fluente* et des lésions postérieures dans des cas d'aphasie *non fluente* <sup>20</sup>.

Mais, le feu des critiques a été concentré sur le syndrome de Broca, et plus particulièrement sur le symptôme *d'agrammatisme* dont l'existence pouvait paraître un argument favorable à l'hypothèse d'un organe grammatical sélectivement atteint. On y a reconnu « un symptôme cognitivement hétérogène » associant, sous prétexte qu'ils ont tous deux une incidence négative sur la structuration grammaticale des phrases, deux symptômes qu'il faut dissocier : l'omission des marqueurs grammaticaux et l'omission du verbe principal. Si le premier concerne le traitement syntaxique, le second concerne le traitement *lexical* du langage. En effet, l'omission des verbes par les agrammatiques est à rattacher, d'une part, à la difficulté qu'ils éprouvent à *nommer les actions*, tandis qu'ils conservent la faculté de nommer les objets (symptôme inverse de celui des aphasiques anomiques), d'autre part, à la difficulté des dyslexiques agrammatiques de *lire les verbes*, alors qu'ils lisent sans peine les noms. Or, nommer les objets, lire les verbes, ces tâches ne mettent pas en jeu un processus syntaxique, mais un processus lexical et supposent un lexique mental organisé en catégories morphologiques (noms / verbes), ce qui ampute l'agrammatisme d'un premier symptôme<sup>21</sup>.

Le démembrement du syndrome d'agrammatisme s'est poursuivi au bénéfice d'un hypothétique processeur lexical, dont le lexique s'enrichissait en nouvelles catégories morphologiques des dépouilles de l'organe grammatical. Des aphasiques classés agrammatiques commettent des substitutions d'affixes inflectionnels (le *-e* du féminin et le *-s* du pluriel) et ont tendance à revenir aux formes d'entrée du dictionnaire, le masculin singulier des noms et adjectifs, l'infinif des verbes : nouvel argument en faveur du caractère lexical et de l'organisation morphologique du lexique dans le processus cérébral perturbé par la lésion<sup>22</sup>. Dès l'année suivante, le coup de grâce allait être porté à l'agrammatisme, dont la ruine non seulement impliquait la perte de crédibilité de la classification classique des aphasies, mais appelait à un scepticisme plus général sur l'articulation entre les syndromes cliniques de l'aphasie, les systèmes fonctionnels du langage et les localisations anatomiques cérébrales. Le problème

<sup>20</sup> Cf. Basso et Moraschini (Inst. de clinique neurologique, Milan), Lecours et Vanier (Centre hospitalier Côte-des-Neiges, Montréal), 1985.

<sup>21</sup> Cf. Miceli, Silveri, Villa (Univ. Catho. de Rome), Caramazza (Univ. Johns Hopkins, Baltimore), 1984.

<sup>22</sup> Cf. Miceli, Caramazza, 1988.

dévoilait en même temps sa vraie nature épistémologique, ce n'était pas un simple problème *empirique* à résoudre par un progrès ultérieur de la recherche (dans la même ligne), mais un problème plus « wittgensteinien » d'analyse ou d'herméneutique conceptuelle, puisqu'il concernait la correspondance entre les signes repérés par la clinique et les causalités demandées à l'anatomie et la physiologie du cerveau :

« L'hétérogénéité dans la production des morphèmes grammaticaux par les malades prétendus «agrammatiques» rend théoriquement inutile cette catégorie clinique ainsi que le cadre de la classification classique (aphasie de Broca, de Wernicke, etc.). Les syndromes cliniques ne peuvent pas servir de base à la recherche des mécanismes cognitifs ou linguistiques lésés par la maladie (...). L'agrammatisme est un concept mal défini qui ne caractérise pas une population homogène, qui n'autorise pas de conclusions sur le processus normal de langage (...) si nous ne pouvons pas répondre aux questions de ce type, il serait futile de prétendre que la question est empirique (...). La variation des performances des agrammatiques doit refléter des différences dans les déficits des processus linguistiques (ou cognitifs) sous-jacents, mais rien ne permet de soutenir que «l'agrammatisme» est une «classe naturelle» représentant les malades ayant un déficit d'un composant bien déterminé du système de traitement du langage<sup>23</sup> ».

Un coin était enfoncé entre la tradition clinique et la recherche neuropsychologique appliquée au langage. Un autre groupe d'auteurs, la même année, partant avec l'idée d'examiner « le lien entre la phénoménologie clinique des déficits consécutifs à des lésions frontales et une théorie générale des systèmes fonctionnels frontaux », rejoignent les auteurs précités : « l'aphasie de Broca est une pathologie trop variée pour que son étude éclaire l'anatomie ou la psycholinguistique des phénomènes frontaux », pour, de là, en venir à des conclusions plus dévastatrices encore : « un déficit du même système fonctionnel peut résulter de lésions en des lieux anatomiques différents (...). Des lésions topographiquement disparates peuvent résulter en perturbations cliniques très semblables ; *non parce que les fonctions du cerveau ne sont pas anatomiquement organisées* — on ne manquera pas de noter cette curieuse récurrence de l'hypothèse « obscurantiste » du chaos cérébral — mais parce que les systèmes fonctionnels dépendent de multiples connexions entre régions différentes<sup>24</sup> ».

<sup>23</sup> Cf. Miceli, Silveri, Romani, Caramazza, 1989.

<sup>24</sup> Cf. Alexander (Univ. de Boston), Benson (Univ. de Californie), Stuss (Univ. de Toronto), 1989.

#### IV.2. Illusions perdues à propos des ERP N400

Deuxième point. ERP, *event-related potentials*, potentiels électriques liés à des événements cérébraux : si dans la science d'aujourd'hui on voulait désigner une cible idéale pour la critique de Wittgenstein, on pourrait citer cette application de l'électro-encéphalographie à la psychologie qui recherche, en appliquant sur le scalp du sujet des électrodes très sensibles (capables de détecter des variations de quelques microns-volts), la trace bioélectrique d'événements dans son cerveau corrélatifs de l'accomplissement de ses diverses activités linguistiques, audition, lecture subvocale ou à haute voix, énonciation spontanée ou répétition de mots et de phrases. Si c'est à une pareille entreprise de corrélation entre l'ordre des mots de la phrase, phénomène grammatical condition de la signification, et les moments successifs du flux mental ou les phases du métabolisme cérébral, phénomène psychologique ou biologique, donc causal, que Wittgenstein a prétendu (par anticipation) objecter, alors son objection aura eu la malchance de s'opposer à ce qui allait être le programme d'une « branche porteuse » des neurosciences cognitives. De fait, en un premier temps au moins, dans la décennie 80, la découverte des N400, potentiels négatifs antérieurs gauches, approximativement localisés sur le scalp au niveau de l'aire de Broca, potentiels sélectivement évoqués par le traitement mental d'une information syntaxique ou sémantique pendant la lecture de phrases, a donné aux chercheurs l'espoir d'établir une correspondance régulière entre la structure syntaxique ou sémantique des énoncés, ou plutôt le processus de leur compréhension par un auditeur, et les schèmes d'activité d'une région anatomique de son cerveau, organe du langage.

L'enregistrement électro-encéphalographique continu pendant la lecture d'une phrase donne un tracé dont on a établi que les pics d'activité étaient associés, avec un temps de latence variant sur quelques centaines de msec., à la présentation successive des mots de cette phrase comme stimuli. On a découvert qu'un mot sémantiquement incongru mis à la place du dernier mot de la phrase (« Il a beurré le pain chaud avec des *chaussettes* ») évoquait un potentiel négatif culminant 400 msec. après la présentation de ce mot (N400). Cet effet paraissait d'abord pouvoir s'expliquer comme signe d'une activité proprement sémantique du cortex frontal gauche, contraint à une seconde tentative d'interprétation d'une phrase que l'occurrence de son dernier mot a révélée absurde<sup>25</sup>. La mise en évidence ultérieure des N400 dans des tâches plus complexes, où il s'agit d'évaluer des phrases affirmatives fausses ou

<sup>25</sup> Cf. Kutas, Hillyard (Univ. de Californie), 1980.

des phrases négatives vraies, dont la compréhension suppose la perception d'une discordance sémantique entre sujet et prédicat (« Un moineau est un camion », « 7 n'est pas pair »), a accredité, un temps, l'interprétation de ce potentiel comme réaction du cerveau à l'incongruité sémantique<sup>26</sup>. De sorte qu'au début des années 90, la confiance dans la spécificité des potentiels électriques cérébraux, comme critères du traitement mental du langage, était telle qu'on a pensé avoir trouvé là le moyen de corréler l'activité cérébrale aux aspects du langage qui correspondent encore mieux que le contenu sémantique à ce qu'on peut entendre par « l'ordre » et « le système », aspects proprement syntaxiques, que décrit, par exemple, un modèle formel de Chomsky. En rapport avec la présentation de phrases manipulées qu'on a rendues grammaticalement incorrectes par violation sélective des règles syntagmatiques ou des règles d'interrogation indirecte, a été enregistré un potentiel particulier. Potentiel dont le temps de latence est plus bref que le N400, puisqu'il comporte un premier pic négatif antérieur gauche dès 125 msec., et le profil temporel et spatial plus étendu, puisqu'il effectue un rebond négatif temporo-pariétal gauche entre 300 et 500 msec. Il était tentant d'en conclure au fondement biologique de la distinction entre sémantique et syntaxe, et de rechercher à l'aide des potentiels électriques l'indice d'activités cérébrales évoquées par le traitement des aspects des phrases correspondant aux règles grammaticales postulées par le linguiste : « à chaque module de la grammaire son système de traitement »<sup>27</sup>.

La recherche ultérieure ne devait toutefois pas conduire à des arbres syntagmatiques ni des transformations grammaticales dans les schèmes d'activation des aires de Broca et de Wernicke. Marta Kutas, de l'Université de Californie, « inventeur » des N400 sémantiques, a procédé dans une série de travaux qui s'échelonnent sur la dernière décennie à une révision de son interprétation initiale des potentiels électriques cérébraux, d'où elle conclut à leur défaut de spécificité, que ce soit sémantique, syntaxique ou linguistique. Répéter une phrase absurde ne lui donne pas un sens, mais annule la différence de potentiel « liée à » l'incongruité sémantique<sup>28</sup>. L'allongement de la liste des potentiels évoqués par les aspects syntaxiques des phrases a suggéré qu'ils étaient moins liés à la grammaticalité des énoncés-stimuli qu'à leur complexité, et qu'ils pouvaient être une mesure de la charge imposée à « la mémoire de travail » du cerveau par certaines structures de phrase. La

<sup>26</sup> Cf. Fischler, Bloom, Childers, Roucos, Perry (Univ. de Floride), 1983.

<sup>27</sup> Cf. Neville (Salk Institute, Californie), Nicol, Barss, Forster, Garrett (Univ. de l'Arizona), 1991.

<sup>28</sup> Cf. Besson (CNRS, Marseille), Kutas, Van Petten (Univ. de l'Arizona), 1992.

proposition interrogative débute par un pronom interrogatif qui (d'après Chomsky) serait un marqueur de place de l'objet du verbe de la déclarative correspondante. Ceci, parce que l'occurrence de ce pronom interrogatif dans l'énoncé crée une dépendance entre la place qu'il occupe et une certaine *place vide* entre le verbe et la préposition :

« Tu dis *quelque chose* à Jean » → « *Que* dis-tu [...] à Jean ? »

L'enregistrement électro-encéphalographique de sujets pendant la lecture de listes de phrases interrogatives, affichées mot par mot sur l'écran d'un ordinateur, a révélé l'existence d'une négativité antérieure gauche accrue qui atteint son maximum dans un délai de 300 à 500 msec. après l'occurrence du marqueur, de même qu'après l'intervalle entre verbe et préposition. Voyant, surtout, dans cet effet une trace de la mise en mémoire du marqueur avant interprétation, et de son rappel au moment de l'énonciation où il devient interprétable, les auteurs n'en font pas le corrélat neuronal univoque de cette opération syntaxique liant un marqueur à une place d'objet : « il n'est pas encore évident que la négativité antérieure gauche soit particulière à la mémoire de travail dans le traitement du langage, plutôt qu'associée à un usage de cette mémoire, quel qu'il soit »<sup>29</sup>. Cette hypothèse selon laquelle les constructions syntaxiques ne différencieraient, pour le cerveau, que par la demande mémorielle de leur traitement, a été confirmée depuis par électro-encéphalographie. Entre les subordinées relatives dont l'agent est aussi celui de la proposition principale, et les subordinées relatives dont l'agent de la proposition principale est *le patient*, il existe une discordance de *rôles thématiques* dont on peut estimer qu'elle grève la mémoire du lecteur. Telle est l'interprétation qui a prévalu de la différence significative entre les électro-encéphalogrammes obtenus à la présentation de phrases de l'un et l'autre de ces deux types<sup>30</sup>.

Enfin, décision de cette question d'interprétation des ERP, on a découvert un potentiel émis identique à l'audition de phrases au moment où le dernier mot, expérimentalement retardé, est attendu, et à l'audition de phrases *musicales* au moment où la dernière note de la mélodie, expérimentalement retardée, est attendue<sup>31</sup>. Cette donnée, qu'avait d'abord masquée un protocole expérimental à base de présentation visuelle de mots à l'ordinateur, démontre que le cerveau réagit, en fait, à la perturbation du schème temporel de *tout* stimulus, linguistique ou non, dès lors qu'il présente la forme d'une suite enchaînée créatrice d'expectatives pour la perception. « À ce jour,

<sup>29</sup> Cf. Kluender, Kutas, 1993.

<sup>30</sup> Cf. King, Kutas, 1995.

<sup>31</sup> Cf. Besson, Faïta, Czernasty, Kutas, 1997.

concluent les chercheurs, aucune de nos données ne favorise l'hypothèse de l'existence univoque de représentations linguistiques encapsulées qui n'interagiraient pas avant leur traitement complet. Nous n'avons pas trouvé de marqueurs spécifiques des processus langagiers<sup>32</sup>. L'idée d'un analyseur syntagmatique modulaire (*parser*) dans le cerveau reculait d'autant, au bénéfice d'un processus généraliste, qui n'étant autre que ce qu'on a toujours appelé « mémoire », et pouvant être revendiqué par chaque région corticale impliquée dans la cognition, n'est évidemment pas localisable. « *Wittgenstein vindicated!* », voilà ce que semble dire ce résultat négatif aux naturalisateurs de règles grammaticales — mais, pas de conclusion prématurée !

#### **IV.3. Si je soustrais du fait que je parle le fait que j'articule des sons vocaux, — qu'est-ce qui reste ?**

En dernier point, nous avons à reconsidérer les données de la technologie la plus récente et la plus sophistiquée, l'imagerie cérébrale fonctionnelle fondée sur la mesure en tomographie par émission de positrons des variations localisées du débit sanguin cérébral pendant l'accomplissement de tâches cognitives, verbales en l'occurrence. Par rapport à la doctrine classique des localisations du langage tirée de la clinique neurologique, cette nouvelle approche inaugurée en 1974<sup>33</sup> a suivi une évolution intéressante. Préoccupés de faire reconnaître la mesure des changements du flux sanguin cérébral comme un critère fiable des processus sous-jacents à l'effectuation de tâches classées mentales, comme sont les tâches verbales, les chercheurs ont d'abord tiré une confirmation de l'utilité de leur procédé du fait qu'il s'avérait « en excellent accord avec des concepts bien établis sur l'organisation fonctionnelle du cerveau humain »<sup>34</sup>.

La latéralisation des fonctions du langage a ainsi été confirmée par une activation plus importante de l'hémisphère gauche que du droit pour une tâche verbale : compléter une phrase en choisissant silencieusement un mot dans une liste (« *bouchon est à flotter* comme *sucre est à fondre* »<sup>35</sup>). Leur localisation périsylvienne, a été confirmée par des accroissements d'activité plus importants dans les aires post-centrales, pariétale et temporo-occipitale gauches, incluant celle de Wernicke, pour la même tâche que ci-dessus<sup>36</sup>; résultat

<sup>32</sup> Cf. Besson et Kutas, 1997.

<sup>33</sup> par Ingvar et Schwartz.

<sup>34</sup> Cf. Risberg (Univ. de Lund), Hasley, Wills, Wilson (Univ. d'Alabama), 1975.

<sup>35</sup> Cf. Risberg *et al.*, 1975.

<sup>36</sup> *Ibid.*

reproduit pour l'aire temporo-pariétale avec des listes de mots entendus<sup>37</sup>. Quant à l'activation de l'aire de Broca, elle a été confirmée avec une tâche consistant à raconter un article de magazine à haute voix où à se le remémorer en silence<sup>38</sup>, ainsi que pour une tâche de répétition en pensée d'un refrain avec omission d'un mot sur deux<sup>39</sup>.

Toutefois, en un second temps, la neuro-imagerie fonctionnelle allait s'émanciper de ce cadre imposé par la clinique en prenant conscience des incompatibilités entre les données mises au jour et le modèle théorique admis du fonctionnement cérébral, contre lequel elle a alors développé une stratégie de rupture. Contre la localisation exclusive des fonctions de la parole dans l'hémisphère gauche par Broca et Wernicke, une tâche qui reste verbale, la parole automatique : répéter les noms des jours de la semaine, s'est révélée activer plus l'hémisphère droit que le gauche et n'activer ni l'aire de Broca, ni celle de Wernicke<sup>40</sup>. L'emploi d'une méthode de corrélations inter et intra-hémisphérique a montré qu'une tâche comme la reconnaissance de phonèmes /b/ ou /s/ dans des mots parlés monosyllabiques activait, sans doute, la région périsylvienne, mais révélait aussi une distribution plus étendue des régions corrélées à l'aire de Broca, suggérant pour celle-ci un rôle probable d'entraînement des autres aires non prévu dans le modèle classique.

Au tournant des années 80 à 90, l'équipe de Petersen, Posner *et alii* de l'Université de Washington a pu, dès lors, mener l'assaut contre le modèle hérité de la tradition clinique neurologique<sup>41</sup> en se concentrant sur le caractère sériel et hiérarchique de sa représentation du codage de l'information perceptive, dont le maillon faible est peut-être qu'il implique un codage auditif obligatoire de l'information visuelle préalable à son codage sémantique, puis articulatoire. Ils ont établi la disjonction des aires activées par la présentation visuelle et par la présentation auditive des mots. Contre la spécialisation de l'aire de Broca pour la production du langage, ils ont montré qu'elle n'est pas seulement activée par la répétition de mots mais aussi par l'ouverture et la fermeture de la bouche ou par un mouvement de va-et-vient avec la langue. Enfin, une tâche sémantique consistant à associer au nom d'un objet son usage (« gâteau » - « manger ») active l'aire frontale antérieure gauche, et non l'aire de Wernicke. Leur conclusion est au rejet du modèle

<sup>37</sup> Cf. Maximilian (Univ. de Lund/Novo Industrie), Mayence, 1982.

<sup>38</sup> Cf. Wallesch, Henriksen, Kornhuber, Paulson (Univ. de Copenhague, Univ. d'Ulm), 1985.

<sup>39</sup> Cf. Roland, Friberg (Hôpital Bispebjerg, Copenhague), 1985.

<sup>40</sup> Cf. Ryding, Brådvik, Ingvar, (Hôpital Univ. de Lund), 1987.

<sup>41</sup> Cf. Geschwind, 1965, 1987.

classique en faveur d'une conception du langage, et en général des fonctions cognitives, comme distribuées sur des aires anatomiquement distinctes sous-tendant le codage et le traitement parallèle de l'information mentale en ses diverses modalités<sup>42</sup>.

Durant la dernière décennie, le désaccord entre les équipes de recherche sur la localisation (j'entends la localisation précise dans une aire spécifique) des fonctions proprement linguistiques : phonologie, syntaxe et sémantique, désaccord qu'accentue leur accord sur la localisation des fonctions primaires, auditives et articulatoires, n'a pas permis le remplacement du modèle classique renversé par cette équipe de Washington. Si les tentatives ultérieures de réhabilitation n'ont pas manqué, voyant bien que les données établies en vue d'étayer la doctrine classique la contredisaient objectivement, elles se sont gardées d'aller au-delà de protestations formelles de fidélité.

C'est d'ailleurs un motif de perplexité, pour le philosophe, de voir que les détracteurs comme les défenseurs de l'héritage du localisationnisme, en proie à une commune obsession par les réseaux connexionnistes d'Intelligence Artificielle<sup>43</sup>, ont unanimement opté pour une conception selon laquelle les corrélats cérébraux du langage formeraient un réseau largement distribué sur des aires anatomiques distinctes, éventuellement éloignées les unes des autres, travaillant parallèlement dans toutes les modalités d'interaction mutuelle envisageables, et que, cependant, ils ne paraissent pas aussi embarrassés qu'on peut estimer qu'ils le devraient par la radicale impossibilité qui en résulte d'attribuer des fonctions précises à des structures déterminées. Et, d'une manière plus générale, de corréler univoquement quoi que ce soit avec quoi que ce soit, quand on compare les traits du comportement manifeste aux traits du métabolisme cérébral sous-jacent. Or, les schèmes d'activation instantanés d'aires très dispersées, dont les opérations se réduisent à des contributions locales très subordonnées, et qui à chaque moment sont recrutées, ou non, et le sont à une intensité très variable, en fonction des exigences de la tâche, chaque fois nouvelle, en cours d'effectuation, ne constituent pas une base suffisante pour prédire le comportement auquel concourent les activités enregistrées dans de telles aires. Même si l'on hésite à qualifier d'anti-localisationniste ce concept d'un réseau de traitement parallèle et distribué de l'information linguistique, qu'on l'appelle anti-modulariste, anti-phréologique, ou comme on voudra, on m'accordera qu'à défaut de modèle de rechange, il tient lieu de paradigme épistémologique pour

<sup>42</sup> Cf. Posner, Petersen, Fox, Raichle, 1988 ; Petersen, Fox, Posner, Mintun, Raichle, 1988 ; Petersen, Fox, Posner, Mintun, Raichle, 1989.

<sup>43</sup> Cf. Rumelhart et McClelland, 1986.

cette imagerie cérébrale fonctionnelle, dont la presse de vulgarisation voudrait nous persuader qu'elle « regarde directement dans le cerveau » :

En 1988, Petersen *et al.*, défendant contre le modèle sériel classique le principe que les systèmes perceptifs de chacune des deux modalités, visuelle et auditive, ont également et indépendamment accès au système supra-modal de traitement sémantique, avaient établi que les mots activent des régions distinctes selon qu'ils sont vus ou entendus. Donnée qu'ils interprétaient en attribuant le codage phonologique au cortex temporo-pariétal gauche (aire de Wernicke et gyrus angulaire) qu'activent les mots entendus, non les mots écrits, lesquels en revanche activent le cortex visuel auquel ils attribuaient le codage orthographique. Montrant qu'une tâche sémantique active le cortex frontal inférieur antérieur gauche (aire 47) quel que soit le mode de présentation, visuel ou auditif, ils y localisaient l'association sémantique<sup>44</sup>. Ultérieurement, Petersen *et al.* étaient revenus sur la différence entre le cortex visuel gauche, qu'activent aussi bien les mots que des suites de lettres dépourvues de sens mais semblables à des mots, et l'aire frontale gauche, celle-ci activée uniquement par les mots. Ils en avaient inféré l'existence de deux systèmes, l'un, présémantique et visuel, spécialisé dans le traitement orthographique, qu'ils situaient dans le cortex visuel, l'autre, sémantique, dans le cortex frontal<sup>45</sup>.

La réponse à l'attaque de cette équipe de New York contre la neurophysiologie classique a motivé une importante série de recherches, conduites principalement dans le cadre du service de radiologie de l'Hôpital Hammersmith de Londres, mais également dans celui de l'Hôpital Purpan à Toulouse, sur les corrélats neuronaux des aspects phonologiques et lexico-sémantiques du langage. Inaugurant cette série en 1991, Wise *et al.* n'ont, pour leur part, identifié aucune région activée par les mots qui ne le serait pas également par les non mots. Ils en ont conclu que le traitement sémantique devait avoir lieu dans les mêmes réseaux neuronaux que le traitement acoustique et phonologique, et qu'il entraînait en action de façon automatique même pour les non mots excluant toute compréhension. Circonstance qui, selon eux, pouvait dissimuler l'accroissement d'activité lié à la compréhension des mots, ce qui expliquerait l'homogénéité des distributions d'activations observées pour les mots et les non mots<sup>46</sup>. L'année suivante, Démonet *et al.*, tentaient de décider la question grâce à des tâches phonologique et sémantique mieux différenciées. Ils demandaient aux sujets, tantôt de

<sup>44</sup> Cf. Petersen, Fox, Posner, Mintun, Raichle, 1988.

<sup>45</sup> Cf. Petersen, Fox, Snyder, Raichle, 1990.

<sup>46</sup> Cf. Wise, Chollet, Hadar, Friston, Hoffner, Frackowiak, Londres, 1991.

repérer un /b/ suivant un /d/ dans des non mots (« redozabu »), tantôt de reconnaître des noms d'animaux plus petits qu'un poulet précédés d'un adjectif laudatif (« gentille souris »). Vérifiant que toutes les aires activées par la tâche phonologique le sont aussi, bien qu'à un niveau différent, par la tâche sémantique, ils revenaient à une conclusion proche de celle de Wise *et al.* Ils admettaient que la compréhension du langage met en œuvre des réseaux étendus impliquant les mêmes processus et situés dans les mêmes aires anatomiques que l'analyse préliminaire de la parole en chaîne de phonèmes. De sorte que l'activité proprement sémantique pouvait fort bien se trouver masquée par celle qui correspond aux étapes de traitement précoce du stimulus verbal<sup>47</sup>. La même année, Howard *et al.*, établissant contre Petersen *et al.* que la lecture de mots n'active pas le cortex visuel, mais bien le cortex temporal moyen postérieur, tandis que leur répétition active en outre le gyrus temporal supérieur (aire de Wernicke), prenaient la précaution de déclarer leurs résultats « en accord avec la neuropsychologie classique ». Néanmoins, d'une part, l'absence d'activation de l'aire de Wernicke par les mots écrits contredisait Geschwind (satisfaction tacitement accordée à Petersen *et al.*). D'autre part, n'ayant pu associer l'interprétation de la signification des mots à aucun accroissement d'activité local, ils en inféraient que « les représentations de la signification des mots ne sont pas bien localisées, mais dépendent de l'activation de traits sémantiques distribués sur de larges régions du cortex cérébral »<sup>48</sup>.

La masse des travaux atteint un maximum deux ans plus tard, avec d'abord deux contributions du même groupe de Démonet *et al.*, dont une dans laquelle ils reprennent leurs données de 1992 avec une méthode d'imagerie plus élaborée. Méthode qui ne les amène pas, pour autant, à dissocier les sites de traitement phonologique et sémantique, mais plutôt à étendre le réseau de traitement du langage à de nouvelles régions en fonction du caractère phonologique, ou sémantique, de la tâche. Outre les aires de Wernicke et de Broca, la tâche phonologique mobilise le gyrus supramarginal gauche, tandis que la tâche sémantique fait appel au gyrus cingulaire postérieur et surtout aux gyri angulaires gauche et droit, révélant par la même occasion le rôle sémantique de l'hémisphère droit. Les auteurs en tirent un nouvel affaiblissement de la conception classique des localisations. Celle-ci supposait des aires anatomiques, soit totalement mobilisées par les fonctions du langage, pour celles qu'on considérait comme leur organe, soit aucunement mobilisées par ces fonctions. Répudiant une pareille « dichotomie de tout ou rien », ils préconisent

<sup>47</sup> Cf. Démonet, Chollet, Ramsay, Cardebat, Nespoulous, Wise, Rascol, Frackowiak, Toulouse, Londres, 1992.

<sup>48</sup> Cf. Howard, Patterson, Wise, Brown, Friston, Weiller, Frackowiak, 1992.

de la remplacer par « une pondération différentielle de l'allocation des ressources attentionnelles, tantôt au traitement phonologique, tantôt au traitement sémantique »<sup>49</sup>. Mais, n'est-ce pas à relativiser complètement le rôle des aires linguistiques traditionnelles de Wernicke et Broca, que revenait cette extension du modèle classique ? L'autre recherche du même groupe répond à cette question en donnant un nom à cette allocation de ressources attentionnelles : « stratégie ». Une tâche aussi « élémentaire » que la détection de phonèmes dans des chaînes de syllabes dépourvues de sens mobilise juste l'aire de Wernicke tant qu'une stratégie séquentielle purement auditive est suffisante. Mais, dès qu'il y a ambiguïté phonologique (/b/ dans « Leavboky »), une stratégie de rechange pourra, entre autres, mettre à contribution l'aire de Broca pour le transcodage sensori-moteur nécessaire à la répétition des stimuli en vue d'un nouveau cycle de traitement<sup>50</sup>.

L'évolution ultérieure du problème aura été en sens inverse de l'inflationnisme localisationniste de Gall (qui prévoyait un organe particulier pour une faculté baptisée « Profondeur d'esprit ou esprit métaphysique », sans oublier « Dieu et le sentiment religieux »). Les chercheurs, dont la motivation de départ était peut-être de réhabiliter un modèle classique contesté, après l'avoir de mille manières étendu, diversifié, assoupli, affaibli, relativisé, ont abouti grâce au rassemblement et à la confrontation des résultats, à une meilleure évaluation de l'influence des protocoles expérimentaux, à la redéfinition des tâches imposées aux sujets pour les rendre plus spécifiques, etc., à des conclusions d'une modestie, sinon d'un scepticisme déconcertants. Toujours en 1994, la question de l'opportunité de pousser à la limite cette extension du réseau neuronal impliqué à quelque degré dans le traitement de l'information linguistique en l'ouvrant sans restriction sur les autres processus cognitifs a été posée par la découverte d'un « résultat surprenant ». Si une exposition brève (150 msec.) des mots qu'on demande aux sujets de lire à haute voix active des régions étendues de l'hémisphère gauche, semblant réconcilier les deux partis, celui de l'activation du cortex visuel (Petersen *et al.*), comme celui de l'activation du gyrus temporal (Howard *et al.*), en revanche, à une exposition « longue » (1 sec.), aucune de ces régions n'atteint un niveau d'activation significative. Parmi les hypothèses évoquées, je relève qu'il y a celle qu'une pareille tâche de décision lexicale précoce pourrait engager des processus cognitifs non spécifiques du langage, avec la conséquence déconcertante qu'on vient de dire en ce qui concerne ses corrélats neuronaux. Sans doute, les auteurs

<sup>49</sup> Cf. Démonet, Price, Wise, Frackowiak, 1994a.

<sup>50</sup> Cf. Démonet, Price, Wise, Frackowiak, 1994b.

n'allaient pas tout de suite jusque-là, préférant d'abord mettre en cause le protocole expérimental : « tant qu'on n'a pas compris comment de subtiles variations dans le protocole expérimental influencent l'activité cérébrale pendant les tâches, l'association de fonctions de traitement spécifiques avec des régions anatomiques activées pendant la lecture est prématurée »<sup>51</sup>.

Mais, justement, en 1996, une équipe incluant les mêmes Wise et Frackowiak, co-signataires de tous ces travaux, n'hésitait pas à aller jusque-là en publiant dans *Brain* un article de 20 pages qui fait figure de synthèse et d'évaluation de l'ensemble de la recherche en tomographie par émission de positrons sur les corrélats des aspects lexico-sémantiques de la mémoire des mots. Discutant tour à tour le rôle éventuel des lobes temporal, pariétal et frontal gauches dans le traitement des aspects sémantiques, ils aboutissent à cette conclusion que « le nombre des processus psychologiques différents et l'étendue de l'activation latérale et médiale de l'hémisphère gauche exclut une association précise des fonctions à des aires anatomiques ». Jugement qui n'est pas limité au lobe frontal, mais s'applique au processus de langage qu'est le rappel des mots et à la structure réticulaire des corrélats neuronaux du langage (comme en général des fonctions cognitives) : « le rappel des mots est le produit d'un réseau très distribué localisé de façon prédominante à gauche et incluant le lobe temporal inférolatéral, le lobe pariétal postérieur inférieur, les régions préfrontales-prémotrices dorsolatérales, le gyrus cingulaire antérieur et l'aire motrice supplémentaire. La question reste de savoir quelle est la contribution de chaque région activée à la tâche globale ». Réponse en fin d'article : « La démonstration de l'existence d'un réseau largement distribué exclut l'attribution précise de fonctions à des structures, etc. »<sup>52</sup>.

#### V. WITTGENSTEIN VINDICATED ?

Peut-être devrais-je préciser à l'intention des collègues neuroscientifiques qui ont bien voulu me communiquer leurs réactions à ce texte, que je ne m'imaginai pas en le rédigeant que l'effort d'acculturation consenti pour puiser l'information scientifique dans les revues spécialisées suffirait à légitimer l'intervention du philosophe que je suis sur un terrain qui n'est pas le sien, comme la neurobiologie, et que je suis conscient que le présent exercice d'interprétation m'expose à ce reproche qu'on peut faire à tout essai d'interprétation *philosophique* : qu'il manquera toujours de cette boussole irremplaçable que constitue l'expérience d'un clinicien pour une appréciation correcte de la littérature issue des

<sup>51</sup> Cf. Price, Wise, Watson, Patterson, Howard, Frackowiak, 1994.

<sup>52</sup> Cf. Warburton, Wise, Price, Weiller, Hadar, Ramsay, Frackowiak, 1996.

laboratoires de neurosciences. « Pour le clinicien, me rappelle justement le Pr. Marc Jeannerod, *la règle* est que les lésions de l'aire de Broca donnent une aphasie (...). On pourrait presque ajouter qu'il n'y a rien d'autre à savoir sur ce sujet. Le reste (...) constitue un ensemble vague de raretés qui, en tout cas, ne suffit certainement pas à infirmer *la règle*. Les adversaires de la doctrine des localisations l'ont utilisé abusivement ». De sorte que si la discussion et la révision de ce modèle classique des bases neuronales du langage dans la littérature publiée depuis vingt-cinq ans en aphasiologie, électroencéphalographie et imagerie cérébrale fonctionnelle, peut éventuellement faire écho au scepticisme de Wittgenstein en ce qui concerne le caractère causal de la relation entre le cerveau et le langage, on devra se garder d'en conclure à la réhabilitation par les neurosciences d'un Wittgenstein injustement soupçonné d'obscurantisme, car cette interprétation charitable serait fatalement une interprétation *de philosophe* que l'expérience clinique ne cautionne pas.

N'étant pas médecin, mais, je le répète, philosophe, je ne puis dans ces conditions faire mieux que soumettre au lecteur — fût-ce à titre de démonstration apagogique — la présente tentative pour donner un sens raisonnable dans le contexte de la science actuelle à cette remarque de Wittgenstein (ainsi qu'à la ligne de pensée philosophique qui s'y rattache) : si cette tentative devait aboutir à un échec, et que mon inexorable lecteur, concluant que Wittgenstein avait tort en biologie, jugeait préférable de l'abandonner à ses commentateurs pour pouvoir maintenir le dialogue avec les neurosciences, je tiens à le prévenir que ce serait un affreux iconoclasme et que j'en décline à l'avance toute responsabilité. Je garde, néanmoins, espoir que ce lecteur n'en viendra pas à une aussi sévère conclusion. Car, enfin, même si la remarque 608 du *Zettel* comporte une opacité, je crois, irréductible, ce qu'elle suggère, c'est qu'on ne retrouvera pas dans le cerveau l'ordre des mots, non qu'il n'y aurait *rien à comprendre* dans les événements cérébraux. Loin d'un irrationalisme aussi indéfendable, cette suggestion m'a paru corroborée par une revue des données scientifiques récentes qui fait état des motifs de perplexité, pour ne pas dire des contradictions rencontrées sur le terrain des faits par les chercheurs eux-mêmes.

Pour ma part, j'avais compris cette remarque au plan d'une philosophie du langage, comme illustrant d'un paradoxe un fait sans mystère : le fait que les expressions linguistiques forment un système de relations mutuelles entre termes qui doivent tous être virtuellement co-présents. Relations indépendantes de l'ordre du temps, qui est celui de la production effective de ces expressions à chacune de leurs occurrences, production qui, de son côté, répond à des conditions génétiques, mentales ou cérébrales. Dans une telle philosophie du

langage, dont on se souvient peut-être qu'elle bénéficiait d'une large acceptation dans les milieux philosophiques avant sa relèbe par une conception plus naturalisatrice, les *formes grammaticales* manifestées dans la parole ou l'écriture semblent, en effet, ne pouvoir « faire système » qu'avec des *formes grammaticales* manifestées dans la parole ou l'écriture. En revanche, à un stade de production verbale où ces formes ne sont pas encore manifestes, n'étant pas entrées dans les rapports d'identité et de différence qui font qu'elles sont des formes, on ne saurait parler que d'*événements mentaux ou cérébraux*. Et le seul rapport systématique qu'on soit en droit de leur supposer avec ces formes est d'être les causes du fait qu'à tel ou tel moment du flux verbal, ces formes font occurrence. La position de Wittgenstein me semblait donc être de nier toute connexion nécessaire entre cet ordre causal, qui est celui d'une production quelconque, et l'ordre « grammatical » spécifique des formes manifestes. Ces deux ordres se croiseraient de telle manière qu'on ne pourrait pas déduire le second du premier. Cette opinion est d'ailleurs toujours la mienne, et je serais curieux de savoir de mes amis naturalistes de fraîche date (qui s'imaginent s'en être débarrassés comme de l'ensemble des a priori formels) comment ils se représentent la quasi-intemporalité du formel.

On me dira peut-être que cette *question philosophique* du caractère causal, ou non, de la relation du langage et ses formes avec le cerveau, comme source des productions linguistiques, n'a rien à voir avec la controverse *empirique* sur le mode d'inscription (localisation ou distribution ?) des fonctions linguistiques dans le cerveau. Mais, sans vouloir dénier toute raison d'être à la distinction du philosophique et de l'empirique, je maintiens que ma tentative pour associer à la relecture d'un philosophe la critique de la littérature neuro-psychologique sur le langage n'est pas arbitraire. Car, enfin, là où s'affrontent deux hypothèses empiriques, dont l'une menace directement l'autonomie formelle des significations, le différent est philosophique. Réciproquement, dès qu'on réfléchit à des solutions de rechange à la causalité classique, on se trouve de plain-pied avec les mêmes hypothèses empiriques. Refuser d'en convenir reviendrait à décréter que les mots « influence (ou non influence) causale du fonctionnement cérébral sur la conduite verbale » ne renvoient pas aux mêmes choses en science qu'en philosophie. Gardant sans cesse à l'esprit qu'une idée philosophique vise (intemporellement) « le vrai », ce qui m'a semblé, c'est que les résultats *récents* tendent à être moins contradictoires avec la paradoxale suggestion wittgensteinienne que ne l'était, par exemple, la doctrine de Geschwind, que ces résultats remettent en cause. Croyant pouvoir faire fond sur la réalité de cette tendance au sein de la recherche, j'ai misé sur les chances que cette évolution nous

inspire en philosophie une solution de compatibilité entre les neurosciences et Wittgenstein, je veux dire l'autonomie grammaticale du langage qu'il défendait.

Reste à trouver les mots pour apaiser les susceptibilités froissées de ceux qui voient une atteinte à la causalité dans chaque proposition d'en repenser les termes. La causalité est généralement confondue avec la linéarité de l'ordre du temps événementiel. Pour récupérer « quelque chose » de la position sceptique de Wittgenstein en ce qui concerne la causalité cérébrale et le langage, je dirai donc qu'elle peut avoir une pertinence épistémologique dans la controverse neuroscientifique mettant aux prises ceux qui veulent sauvegarder l'héritage intellectuel de la tradition clinique et ceux qui procèdent à sa liquidation à l'aide des nouvelles technologies, mais que ce sera à condition de l'entendre comme exprimant l'exigence d'une conception non sérielle et non hiérarchique de cette causalité cérébrale, plutôt que comme un refus de toute causalité. Car, avouer que nous ne possédons pas une conception univoque, parfaitement claire et complètement détaillée, de cette relation entre la cartographie du métabolisme cérébral d'un locuteur et la suite des mots de sa parole, ne signifie pas, pour autant, que nous croyions au miracle. Si l'on ne peut pas remonter vers le centre le fil de l'influence causale en partant des organes périphériques de la parole, ce n'est pas faute d'y avoir une influence causale, mais parce que cette influence causale n'est justement pas un fil continu. Entre l'ordre geschwindien qu'on peut accuser de « prolonger en direction centrale » l'ordre des mots, et le chaos cérébral que je n'aurai pas moins de répugnance qu'un autre à accorder à Wittgenstein (si c'est bien cela qu'il demande), une solution moyenne est la distribution des fonctions linguistiques sur des aires multiples, avec traitement parallèle de l'information verbale sans hiérarchie d'accès aux niveaux supra-modaux où s'en effectuent l'analyse grammaticale et l'interprétation sémantique. Quant au thème du « chaos » (sans parler des théories du même nom, dont je ne prétends pas faire de Wittgenstein un précurseur), son évocation dénoterait simplement un sens particulièrement aigu de l'urgente nécessité de changer notre conception de la causalité pour penser la relation cerveau-langage.

N'est plus de mise, en revanche, la stratégie wittgensteinienne d'élimination des pseudo-questions « philosophiques » que la science ne peut résoudre. Il redevient légitime de s'interroger sur « ce qui fait que » à propos des affinités que chacun aperçoit intuitivement entre les mutuelles dépendances grammaticales des mots de la phrase à *leurs différentes places* dans cette phrase, et les co-activations des zones du cortex à *leurs différentes places* sur la carte de l'activité cérébrale. Dans les deux cas, une configuration spatiale stabilisée se superpose transitoirement à un flux, vocal,

mental, ou d'énergie bio-électrique. On doit pouvoir expliquer pourquoi toutes les fois qu'une certaine configuration (d'activation) se forme *ici* : au niveau cortical, une certaine autre configuration (de signification) se met en place *là* : dans le discours. Accordant à Wittgenstein que ces affinités ne peuvent pas être une connexion directe, puisqu'il ne peut y en avoir entre une structure au sein d'un flux matériel et une structure au sein d'un flux immatériel, on lui a suffisamment rendu justice. On n'est pas obligé de s'interdire de demander l'explication causale qui sauvegarderait la mutuelle autonomie entre l'arbre syntagmatique d'une phrase, structure de sens, et le schème d'activation instantané des cartes corticales régionales, structure anatomique. Avons-nous donc surmonté les réticences wittgensteiniennes empêchant d'admettre qu'une question naïve et mal posée peut, néanmoins, être une question scientifiquement pertinente ? Même si cela était, cela ne ferait pas que ce qui n'est encore que le cahier des charges des contraintes auxquelles un modèle devrait idéalement satisfaire pour être adéquat soit, d'ores et déjà, le modèle de rechange à la théorie classique des activités cérébrales sous-tendant les fonctions linguistiques. Une relecture bienveillante de Wittgenstein trouve ici sa place :

« Non, la conduite verbale, en tant que telle, la parole, la lecture, l'écriture, n'est pas « dans le cerveau », au sens où une région homologue particulière bien définie en serait en chaque cerveau l'organe unique et exclusif. On ne peut pas non plus « lire dans le cerveau », c'est-à-dire capturer cette conduite verbale en se reportant à sa source neuro-anatomique quelques msec. avant son effectuation publique normale. Lorsqu'on remonte le flux de la parole des organes périphériques (bouche, larynx, etc.) vers le centre, et des zones motrices ou sensorielles primaires vers les zones d'association des niveaux de traitement supérieurs, ce qu'on devine du mode de fonctionnement propre au cerveau est qu'il est tel qu'on a de moins en moins la possibilité de trouver un type d'ordre analogue à la chaîne des mots du discours. L'ordre des mots d'une phrase, il n'y a rien de pareil dans le cerveau. On peut donc tranquillement redire « qu'il surgit du chaos », sans que cela nous engage en faveur de l'évidente absurdité d'un chaos cérébral sous les mots. »

### Références bibliographiques

- Alexander M. P., Benson D. F., Stuss D. T. (1989) Frontal lobes and language, *Brain and Language* 37, pp. 656-691.
- Basso A., Lecours A. R., Moraschini S., Vanier M. (1985) Anatomoclinical correlations of the aphasias as defined through computerized tomography : exceptions, *Brain and Language* 26, pp. 201-229.
- Besson M., Kutas M., Van Petten C. (1992) An event-related potential (ERP) analysis of semantic congruity and repetition effects in sentences, *J. of Cognitive Neurosc.*, Vol. 4, N° 2, pp. 132-149.

- Besson M., Faita F., Czernasty C., Kutas M. (1997) What's in a pause : event-related potential analysis of temporal disruptions in written and spoken sentences, *Biological Psychology* 46, pp. 3-23.
- Besson M. et Kutas M. (1997) Manifestations électriques de l'activité de langage dans le cerveau, in Fuchs C. et Robert S. (éds) *Diversité des langues et représentations cognitives*, Ophrys, pp. 251-271.
- Chomsky N. (1957) *Syntactic structures*, Mouton & Co.
- Chomsky N. (1981) *Lectures on government and binding*, Foris.
- Davidson D. (1984) *Inquiries into truth and interpretation*, Clarendon Press.
- Démonet J.-F., Chollet F., Ramsay S., Cardebat D., Nespoulous J.-L., Wise R. J. S., Rascol A., Frackowiak R. S. J. (1992) The anatomy of phonological and semantic processing in normal subjects, *Brain* 115, pp. 1753-1768.
- Démonet J.-F., Price C., Wise R. J. S., Frackowiak R. S. J. (1994a) Differential activation of right and left posterior sylvian regions by semantic and phonological tasks : a positron-emission tomography study in normal human subjects, *Neurosc. Letters* 182, pp. 25-28.
- Démonet J.-F., Price C., Wise R. J. S., Frackowiak R. S. J. (1994b) A PET study of cognitive strategies in normal subjects during language tasks. Influence of phonetic ambiguity and sequence processing on phoneme monitoring, *Brain* 117, pp. 671-682.
- Engel P. (1996) *Philosophie et psychologie*, Gallimard.
- Fischler I., Bloom P. A., Childers D. G., Roucos S. E., Perry N. W. (1983) Brain potentials related to stages of sentence verification, *Psychophysiology*, Vol. 20, N° 4, pp. 400-409.
- Fodor J. (1975) *The language of thought*, Harvard University Press.
- Fodor J. (1983) *The modularity of mind*, MIT Press.
- Geach P. T. (éd.) (1988) *Wittgenstein's lectures on philosophical psychology 1946-47.*, Notes by Geach P. T., Shah K. J., Jackson A. C., Harvester. Wheatsheaf.
- Geschwind N. (1965) The organization of language and the brain, *Science* 170, pp. 940-944.
- Geschwind N. et Galaburda A. (1987) *Cerebral lateralization : Biological mechanisms, Associations, and pathology*, MIT Press.
- Heyman J. (éd.) (1991) *Investigating psychology. Sciences of the mind after Wittgenstein.*
- Howard D., Patterson K., Wise R. J. S., Brown W. D., Friston K., Weiller C., Frackowiak R. (1992) The cortical localization of the lexicons. Positron emission tomography evidence, *Brain* 115, pp. 1769-1782.
- Ingvar D. H. et Schwartz M. S. (1974) Blood flow patterns induced in the dominant hemisphere by speech and reading, *Brain* 97, pp. 273-288.
- King J. W. et Kutas M. (1995) Who did what and when ? Using word- and clause-level ERPs to monitor working memory usage in reading, *J. of Cognitive Neurosc.* Vol. 7, N° 3, pp. 376-395.
- Kluge J. et Nordmann A. (éds) (1993) *Ludwig Wittgenstein. Philosophical occasions 1912-1951*, Hackett.
- Kripke S. A. (1982) *Wittgenstein on rules and private language*, Basil Blackwell.

- Kluender R., Kutas M. (1993) Bridging the gap : Evidence from ERPs on the processing of unbounded dependencies, *J. of Cognitive Neurosc.* Vol. 5, N° 2, pp. 186-214.
- Kutas M., Hillyard S. A. (1980) Reading senseless sentences : Brain potentials reflect semantic incongruity, *Science*, Vol. 207, pp. 203-205.
- Maximilian V. A. (1982) Cortical blood flow asymmetries during monaural verbal simulation, *Brain and Language* 15, pp. 1-11.
- Miceli G., Silveri M. C., Villa G., Caramazza A. (1984) On the basis for the agrammatic's difficulty in producing main verbs, *Cortex* 20, pp. 207-220.
- Miceli G., Caramazza A. (1988) Dissociation of inflectional and derivational morphology, *Brain and Language* 35, pp. 24-65.
- Miceli G., Silveri M. C., Romani C., Caramazza A. (1989) Variation in the pattern of omissions and substitutions of grammatical morphemes in the spontaneous speech of so-called agrammatic patients, *Brain and Language* 36, pp. 447-492.
- Neville H., Nicol J. L., Barss A., Forster K. I., Garrett M. F. (1991) Syntactically based sentence processing classes : Evidence from event-related brain potentials, *J. of Cognitive Neurosc.* Vol. 3, N° 2, pp. 151-165.
- Petersen S. E., Fox P. T., Posner M. I., Mintun M., Raichle M. E. (1988) Positron emission tomographic studies of the cortical anatomy of single-word processing, *Nature*, Vol. 331, pp. 585-589.
- Petersen S. E., Fox P. T., Posner M. I., Mintun M., Raichle M. E. (1989), Positron emission tomographic studies of the processing of single words, *J. of Cognitive Neurosc.* Vol. 1, N° 2, pp. 153-170.
- Petersen S. E., Fox P. T., Snyder A. Z., Raichle M. E. (1990) Activation of extrastriate and frontal cortical areas by visual words and word-like stimuli, *Science*, Vol. 249, pp. 1041-1044.
- Posner M. I., Petersen S. E., Fox P. T., Raichle M. E. (1988), Localization of cognitive operations in the human brain, *Science*, Vol. 240, pp. 1627-1631.
- Putnam H. (1981) *Reason, truth and history*, Cambridge University Press.
- Pinker S. (1994) *The language instinct*, Morrow.
- Price C. J., Wise R. J. S., Watson J. D. G., Patterson K., Howard D., Frackowiak R. S. J. (1994) Brain activity during reading. The effects of exposure duration and task, *Brain* 117, pp. 1255-1269.
- Quine W.V.O. (1960) *Word and object*, MIT Press.
- Risberg J., Hasley J. H., Wills E. L., Wilson E. D. (1975) Hemispheric specialization in normal man studied by bilateral measurements of the regional cerebral blood flow. A study with the 133-Xe inhalation technique, *Brain* 98, pp. 511-524.
- Roland P. E. et Friberg L. (1985) Localization of cortical areas activated by thinking, *J. of Neurophysiology*, Vol. 53, N° 5, pp. 1219-1243.
- Rosenzweig M. R., Leiman A. L. et Breedlove S. M. (1996) *Biological psychology*, Sinauer Assoc.; trad. fr. Bonaventure N. et Will B (1998) *Psychobiologie*, De Bœck.
- Rumelhart D. E. et McClelland J. L. (éds) (1986) *Parallel distributed processing. Explorations in the microstructure of cognition*, 2 vol., MIT Press.

- Ryding E., Brådvik B., Ingvar D. H. (1987) Changes of regional cerebral blood flow measured simultaneously in the right and left hemisphere during automatic speech and humming, *Brain* 110, pp. 1345-1358.
- Wallech C.-W., Henriksen L., Kornhuber H.-H., Paulson O. B. (1985) Observations on regional cerebral blood flow in cortical and subcortical structures during language production in normal man, *Brain and Language* 25, pp. 224-233.
- Warburton E., Wise R. J. S., Price C. J., Weiller C., Hadar U., Ramsay S., Frackowiak R. S. J. (1996) Noun and verb retrieval by normal subjects. Studies with PET, *Brain* 119, pp. 159-179.
- Wise R. J. S., Chollet F., Hadar U., Friston K., Hoffner E., Frackowiak R. S. J. (1991) Distribution of cortical neural networks involved in word comprehension and word retrieval, *Brain* 114, pp. 1803-1817.
- Wittgenstein L. (1958) *Philosophische Untersuchungen*, Anscombe G. E. M. et Rhees R. (éds), Basil Blackwell.
- Wittgenstein L. (1967) *Zettel*; Anscombe G. E. M. et von Wright G. H. (éds) Basil Blackwell.
- Wittgenstein L. (1980) *Bemerkungen über die Philosophie der Psychologie*, Vol. I, Anscombe G. E. M. et von Wright G. H. (éds), Basil Blackwell.