



HAL
open science

Dynamique spatio-temporelle des processus impliqués dans la compréhension et la production du langage

Mireille R Besson, Cheryl French-Mestre

► **To cite this version:**

Mireille R Besson, Cheryl French-Mestre. Dynamique spatio-temporelle des processus impliqués dans la compréhension et la production du langage. 2005. <hal-00003902>

HAL Id: hal-00003902

<https://hal.science/hal-00003902v1>

Preprint submitted on 20 Jan 2005

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.



HAL Authorization

Imagerie cérébrale

Dynamique spatio-temporelle des processus impliqués dans la compréhension et la production du langage

Responsables scientifiques : M. BESSON & C. FRENCK-MESTRE

Mireille BESSON

31- chemin Joseph Aiguier
13402 Marseille Cedex 20
Tel: 04 91 16 43 05 / Fax: 04 91 77 49 69
E-mail: mbesson@lnf.cnrs-mrs.fr

Cheryl FRENCK-MESTRE

Institut de Neurosciences Physiologique et Cognitive
Laboratoire Parole et Langage
59- av. Robert Schuman
13621 Aix-en-Provence Cedex 1
Tel: 04 42 95 37 46 / Fax: 04 42 20 59 05
E-mail: Frenck@univ-aix.fr

Équipes partenaires

- Laboratoire LLACAN, CNRS, Paris
- Laboratoire LATTICE, UMR 8094 du CNRS, ENS, Paris
- Service de Neuroradiologie, Hôpital. La Timone, Marseille
- Dept. of Psychology, Texas A & M. University, College Station TX
- Service de Neurologie et Rééducation Fonctionnelle, Hôpital Pays d'Aix
- Laboratoire de Neurologie Cognitive, CHU La Timone, Marseille

Rappel des enjeux et objectifs

Le projet proposé comprend deux parties centrées sur l'étude des processus impliqués dans la compréhension et dans la production du langage au moyen des méthodes comportementale, électrophysiologique et d'imagerie cérébrale. Deux séries d'expériences sont proposées dans la première partie qui ont pour but de mieux comprendre, d'une part, les relations entre sémantique et syntaxe, et, d'autre part, entre syntaxe et prosodie. La question fondamentale abordée dans ces deux séries d'expériences est de déterminer si ces différents niveaux de traitement sont traités indépendamment ou si, au contraire, la compréhension du langage résulte de la mise en jeu de processus interactifs entre ces différents niveaux. La deuxième partie du projet vise à mettre en évidence le(s) réseau(x) de structures cérébrales sous-jacent(s) à la *production* du langage, lors de l'énonciation réelle de stimuli linguistiques. Il s'agit, en particulier, d'étudier l'impact de la *variabilité* lors de la production verbale, sur l'activation des régions corticales et sous-corticales impliquées dans la production de la parole.

Rappel du calendrier des travaux

Première partie du projet

- Relations entre sémantique et syntaxe : début des expériences IRMf février 2002
- Relations entre prosodie et syntaxe : début des expériences IRMf deuxième semestre 2002
- Écriture des articles correspondants : fin 2002 pour la première série d'expériences et fin 2003 pour la deuxième série

Deuxième partie du projet

- Variabilité dans la production verbale : début des expériences IRMf premier semestre 2002
- Production de phrases ambiguës : début des expériences IRMf deuxième semestre 2002
- Écriture des articles correspondants : fin 2002 pour la première série d'expériences et fin 2003 pour la deuxième série

État d'avancement à mi-parcours (septembre 2002)

Première partie du projet : relations sémantique et syntaxe

Afin de déterminer si traitements sémantique et syntaxique sont réalisés indépendamment ou en interaction, nous avons mis au point une première expérience dans laquelle des phrases, comprenant trois groupes de mots, étaient présentées visuellement. Les phrases étaient : 1) sémantiquement et syntaxiquement congruentes (e.g., « La concierge a colporté un ragot »), 2) syntaxiquement incongrues mais sémantiquement congruentes (e.g., « La concierge a bavardé un ragot »), 3) sémantiquement incongrues mais syntaxiquement congruentes (e.g., « La concierge a torturé un ragot ») et 4) sémantiquement et syntaxiquement incongrues (e.g., « La concierge a végété un ragot »). Nous avons analysé les Temps de Réaction (TRs) et le pourcentage de réponses correctes, et nous avons enregistré les Potentiels Évoqués (PEs) par le dernier mot de la phrase dans chacune des quatre conditions expérimentales. Sans entrer dans le détail de ces résultats qui ont été présentés à différents colloques et qui sont en cours de rédaction (Magne, Besson, Charolles, Robert, en préparation), il est clair que le contexte sémantique de la phrase, lorsqu'il est congruent aide à résoudre le problème posé par l'incongruité syntaxique (condition 2). Ces résultats vont donc dans le sens d'une forte interaction entre traitements sémantique et syntaxique.

Sur la base de ces résultats, nous avons mis au point une expérience utilisant la méthode d'Imagerie par Résonance Magnétique fonctionnelle (IRMf) pour localiser les aires cérébrales impliquées dans les traitements sémantique et syntaxique. Afin d'être en mesure de comparer les résultats entre les différentes expériences, nous avons utilisé le même matériel linguistique et les mêmes conditions expérimentales que dans l'expérience basée sur l'utilisation de la méthode des PEs. En outre, comme dans l'expérience précédente, les sujets avaient pour tâche de lire des phrases présentées visuellement, en trois groupes de mots, et de décider si la phrase était sémantiquement et syntaxiquement acceptable. Enfin, nous avons utilisé un protocole événementiel ce qui nous permettait de présenter, au sein d'un même bloc d'essais, des phrases appartenant à des conditions expérimentales différentes. À cause de contraintes méthodologiques liées à l'analyse de la réponse hémodynamique, nous avons utilisé un protocole événementiel lent, c'est-à-dire qu'un intervalle de 15 secondes sépare la présentation de deux phrases successives. Ce type de protocole présente néanmoins deux types d'inconvénients auxquels nous avons été rapidement confrontés. D'une part, le sujet qui participe à ces expériences s'ennuie terriblement à cause du rythme trop lent de présentation des stimuli et il n'est donc pas dans des conditions normales de lecture. D'autre part, le nombre de stimuli qui peut être présenté est limité, et le rapport signal sur bruit n'est par conséquent pas très élevé, ce qui nuit à la qualité des données enregistrées.

Après avoir analysé les données obtenues chez quatre sujets pilotes, nous avons donc décidé d'utiliser un protocole événementiel rapide, ce qui était possible grâce aux avancées méthodologiques réalisées au sein du centre IRMf de Marseille. Nous pouvions donc présenter un nombre plus élevé de stimuli et nous espérons obtenir ainsi un meilleur

rapport signal sur bruit. Six sujets ont participé à cette nouvelle version de l'expérience. En accord avec la littérature, les résultats montrent, dans chaque condition, une activation du gyrus frontal inférieur gauche, des régions temporales gauches et droites, des aires motrices bilatéralement (la réponse donnée par la main droite ou la main gauche était contrebalancée à travers les sujets) et des aires occipitales. Cependant, une activation différentielle du gyrus frontal inférieur gauche n'est présente que lorsqu'on compare la condition de simple incongruité syntaxique et la condition de complète congruence. Les comparaisons entre les autres conditions expérimentales ne révèlent aucun effet différentiel.

Notons toutefois que ces premières analyses ont été conduites sans prendre en compte la réponse du sujet. Or, comme dans l'expérience utilisant la méthode des PEs, les résultats obtenus au niveau des TRs et du pourcentage de réponses correctes indiquent que la condition de simple incongruité syntaxique est celle qui donne lieu aux TRs les plus longs et aux pourcentages de réponses fausses le plus élevé. Cette condition est donc la plus difficile, ce qui relèverait d'un effet d'interférence entre congruence sémantique et incongruence syntaxique. En d'autres termes, bien que la phrase soit syntaxiquement incongrue (ajout d'un complément d'objet direct après un verbe intransitif), le sujet a néanmoins tendance à répondre qu'elle est acceptable parce qu'elle est sémantiquement congruente.

Nous avons alors ré-analysé les données IRMf en prenant en compte la réponse des sujets. Lorsque les réponses sont correctes, les différentes comparaisons entre conditions expérimentales ne révèlent aucun effet différentiel. En revanche, lorsque les réponses sont incorrectes, on retrouve une activation du gyrus frontal inférieur gauche plus forte dans la condition de simple incongruité syntaxique que dans la condition de complète congruence.

En résumé, les effets différentiels observés ne semblent donc pas directement liés au traitement syntaxique en tant que tel, mais plutôt à la complexité du traitement requis pour effectuer la tâche. En effet, l'activation semble toujours plus grande dans la condition expérimentale qui conduit aux TRs les plus lents et au taux d'erreur le plus élevé. Ces résultats nous conduisent donc à formuler une nouvelle hypothèse. Le gyrus frontal inférieur gauche et l'aire de Broca ne seraient pas spécifiquement impliqués dans le traitement syntaxique, mais seraient plutôt activés lors du traitement de séquences complexes, hiérarchiquement organisées. En outre, ce type de traitement pourrait être indépendant de la nature linguistique des stimuli. Nous sommes actuellement en train de mettre au point une expérience visant à tester cette nouvelle hypothèse.

Deuxième partie du projet :

étude de la production de la parole par l'Imagerie par Résonance Magnétique Fonctionnelle

Parmi les différentes régions impliquées dans la production du langage parlé, il convient de citer le ganglion de la base (Wildgruber et al., 2000) le cervelet (Ackermann et al., 2000; Kent, 2000), le gyrus temporal postérieur et supérieur (Hickok

et al., 2000), les aires pré-motrices et motrices primaires (BA6 et BA4; Ackermann et al., 1998; 2000), l'aire de Wernicke, et le cortex pré-frontal (Buckner et al., 1995). Ces régions semblent s'organiser en réseau (x) qui serait (en) t responsables de la production du langage parlé. Toutefois, il est d'ores et déjà clair que la variabilité au niveau de la production de la parole entraîne des différences au niveau de l'activation des structures cérébrales. Par exemple, le taux de production de syllabes (lent versus rapide) influence l'implication des régions corticales versus sous-corticales (Ackermann et al., 2001). La production interne par rapport à l'énonciation réelle des stimuli distingue également les régions impliquées dans le traitement, notamment l'insula. Par ailleurs, le caractère lexical versus non-lexical des stimuli à lire à haute voix influence le degré de latéralisation de la réponse hémodynamique (Van Borsel et al., 2001).

Cette question de l'impact de la variabilité lors de la production du langage sur les régions corticales et sous-corticales impliquées peut également être abordée par l'étude des individus bilingues. En effet, certains résultats suggéreraient que le degré d'activation de certaines régions sous-corticales, notamment le putamen, varie selon que le sujet bilingue énonce des mots de sa première ou seconde langue (Klein et al., 1994). Or ce résultat n'a pas été systématiquement confirmé (cf. Klein et al., 1995 mais aussi Klein et al., 2001). La première étude du présent projet de recherche, actuellement en cours, porte justement sur l'étude de la variabilité en ce qui concerne l'activation corticale et sous-corticale lors de la production en langue maternelle et seconde du locuteur.

Dans cette première étude (Frenck-Mestre et al., 2002), nous avons étudié 12 sujets bilingues, dont la moitié des bilingues « précoces » qui ont appris leurs deux langues simultanément depuis la naissance et l'autre moitié des bilingues « tardifs » qui ont appris d'abord leur langue maternelle, puis leur langue seconde à partir de l'âge de 14 ans. Ces deux groupes de sujets bilingues se différenciaient principalement de par leur compétence au niveau de la phonologie/prosodie : alors que les bilingues précoces possédaient tous un accent « natif » dans chacune de leurs langues, les bilingues tardifs n'avaient d'accent « natif » que dans leur langue maternelle. L'objet de cette étude est de déterminer dans quelle mesure cette différence comportementale entre les bilingues précoces et tardifs est liée à une représentation différente au niveau cortical et/ou sous-cortical des réseaux responsables de la production langagière. En effet, les études en imagerie réalisées jusqu'au présent chez le sujet bilingue ne permettent pas

d'aborder la question du rôle de la situation d'apprentissage car elles n'ont étudié que des sujets bilingues tardifs.

Nous avons construit, en collaboration avec des chercheurs phonéticiens, un matériel linguistique qui couvrait le répertoire des phonèmes du français d'une part et de l'anglais d'autre part. Ce matériel était composé de mots isolés, de fréquence lexicale moyenne et compris entre 1 et 3 syllabes, qui comportaient l'ensemble des phonèmes de l'une ou de l'autre langue. Nos sujets devaient lire à voix haute ces stimuli qui étaient présentés individuellement et regroupés par langue alors que leur activité cérébrale était enregistrée par le biais de l'imagerie par résonance magnétique.

Nos premiers résultats révèlent une activation en réseaux de plusieurs régions corticales et sous-corticales chez le sujet bilingue qui reproduit celle obtenue dans des études monolingues récentes. Or, l'hypothèse avancée par Klein et al. (1994) selon laquelle le degré d'activation du putamen gauche, qui serait impliqué dans l'exécution de programmes moteurs complexes automatisés telle la parole, serait plus important en langue seconde qu'en langue maternelle n'est pas étayée par nos résultats. Chez le sujet bilingue tardif, nous ne retrouvons pas d'activation importante du putamen, quelle que soit la langue produite (notons qu'un recensement des résultats récents en IRMf lors de la production de la parole montre que l'activation du putamen n'est pas systématiquement retrouvée, que ce soit chez le sujet monolingue ou bilingue). Par ailleurs, le niveau d'activation des autres régions, que ce soit le cervelet, l'insula, ou le cortex moteur ne semble pas se différencier selon que le sujet bilingue produit des mots de sa langue maternelle ou seconde. Ainsi, nos résultats mettent en évidence un chevauchement quasi parfait des régions impliquées dans la production de la parole en langue maternelle et seconde chez ces sujets bilingues. Le même résultat s'avère être vrai chez les sujets bilingues précoces. L'activité cérébrale observée dans ce dernier groupe de bilingues était de même amplitude et concernait les mêmes régions dans l'une et l'autre des deux langues apprises précocement. Ainsi, la situation d'apprentissage, simultanée ou successive des deux langues, ne semble pas avoir d'incidence sur le réseau cérébral responsable de la production de la parole.

Nous travaillons actuellement de manière détaillée sur les données obtenues chez chacun des sujets bilingues individuellement. Ces analyses des « régions d'intérêt » nous permettront de déterminer avec exactitude le degré de chevauchement des deux langues en ce qui concerne la production orale, selon que les deux langues ont été apprises tôt ou pas.

Programme de travail prévu pour l'année 2003

Première partie du projet

L'expérience que nous mettons au point actuellement afin de tester l'hypothèse selon laquelle le gyrus frontal inférieur gauche serait activé par la complexité du traitement requis plutôt que par sa nature syntaxique, devrait être réalisée entre la fin de l'année 2002 et le début de l'année 2003. Nous espé-

rons analyser les données au cours du premier semestre 2003 et être en mesure de rédiger les publications correspondantes au cours du deuxième semestre 2003.

En parallèle, nous construisons le matériel et le protocole expérimental visant à cerner les relations entre prosodie et syntaxe au moyen des PEs et de l'IRMf.

Deuxième partie du projet

La fin de l'année 2002 sera consacrée à la rédaction des publications liées aux premiers résultats que nous avons obtenus en comparant sujets bilingues précoces et tardifs. Dès le début de l'année 2003, nous mettrons au point l'expérience visant à mieux comprendre les réseaux de structures cérébrales qui

sont activés dans la production d'énoncés structurellement simples ou ambigus. Les résultats devraient être disponibles à la fin du premier semestre 2003 ce qui nous permettra d'analyser les données et d'écrire les articles correspondants au cours du deuxième trimestre 2003.

Publications issues du projet

Résumés publiés

Magne, C., Besson, M., Robert, S., & Charolles, M. « Semantic and syntax: a combined ERPs and fMRI approach », *NeuroImage* (2002).

Besson, M., Magne, C., Robert, S., & Charolles, M. « Semantics and Syntax: An ERPs study ». A supplement of the *Journal of Cognitive Neuroscience*, mai 2001