

Avis de Soutenance

Monsieur Isaiïh MOHAMED

Biologie-Santé - Spécialité Neurosciences

Soutiendra publiquement ses travaux de thèse intitulés

Lier la coordination verbale et les dynamics neurales

dirigés par Monsieur Daniele SCHON et Monsieur Leonardo LANCIA

Soutenance prévue le **mardi 02 juillet 2024** à 14h00

Lieu : 27 boulevard Jean Moulin 13005 Marseille

Salle : de thèse 2

Composition du jury proposé

M. Daniele SCHON	Institut de Neurosciences des Systèmes	Directeur de thèse
Mme Stéphanie RIÈS	San Diego University	Rapporteuse
Mme Sonja KOTZ	Maastricht University	Rapporteuse
M. Leonardo LANCIA	Laboratoire Parole et Langage	Co-directeur de thèse
Mme Anaïs LLORENS	Institut de Psychiatrie et Neurosciences de Paris (IPNP - UMR 1266, INSERM/Univ. Paris Cité)	Invitée

Mots-clés : coordination verbale, dynamiques neurales, alignement interactif, approche d'action conjointe, production de la parole, perception de la parole

Résumé :

Notre utilisation du langage est profondément sociale par nature, se déroule essentiellement dans des contextes d'interaction et est façonnée par des dynamiques de coordination précises que les interlocuteurs doivent respecter. Ainsi, le langage en interaction exige un ajustement rapide de la production de la parole. Dans cette thèse, l'objectif est de lier la coordination verbale et les dynamiques neurales. Pour cela, nous avons développé un partenaire virtuel fondé sur un modèle à oscillateurs couplés en temps réel qui permet de moduler sa capacité à synchroniser sa parole avec celle d'un locuteur. Ceci conduit à une adaptation mutuelle dynamique des productions verbales. Nous avons ensuite enregistré l'activité cérébrale intracrânienne de 16 patients atteints d'épilepsie pharmaco-résistante pendant qu'ils effectuaient une tâche de coordination verbale avec le partenaire virtuel (VP). En l'occurrence, les patients devaient répéter de courtes phrases de manière synchrone avec le partenaire virtuel. Cette tâche de parole synchronisée interactive est efficace pour mettre en évidence les voies dorsales et ventrales du langage. Deuxièmement, la combinaison de la coordination verbale et de l'activité neuronale résolue dans le temps montre des motifs d'activité plus spatialement différenciés et différents types de sensibilité neuronale le long de la voie dorsale, des activités basse fréquence jusqu'aux activités à haute fréquence. Plus précisément, quatre

régions d'intérêt dans l'hémisphère gauche montrent une forte implication, à savoir le gyrus temporal supérieur (STG BA41/42 et BA22), le lobule pariétal inférieur (IPL BA 40) et le gyrus frontal inférieur (IFG BA44). Troisièmement, l'activité à haute fréquence dans les régions auditives secondaires est très sensible à la dynamique de coordination verbale, alors que les régions primaires ne le sont pas. Enfin, l'activité à haute fréquence de l'IFG BA44 indexe spécifiquement les ajustements de coordination qui sont continuellement nécessaires pour compenser la déviation de la synchronisation. Ce dernier point souligne la relation entre les capacités de coordination et les circuits anatomiques de l'IFG ainsi que sa dynamique neurale montrant qu'elle joue un rôle important dans les ajustements temporels de la parole qui sont nécessaires pour se synchroniser à un signal de parole externe. Nos résultats obtenus grâce à la tâche de parole synchronisée interactive soulignent une nécessité pour les modèles du contrôle moteur de la parole de tenir compte des influences des entrées de parole externe sur les processus sensorimoteurs pendant la production de la parole. De plus, l'utilisation de la parole synchronisée peut offrir une contribution dans la recherche clinique concernant la cartographie fonctionnelle de la production du langage, en particulier sur les processus de coordination de la parole et ainsi réduire les risques postopératoires de développer des troubles du langage.

LE DOYEN
George LEONETTI

Résumé

Notre utilisation du langage est profondément sociale par nature, se déroule essentiellement dans des contextes d'interaction et est façonnée par des dynamiques de coordination précises que les interlocuteurs doivent respecter. Ainsi, le langage en interaction exige un ajustement rapide de la production de la parole.

Dans cette thèse, l'objectif est de lier la coordination verbale et les dynamiques neurales. Pour cela, nous avons développé un partenaire virtuel fondé sur un modèle à oscillateurs couplés en temps réel qui permet de moduler sa capacité à synchroniser sa parole avec celle d'un locuteur. Ceci conduit à une adaptation mutuelle dynamique des productions verbales. Nous avons ensuite enregistré l'activité cérébrale intracrânienne de 16 patients atteints d'épilepsie pharmaco-résistante pendant qu'ils effectuaient une tâche de coordination verbale avec le partenaire virtuel (VP). En l'occurrence, les patients devaient répéter de courtes phrases de manière synchrone avec le partenaire virtuel. Cette tâche de parole synchronisée interactive est efficace pour mettre en évidence les voies dorsales et ventrales du langage. Deuxièmement, la combinaison de la coordination verbale et de l'activité neuronale résolue dans le temps montre des motifs d'activité plus spatialement différenciés et différents types de sensibilité neuronale le long de la voie dorsale, des activités basse fréquence jusqu'aux activités à haute fréquence. Plus précisément, quatre régions d'intérêt dans l'hémisphère gauche montrent une forte implication, à savoir le gyrus temporal supérieur (STG BA41/42 et BA22), le lobule pariétal inférieur (IPL BA 40) et le gyrus frontal inférieur (IFG BA44). Troisièmement, l'activité à haute fréquence dans les régions auditives secondaires est très sensible à la dynamique de coordination verbale, alors que les régions primaires ne le sont pas. Enfin, l'activité à haute fréquence de l'IFG BA44 indexe spécifiquement les ajustements de coordination qui sont continuellement nécessaires pour compenser la déviation de la synchronisation. Ce dernier point souligne la relation entre les capacités de coordination et les circuits anatomiques de l'IFG ainsi que sa dynamique neurale montrant qu'elle joue un rôle important dans les ajustements temporels de la parole qui sont nécessaires pour se synchroniser à un signal de parole externe.

Nos résultats obtenus grâce à la tâche de parole synchronisée interactive soulignent une nécessité pour les modèles du contrôle moteur de la parole de tenir compte des influences des entrées de parole externe sur les processus sensorimoteurs pendant la production de la parole. De plus, l'utilisation de la parole synchronisée peut offrir une contribution dans la recherche clinique concernant la cartographie fonctionnelle de la production du langage, en particulier sur les processus de coordination de la parole et ainsi réduire les risques postopératoires de développer des troubles du langage.

Mots-clés : coordination verbale, adaptation mutuelle, dynamique neurale, perception/production de la parole, gyrus frontal inférieur.

Abstract

Language is one of the richest and most complex functions in human beings. Our use of language, which is profoundly social in nature, essentially takes place in interactive contexts and is shaped by precise coordination dynamics that interlocutors must observe. Thus, language interaction is high demanding on fast adjustment of speech production.

In the present PhD thesis, we aim to bridge verbal coordination and neural dynamics. In this purpose, we developed a real-time coupled-oscillators virtual partner that allows – by changing the coupling strength parameters – to modulate its ability to synchronize speech with a speaker. This leading to a dynamic mutual adaptation of verbal productions. Then, we recorded the intracranial brain activity of 16 patients with drug-resistant epilepsy while they performed a verbal coordination task with the virtual partner (VP). More precisely, patients had to repeat short sentences synchronously with the VP. This interactive synchronous speech task is efficient to highlight both the dorsal and ventral language pathways. Secondly, combining time-resolved verbal coordination and neural activity shows more spatially differentiated patterns and different types of neural sensitivity along the dorsal pathway from low to high frequency activity. More precisely, four regions of interest in the left hemisphere show strong involvement, namely the superior temporal gyrus (STG BA41/42 and BA22), the inferior parietal lobule (IPL BA 40) and the inferior frontal gyrus (IFG BA44). Thirdly, high-frequency activity in secondary auditory regions is highly sensitive to verbal coordinative dynamics, while primary regions are not. Finally, the high frequency activity of the IFG BA44 specifically indexes the online coordinative adjustments that are continuously required to compensate the deviation from synchronization. This latter point emphasizes the relation between coordination abilities and anatomical circuitry of the IFG to the neural dynamics of this same region, showing that it plays an important role in the temporal adjustment of speech that are necessary to synchronize to external speech.

Overall, our results obtained through the interactive synchronous speech task highlight a necessity for speech motor control models to incorporate the influences of external speech inputs on sensorimotor processes during speech. Moreover, the use of synchronous speech could offer a new avenue in clinical research to contribute to the functional mapping concerning speech production, more specifically speech coordination processes and thus reduce postoperative risks of developing language impairments.

Keywords : verbal coordination, mutual adaptation, neural dynamics, speech perception/production, inferior frontal gyrus