HAL
open science

Evaluation de la réorganisation cérébrale du langage chez les patients épileptiques. Apport de la psychologie cognitive

Marcela Perrone-Bertolotti, Gaëtan Yvert, Monica Baciu

To cite this version:

Marcela Perrone-Bertolotti, Gaëtan Yvert, Monica Baciu. Evaluation de la réorganisation cérébrale du langage chez les patients épileptiques. Apport de la psychologie cognitive. Les Cahiers d'épilepsieS : Revue de la Ligue française et des ligues francophones contre l'épilepsie, 2011, pp.9-14. hal-00862011

HAL Id: hal-00862011

https://hal.science/hal-00862011

Submitted on 13 Jan 2014

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

EVALUATION DE LA RÉORGANISATION CÉRÉBRALE DU LANGAGE CHEZ LES PATIENTS ÉPILEPTIQUES

Apport de la psychologie cognitive

L'objectif de cet article est de rappeler les exigences spécifiques nécessaires à la mise en place d'un paradigme d'activation en IRMf dans le cadre de l'évaluation fonctionnelle du langage lors du bilan pré- et post-chirurgical de l'épilepsie.

*Marcela Perrone-Bertolotti, Gaetan Yvert et Monica Baciu**

Nous présentons ici certains critères à respecter pour mettre en œuvre un protocole robuste d'activation cérébrale appliqué aux fonctions langagières. Certains de ces critères sont évalués lors du travail expérimental en psychologie cognitive. L'objectif principal de cet article est de montrer l'apport du travail expérimental mené en amont et lors de l'expérimentation par IRMf pour cartographier les opérations langagières.

Les résultats IRMf en général et ceux rapportés dans la littérature pour le langage en particulier, présentent une grande variabilité. Ces différences peuvent être imputées à divers facteurs. Certains d'entre eux sont typiquement liés à la construction du protocole expérimental, tels que la tâche et les stimuli utilisés. Étant donné que les tâches destinées à évaluer un processus linguistique donné (e.g. phonologique) peuvent être diverses, cela induit des variations dans la représentation cérébrale. De plus, les différences peuvent provenir également du type de stimuli ou des caractéristiques linguistiques de ces stimuli. Enfin, d'autres facteurs sont liés directement aux sujets d'expérimentation, tels que le genre, la préférence manuelle ou l'âge de sujets. Les effets des facteurs liés au matériel nécessaire à la mise en place du protocole ou propres aux participants à l'expérimentation doit être pris en compte. Ces derniers doivent être évalués au préalable lors d'un travail mené avec une méthodologie comportementale et expérimentale propre à la psychologie cognitive.

LA PROBLÉMATIQUE GÉNÉRALE

Cet article se base sur le travail que nous menons chez les patients épileptiques avec une épilepsie focale et pharmacorésistante, dont l'objectif consiste à évaluer la cartographie langagière par IRMf dans le cadre d'une réorganisation cérébrale pré et post-chirurgicale.

L'épilepsie focale relève d'une anomalie cérébrale régionale structurelle (modification anatomique) et/ou fonctionnelle (dysfonctionnement localisé de l'activité électrique, sans lésion morphologique détectable) qui génère les crises d'épilepsie et porte le nom de zone épileptogène (ZE).

Ce type d'épilepsie peut être pharmacorésistante.
Dans ce cas, la résection chirurgicale de la ZE peut être envisagée.
La présence de la ZE ou sa résection chirurgicale peuvent induire une altération possible des fonctions cognitives (langage, mémoire, motricité, etc.) et une réorganisation (plasticité) des réseaux neuronaux fonctionnels.

Quand le fonctionnement des réseaux neuronaux impliqués dans des processus langagiers et mnésiques est perturbé par la présence de la ZE ou la chirurgie, le patient peut présenter, à côté des crises d'épilepsie générées par le dysfonctionnement cérébral, des troubles de la parole ou de la mémoire. Ceux-ci seraient dus aux atteintes spécifiques des réseaux anatomiques sous-jacents.

L'intérêt de l'étude de ces patients est que, malgré la présence de la ZE au sein des réseaux fonctionnels, ils ne présentent que très rarement des déficits fonctionnels. Cette constatation laisse entendre que des réseaux neuronaux supplémentaires ont pu éventuellement prendre en charge la fonction de ceux dont le fonctionnement est altéré par la présence de la ZE. En d'autres mots, **une réorganisation cérébrale intervient sous l'effet de la ZE et de la chirurgie, induisant ainsi une préservation partielle/totale des fonctions cognitives** (i.e., langage et mémoire).
Par ailleurs, il a été montré que certains facteurs propres à chaque patient

*Laboratoire de Psychologie et Neurocognition, UMR CNRS 5105
Université Pierre Mendès-France, Grenoble, France

(âge du patient, âge de début de crises, genre, préférence manuelle, sclérose hippocampique, etc.) peuvent avoir un rôle important sur la manière dont le cerveau se réorganise (i.e., patterns de réorganisation).

Dans ce contexte, nous proposons d'identifier par IRMf les patterns de réorganisation cérébrale chez ces patients, en fonction des facteurs mentionnés ci-dessus et ce, avant et après chirurgie. Un travail préliminaire a été effectué chez les sujets sains, avec des méthodes comportementales et de neuroimagerie (IRMf) portant sur l'évaluation et de mise en œuvre des protocoles.
C'est à ce niveau que se situe la problématique que nous aimerions développer dans cet article.

L'objectif de ce travail préliminaire consistait en :
• la construction de protocoles d'activation robustes et sensibles pour la réalisation d'une cartographie fonctionnelle ;
• la cartographie fonctionnelle chez les sujets sains (groupe témoins) indispensable pour l'étude de la réorganisation cérébrale.

Concernant ce dernier point, il est nécessaire de connaître les effets des variables liées aux individus pouvant influencer l'organisation cérébrale du langage (i.e., variabilité inter-individuelle). En outre, nous aimerions présenter quelques résultats comportementaux de psychologie cognitive et expérimentale obtenus par notre équipe ou par d'autres équipes, qui complètent les résultats IRMf.

ÉVALUATION EXPÉRIMENTALE DES FACTEURS LIÉS À LA MISE EN PLACE DU PROTOCOLE EXPÉRIMENTAL

On a depuis longtemps mis en évidence une spécialisation hémisphérique pour le langage, avec une prédominance de l'hémisphère gauche (1). Cependant, ce phénomène est complexe et relatif étant donné que l'hémisphère non spécialisé pour le langage (l'hémisphère droit pour la plupart des individus) n'est pas dépourvu de toutes capacités linguistiques (2). En effet, le traitement du langage est la résultante de l'activité de différents sous-systèmes, distribués entre les hémisphères qui échangent de l'information via les fibres commissurales. Il s'agit bien d'un continuum de la participation de chaque hémisphère pour la réalisation d'une tâche de langage déterminée.
La représentation inter- et intra-hémisphérique du langage peut être modulée par plusieurs facteurs.
La compréhension de l'influence de ces facteurs sur la représentation cérébrale du langage peut contribuer à la mise en place de protocoles robustes.

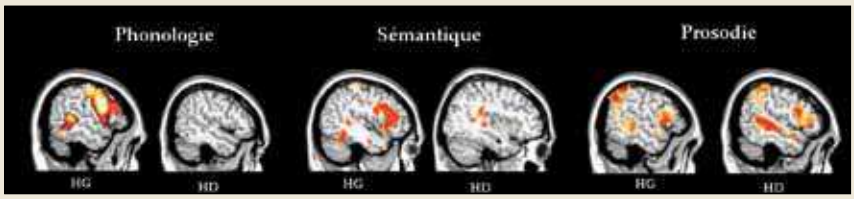

Figure 1 – Cartes fonctionnelles pour trois opérations linguistiques chez un groupe de sujets droitiers (i.e., phonologie, sémantique et prosodie). On observe l'influence de l'opération linguistique sur la représentation inter-hémisphérique. La phonologie induit une participation de l'hémisphère gauche plus importante que la sémantique, la prosodie semble être une opération plus bi-latéralisée que les autres.
Tiré de Perrone-Bertolotti et al. (en préparation).

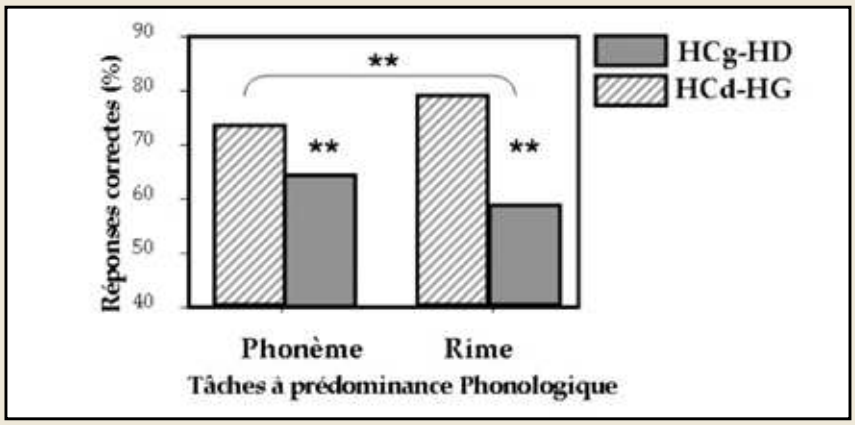

Figure 2 – On peut observer que pour une même opération linguistique la consigne donnée pour réaliser la tâche induit une latéralisation différente. Ainsi, pour ces tâches à prédominance phonologique, le graphique nous montre en termes de performance (% de réponses correctes) l'influence de la consigne de la tâche pour chacun des hémichamps visuels. Bien que les deux tâches induisent un avantage du HCd-HG, la tâche de détection de rime induit une asymétrie hémisphérique plus importante que la tâche de détection de phonème.
D'après Cousin et al. (6).

➤ Influence des caractéristiques liées aux protocoles

Influence de l'opération linguistique

Le langage est constitué par différentes opérations linguistiques telles que :
• la phonologie (le son des mots, ou lorsqu'on fait référence aux mots écrits on parle de conversion grapho-phoné-

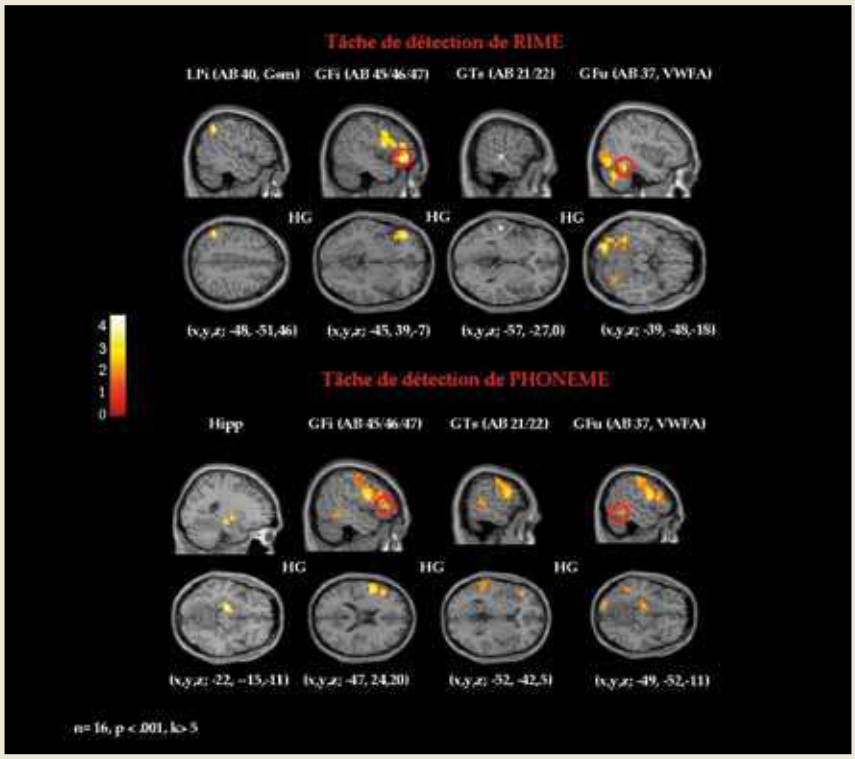

Figure 2 – Cartes fonctionnelles obtenues pendant la tâche de détection de rime (en haut) et pendant la tâche de détection de phonème (en bas) en utilisant le contraste : langage vs. Contrôle. On observe que les deux tâches activent de manière prédominante l'hémisphère gauche (gyrus frontal inférieur - Gfi -, gyrus temporale supérieur - GTs - et inférieur (gyrus fusiforme-GFu). La tâche de détection de rime implique le lobule pariétal inférieur (gyrus supramarginal) tandis que cette activation n'est pas observée dans la tâche de détection de phonème. Cette région jouerait un rôle primordial dans le stockage de l'information phonologique à court terme (18) et représenterait l'aire de stockage phonologique postulée par Baddeley (19). Cette aire serait en lien étroit avec la pars triangularis du gyrus frontal inférieur puisque ces régions se trouvent coactives lorsque les participants réalisent une tâche pour laquelle ils doivent maintenir «on line» une information phonologique pendant une courte période. Ceci constitue la base du cycle perception-action pour la mémoire de travail phonologique (19)..
D'après Cousin et al. (5) et Perrone et al. (10).

mique) ;
• la sémantique (le sens des mots et des phrases) ;
• la syntaxe (les règles de combinaisons des mots) ;
• la prosodie (l'intonation, le rythme du discours oral).

Des études ont mis en évidence que les différentes opérations du langage n'induisent pas la même représentation inter-et intra-hémisphérique *(Fig. 1)*.
Par exemple, il a été montré que les processus phonologiques induisent une latéralisation gauche plus robuste que celle induite par les processus sémantiques (3). Par conséquent, plusieurs tâches ont été conçues pour évaluer ces deux opérations séparément. Il a été suggéré que l'hémisphère non spécialisé ne possèderait pas la capacité de réaliser une conversion graphème-phonème adéquate. Cependant, dans la mesure où il possèderait la capacité de traiter certains types de mots (mots fréquents, courts et concrets), il serait doté de capacités sémantiques.

Les tâches typiquement utilisées pour l'évaluation de la phonologie sont la détection de rime et la détection de phonème (4, 5).
Les tâches typiquement utilisées pour l'évaluation de la sémantique sont les tâches de catégorisation ou de jugement sémantique (5).
Néanmoins, il a été suggéré qu'à l'intérieur d'une même opération linguistique telle que la phonologie, certains facteurs peuvent influencer la représentation au niveau inter- et intra-hémisphérique.

L'exemple de la représentation phonologique du langage

• Influence de la tâche
Une étude réalisée par notre équipe (6) a évalué l'influence de la tâche réalisée (consigne donnée aux participants) à l'intérieur d'une même opération linguistique. Les auteurs ont évalué deux tâches à prédominance phonologique : détection de rime vs détection de phonème. La méthode comportementale de champ visuel divisé (pour revue de la méthode : 7) a mis en évidence une différence de l'asymétrie induite par les tâches utilisées. La tâche de détection de rime (le mot présenté rime avec le son /é/) induit une asymétrie hémisphérique plus importante que la tâche de détection de phonème (i.e., le mot présenté contient le phonème /b/) *(Fig. 2)*.

Ainsi, cette étude nous montre que la spécialisation hémisphérique pour le langage peut varier à l'intérieur d'une même opération linguistique et ce, en fonction de la tâche utilisée pour l'évaluation (voir également : 8).

Les auteurs proposent deux hypothèses en vue de l'explication des résultats.
Premièrement, ils proposent que la réalisation d'une tâche puisse impliquer plusieurs processus. Cela induirait que certaines de ces tâches soient "moins pures" en termes de processus

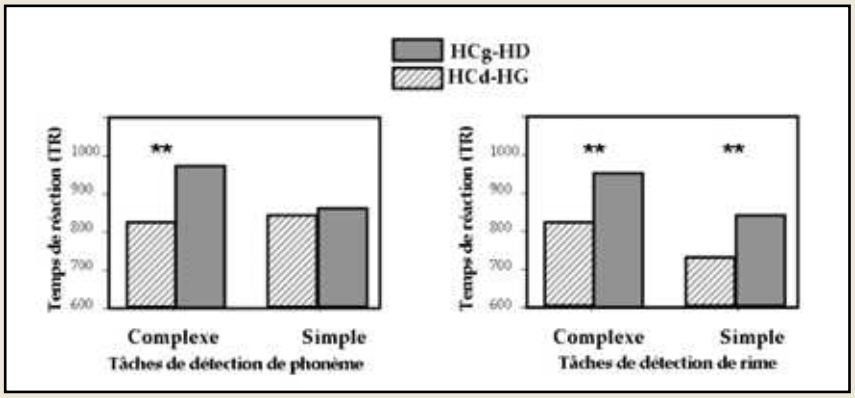

Figure 4 – On peut observer que, pour une même opération linguistique (la phonologie), les deux tâches testées (i.e., détection de rime et détection de phonème) ne sont pas modulées au niveau inter-hémisphérique de la même manière en fonction de la complexité des stimuli. La complexité des stimuli utilisés induisent des participations hémisphériques différentes en fonctions de la tâche réalisée. Ainsi, les graphiques en termes de temps de réponse, montrent que pour la tâche de détection de phonème (graphique de gauche), seulement les stimuli complexes induisent une asymétrie hémisphérique avec un avantage pour le HCd-HG. Pour la tâche de détection de rime (graphique de droite), les deux types de stimuli induisent une asymétrie hémisphérique avec un avantage de HCd-HG.
Tiré de Perrone et al. 2009 (8).

linguistiques évalués. Cela est le cas, par exemple pour la tâche de détection de rime. Cette dernière pourrait, en plus d'un traitement phonologique, exiger un stockage en mémoire à court terme induisant ainsi une participation plus importante de l'hémisphère spécialisé *(Fig. 3)*.

Deuxièmement, les auteurs proposent que la différence d'asymétrie hémisphérique observée soit due aux stimuli utilisés dans chacune des tâches. En effet, les mots se différencient sur plusieurs dimensions psycholinguistiques (e.g, régularité grapho-phonémique ; longueur des mots, fréquence d'apparition, etc.). Il a été suggéré que certaines variables psycholinguistiques peuvent moduler le degré de latéralisation hémisphérique du langage (9).

• Influence des stimuli

Afin de mettre en place des protocoles nous permettant d'induire le processus linguistique spécifique désiré, nous avons réalisé une étude qui nous a permis de sélectionner les tâches et les stimuli adéquats (8). Par exemple, pour les deux tâches à prédominance phonologique (i.e., détection de rime et détection de phonèmes, voir supra), nous avons manipulé la transparence grapho-phonémique des stimuli.

Nous avons ainsi présenté des stimuli pouvant contenir la rime cible ou le phonème cible dans sa forme la moins complexe (e.g, pour le son /o/ le mot « sot » contient la forme écrite simple de ce son) et dans sa forme plus complexe (e.g, pour le son /o/ le mot « saut » contient la forme écrite complexe de ce son). Ainsi, en manipulant cette variable psycholinguistique, nous nous attendons à ce que la tâche qui induit un processus phonologique « pur » (i.e., n'induisant pas un autre traitement accessoire tel que la mémoire à court terme) présente des modifications quant à l'implication hémisphérique. En effet, dans sa forme moins complexe, le son /o/ (comme dans « sot ») peut être reconnu par les deux hémisphères. En effet l'hémisphère non spécialisé peut reconnaître ce stimulus grâce à ses capacités visuo-spatiales. Cependant, la forme plus complexe du son /o/ (comme dans « saut ») peut être uniquement reconnue par l'hémisphère spécialisé puisqu'elle implique une transformation grapho-phonémique réalisable uniquement par cet hémisphère.

Dans la tâche de détection de phonème, nous avons observé une modulation de la participation hémisphérique en fonction de la complexité des stimuli (voir pour des résultats similaires en IRMf (10). Dans la tâche de rime, l'implication hémisphérique ne varie pas en fonction de la complexité des stimuli *(Fig. 4)*.

Ainsi, la tâche de détection de phonème est une tâche plus sensible aux processus phonologiques per se. En contrepartie, la tâche de détection de rime n'implique pas seulement le langage mais aussi la mémoire de travail verbale. Dans ce contexte, la forte implication de l'hémisphère spécialisé lors du jugement de rime pourrait être expliquée par une sommation de ces deux processus fortement latéralisés à gauche. De ce fait, nous recommandons l'utilisation d'une tâche de détection de phonème pour l'évaluation des processus phonologiques.

➤ Influence des caractéristiques liées aux sujets

Influence du sexe/genre des participants

Plusieurs études suggèrent que le sexe des participants peut moduler la latéralisation hémisphérique du langage. Ainsi, l'existence d'une asymétrie moins marquée chez les femmes que chez les hommes est souvent évoquée (11). Dans le même sens, des études en IRMf ont montré que, pour la réalisation d'une tâche de langage, les activations chez les femmes sont plus bilatérales que chez les hommes (12).

Cependant, cette différence inter-individuelle semble être directement liée à l'opération linguistique évaluée (13) et au type de tâche utilisée (8). En effet, une différence entre les hommes

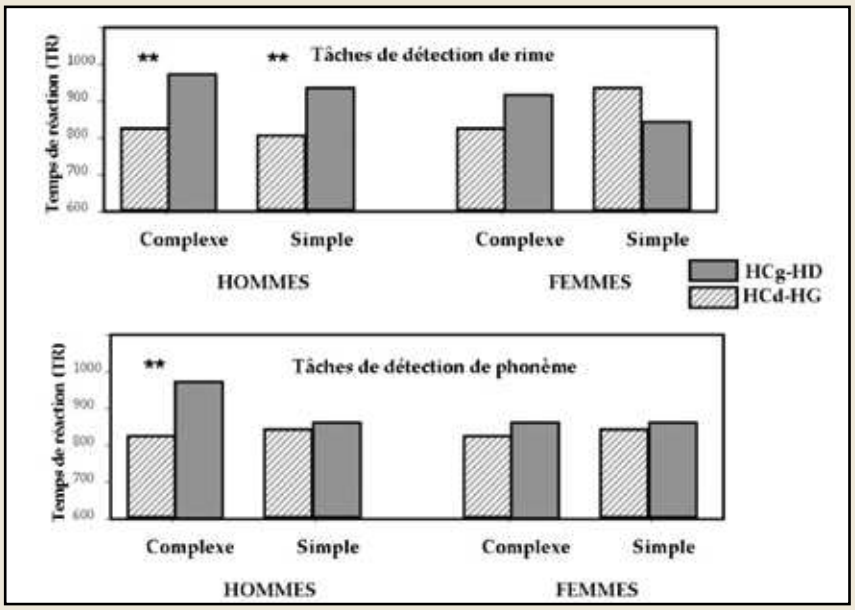

Figure 5 – On peut observer que pour une même tâche (détection de rime - en haut - et détection de phonème - en bas), les temps de réponse en fonction des hémisphères et de la complexité des stimuli n'ont pas le même effet selon le sexe/gendre des participants. Cette étude montre l'importance du choix de la tâche et des stimuli en fonction du sexe/genre des participants. Tiré de Perrone et al. (8).

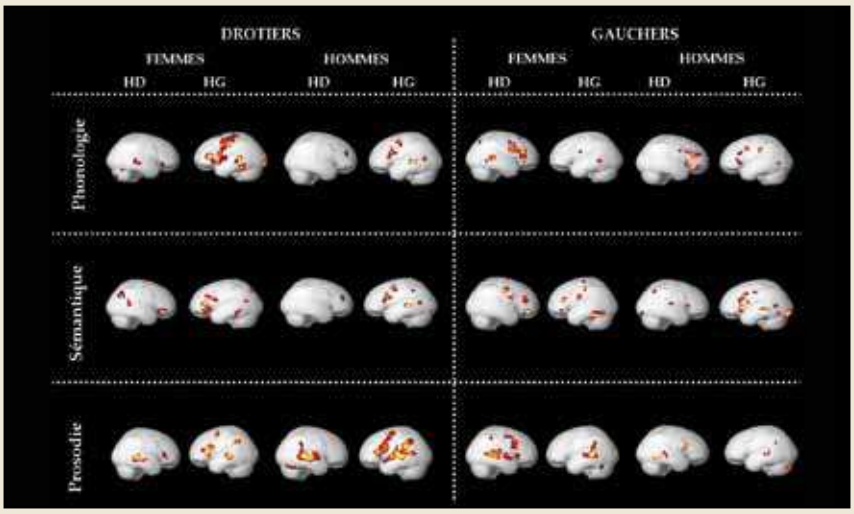

Figure 6 – Activations obtenues pour la tâche de phonologie, pour la tâche de sémantique et pour la tâche prosodique projetées sur des modèles anatomiques 3D. Nous pouvons observer que ces trois opérations linguistiques sont sous-tendues par des réseaux neuronaux très distants bien que des chevauchements peuvent se produire dans certaines régions, telles que le gyrus frontal inférieur et le gyrus temporal supérieur. On peut également observer la grande variabilité existante entre les individus selon leurs caractéristiques pour la réalisation d'une même opération linguistique. Tiré de Perrone-Bertolotti et al. (en préparation).

et les femmes est le plus souvent observée dans des tâches faisant appel aux processus phonologiques (12, 14) alors qu'aucune différence n'est observée lors de la réalisation de tâches faisant appel aux processus lexico-sémantiques. Perrone et al. (8) ont observé que la modulation inter- et intra-hémisphérique par les tâches et les caractéristiques intrinsèques aux stimuli interagit avec le sexe/genre des participants *(Fig. 5)*. En effet, la tâche de détection de phonème induit une différence de latéralisation en fonction des stimuli chez les hommes, mais pas chez les femmes. La tâche de détection de rime n'induit pas une différence de latéralisation en fonction des stimuli et ce, pour les deux sexes. Il faut remarquer que cette différence n'est pas observée en termes de performance mais uniquement en termes de vitesse de traitement, ce qui signifie qu'au niveau de l'efficacité du traitement les deux sexes réalisent aussi bien les tâches.

De plus, une récente étude réalisée par notre équipe (10) met en évidence qu'une différence est également observée au niveau intra-hémisphérique entre les sexes et ce, au niveau du gyrus lingua. Compte tenu de l'implication de cette région dans les processus orthographiques, les auteurs ont suggéré que les femmes semblent faire une analyse plus fine au niveau orthographique et ce, dans une étape précoce du traitement linguistique.

Influence de la latéralisation manuelle

Une relation entre la spécialisation hémisphérique pour le langage et la prévalence manuelle (latéralisation motrice) est souvent évoquée. En effet, 90 % des droitiers sont latéralisés à gauche pour le langage contre seulement 70% des gauchers (15). Ainsi, une plus grande variabilité existerait chez les gauchers (16) quant à la représentation inter-hémisphérique du langage. De plus, la prévalence manuelle interagit avec le sexe des individus *(Fig. 6)*.

Ces exemples suggèrent qu'une attention importante doit être portée aux caractéristiques des individus lors de la cartographie du langage.

CONCLUSION

Pour conclure, les études en psychologie cognitive permettent une meilleure compréhension de l'influence de certains facteurs sur la représentation inter- et intra-hémisphérique du langage. Les études comportementales et de neuroimagerie rendent compte de la complexité de l'organisation anatomo-fonctionnelle du langage et de sa dimension multifactorielle.

Grâce à ces apports, nous pouvons d'une part, proposer une tâche adaptée à chaque patient en prenant en compte leurs caractéristiques individuelles et d'autre part, évaluer la réorganisation anatomo-fonctionnelle (induite par la pathologie et/ou par la chirurgie).

Dans notre travail actuel, nous avons construit trois tâches visant trois processus linguistiques différents (phonologie, sémantique et prosodie). En effet, il a été montré que l'utilisation d'un paradigme combiné de tâches de langage permet l'obtention de résultats plus robustes et plus fiables (17). Nous avons validé l'efficacité de nos paradigmes d'activation chez des sujets sains repartis en quatre groupes témoins en fonction du sexe/genre et de leur latéralité manuelle. Nous avons évalué la variabilité inter-individuelle pour chaque groupe témoin (indispensable pour l'étude de la réorganisation). Chaque patient est ainsi comparé au groupe témoins apparié, ce que nous permet de quantifier et de qualifier la réorganisation anatomo-fonctionnelle.

Remerciements

Nous remercions la Fédération Française pour la Recherche sur l'Epilepsie (FFRE) et le Cluster 11 «Vieillissement, Handicap, Neurosciences» (Région Rhône-Alpes) pour le financement accordé à cette recherche. Nous remercions également le l'équipe « Epilepsie et malaises d'origine neurologique » (EMN) et le Laboratoire de physiopathologie de l'épilepsie (LNPEE) dirigés par le Pr. Philippe Kahane.

Correspondance :
Marcela Perrone-Bertolotti
Laboratoire de Psychologie et Neurocognition, UMR CNRS 5105
Université Pierre Mendès-France, BP47, 38040 Grenoble Cedex 9, France Email: perronemarcela@gmail.com

MOTS-CLÉS :
Epilepsie focale pharmacorésistante, Neuroimagerie, IRM fonctionnelle, Langage, Phonologie, Sémantique, Prosodie, Cartographie, Comportement, Psychologie cognitive, Réseau neuronaux, Chirurgie

BIBLIOGRAPHIE

1. Josse G, Tzourio-Mazoyer N. Hemispheric specialization for language. Brain Res Rev 2004 ; 44 : 1-12.
2. Jung-Beeman M. Bilateral brain processes for comprehending natural language. Trends in Cognitive Sciences 2005 ; 9 : 512-8.
3. Annoni JM. Langage et spécialisation hémisphérique. Revue de Neuropsychologie 2002 ; 12 : 275-317.
4. Baciu M, David O, Pachot-Clouard M et al. The reading of single words and single pseudo-words. An ER-fMRI study. NeuroImage 2001 ; 13 : 499-9.
5. Cousin E, Peyrin C, Pichat C et al. Functional MRI approach for assessing hemispheric predominance of regions activated by a phonological and a semantic task. Eur J Radiol 2007 ; 63 : 274-85.
6. Cousin E, Peyrin C, Baciu M. Hemispheric predominance assessment of phonology and semantics: A divided visual field experiment. Brain Cogn 2006 ; 61 : 298-304.
7. Bourne VJ. The divided visual field paradigm: Methodological considerations. Laterality 2006 ; 11 : 373-93.
8. Perrone M, Cousin E, Baciu A, Baciu M. Modulation de la spécialisation hémisphérique du langage par le degré de transparence grapho-phonémique et le sexe. Etude comportementale en champ visuel divisé. Revue de Neurosychologie 2009 ; 1 : 288-98.
9. Tremblay T, Monetta L, Joanette Y. Hemispheric dynamics during easy and complex phonological processing: An ERP study. Brain Lang 2007 ; 103 : 47-48.
10. Perrone-Bertolotti M, Pichat C, Baciu A et al. Functional MRI evidence for modulation of the cerebral activity by grapheme-to phoneme regularity and gender in French, Journal of Neurolinguistics 2011 ; 24 : 507-20.
11. Clements AM, Rimrodt SL, Abel JR et al. Sex differences in cerebral laterality of language and visuospatial processing. Brain Lang 2006 ; 98 : 150-8.
12. Shaywitz BA, Shaywitz SE, Pugh KR et al. Sex differences in the functional organization of the brain for language. Nature 1995 ; 373 : 607-9.
13. Kansaku K, Kitazawa S. Imaging studies on sex differences in the lateralization of language. Neurosci Research 2001 ; 41 : 333-7.
14. Majeres RL. Sex differences in phonological coding: Alphabet transformation speed. Intelligence 2007 ; 35 : 335-46.
15. Springer JA, Binder JR, Hammeke TA et al. Language dominance in neurologically normal and epilepsy subjects: a functional MRI study. Brain 1999 ; 122 : 2033.
16. Knecht S, Drager B, Deppe M et al. Handedness and hemispheric language dominance in healthy humans. Brain 2000 ; 123 : 2512.
17. Engström M, Ragnehed M, Lundberg P, Söderfeldt B. Paradigm design of sensory-motor and language tests in clinical fMRI. Clinical Neurophysiology 2004 ; 34 : 267-77.
18. Gitelman DR, Nobre AC, Sonty S et al. Language network specializations: an analysis with parallel task designs and functional magnetic resonance imaging. Neuroimage 2005 ; 26 : 975-85.
19. Vigneau M, Beaucousin V, Hervé PY et al. Meta-analyzing left hemisphere language areas: Phonology, semantics, and sentence processing. Neuroimage 2006 ; 30 : 1414-32.
20. Cousin E, Perrone M, Baciu M. Hemispheric specialization for language according to grapho-phonemic transformation and gender. A divided visual field experiment. Brain Cogn 2009 ; 69 : 465-71.