



UNIVERSITÉ
DE LORRAINE



DÉPARTEMENT
D'ORTHOPHONIE
NANCY
Faculté de Médecine

Faculté de Médecine

Département d'orthophonie

Université de Lorraine

CARE

STEPHANIE

UE 6.9

2020-2021

RAPPORT DE STAGE

SENSIBILISATION A LA RECHERCHE :

*Procédure pour le développement d'un projet de
recherche concernant le lien fonctionnel entre le langage
et la motricité*

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier toutes les personnes qui ont contribué au succès de mon stage.

Tout d'abord, j'adresse mes remerciements chaleureux à Victor Frak qui a accepté de m'accueillir au sein de son laboratoire à l'UQAM à Montréal et de m'intégrer à ses projets de recherche concernant les liens fonctionnels entre le langage et la motricité. Bien que le projet initial ait dû être adapté en raison de la fermeture de l'établissement pour des raisons sanitaires, je le remercie d'avoir accédé à ma demande de réaliser ce stage de sensibilisation à la recherche à distance. Sa bienveillance, sa pédagogie, son enthousiasme et son envie de partager ses connaissances m'ont aidé tout au long de cette expérience.

Je remercie également David Labrecque qui m'a accompagné au quotidien concernant la partie sur l'extraction et l'analyse des données. Je le remercie pour sa patience, sa pédagogie, sa gentillesse.

PLAN

REMERCIEMENTS	2
PLAN	3
RAPPORT DE STAGE	4
I. REVUE DE LA LITTÉRATURE SCIENTIFIQUE OU INITIATION A LA RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE.....	5
1. ARTICLE “GRIP FORCE IS PART OF THE SEMANTIC REPRESENTATION OF MANUAL ACTION VERBS” FRAK,V., NAZIR,T., GOYETTE,M., COHEN,H., JEANNEROD,M., (2010).....	5
2. GRIP FORCE REVEALS THE CONTEXT SENSITIVITY OF LANGUAGE-INDUCED MOTOR ACTIVITY DURING ‘ACTION WORDS’ PROCESSING: EVIDENCE FROM SENTENTIAL NEGATION (GRIP FORCE MODULATION BY ACTION WORD CONTEXT). ARAVENA,P.,ET AL (2012).	7
3. MANUAL ACTION VERBS MODULATE THE GRIP FORCE OF EACH HAND IN UNIMANUAL OR SYMMETRICAL BIMANUAL TASKS LUIS DA SILVA, R.ET AL, (2018)	8
4. PORTABLE DEVICE VALIDATION TO STUDY THE RELATION BETWEEN MOTOR ACTIVITY AND LANGUAGE: VERIFY THE EMBODIMENT THEORY THROUGH GRIP FORCE MODULATION. LABRECQUE, D.ET AL, (2016).....	11
5. ASSESSING LANGUAGE-INDUCED MOTOR ACTIVITY THROUGH EVENT RELATED POTENTIALS AND THE GRIP FORCE SENSOR, AN EXPLORATORY STUDY. PÉREZ-GAY JUÁREZ,F ET AL., (2019).....	12
6. FEELING BETTER: TACTILE VERBS SPEED UP TACTILE DETECTION. BOULENGER,V.ET AL, (2020).	14
II. PROCEDURE DE RECRUTEMENT DES PARTICIPANTS D’UNE EXPERIENCE	16
1. CHOIX DES CRITERES D’EXCLUSION ET D’INCLUSION	16
2. CALCUL DU NOMBRE DE SUJETS NECESSAIRES	17
3. ÉTAPES DU PROJET DE RECHERCHE	17
III. EXTRACTION ET ANALYSE DES DONNEES	18
1. PRESENTATION DE L’ETUDE MENEES PAR DAVID LABRECQUE.....	18
2. DESCRIPTIF DU TRAVAIL D’EXTRACTION DES DONNEES	18
3. ANALYSE STATISTIQUE	19
4. RESULTATS PRELIMINAIRES DE L’ANALYSE STATISTIQUE.....	20
CONCLUSION	21
BIBLIOGRAPHIE	22

RAPPORT DE STAGE

INTRODUCTION

Initialement, le projet que je devais intégrer concernait des adolescents porteurs d'autisme.

Mais, compte tenu des mesures sanitaires qui interdisaient tout contact avec des participants, ce projet a dû être repoussé.

Il m'a donc été proposé de rejoindre l'équipe chargée d'un projet étudiant la modulation de la force de préhension de la main gauche exclusivement chez des enfants et des adolescents à l'écoute de stimuli auditifs de mots d'action et de non-action.

Ce projet m'a enthousiasmé car le thème principal autour du lien fonctionnel entre le langage et la motricité était conservé. De plus, il s'agit d'un domaine dans lequel les connaissances ne cessent d'être approfondies et elles évoluent très vite.

Je développerai mes missions qui se répartissaient selon deux axes.

D'une part, la lecture de publications scientifiques sélectionnées avec soin par V. Frak en lien avec le thème du projet étudié pour me donner la meilleure vue d'ensemble sur la question. Cette lecture m'a permis d'augmenter progressivement mes connaissances dans ce domaine très spécifique et d'approfondir cet exercice qui me sera indispensable dans ma future pratique professionnelle. Cette lecture donnait lieu à des échanges hebdomadaires pour s'assurer de ma compréhension et elle prenait ensuite la forme d'une synthèse que je devais rédiger pour chaque article. Ces entretiens ont aussi été l'occasion d'évoquer l'étape essentielle de recrutement des participants d'une expérience que j'aborderai succinctement.

D'autre part, un long travail préliminaire d'extraction et d'analyse de données.

I. Revue de la littérature scientifique ou initiation à la recherche bibliographique

Dans la vie courante, nous avons l'habitude de considérer le langage et la motricité comme deux fonctions essentielles mais cultivant une certaine indépendance, excepté dans le cas spécifique que présente la langue des signes ou lorsque la gestuelle accompagne nos paroles.

Le langage peut se définir comme la faculté de communiquer à travers un système de signes oraux, écrits ou gestuels. La motricité désigne la fonction des mouvements corporels volontaires, réflexes ou automatiques assurée par l'appareil neuromusculaire.

Le fonctionnement cérébral n'a pas encore révélé tous ses secrets. La recherche scientifique a permis de faire la lumière sur les liens étroits que partagent le langage et la motricité. Après avoir démontré l'implication des structures motrices dans le traitement du langage, de nouvelles études ont désiré comprendre la manière dont le cerveau traite le sens des mots.

Une synthèse des différentes lectures d'articles menées sur ce thème se propose de donner un aperçu de la progression des avancées considérables des connaissances. Pour être en adéquation avec la réalité, j'ai fait le choix de les présenter chronologiquement en prenant en compte leur date de publication.

1. Article "Grip Force is Part of the Semantic Representation of Manual Action Verbs" Frak,V., Nazir,T., Goyette,M., Cohen,H., Jeannerod,M., (2010).

Les connaissances sur le système cérébral ont été acquises lentement et elles ont longtemps reposé sur une approche du modèle lésionnel.

Les dommages observables suite à des lésions cérébrales et la fonctionnalité parallèle entre le langage et la motricité évoquent un fort lien que partageraient les domaines langagier et moteur. Liepmann et Geschwind ont mis en évidence un trouble d'association entre les différentes zones cérébrales provoquant un problème de communication entre le langage et la motricité, en s'appuyant sur les phénomènes de la sympathetic apraxia (trouble sémantique du mouvement) et de la dyspraxie articulaire (dissociation entre le langage et la motricité), tous deux situés en zone frontale du cerveau.

En effet, plusieurs études ont démontré le traitement qui s'opère en parallèle au niveau cérébral entre des verbes d'action et les actions motrices correspondantes. Ceci est corroboré par le modèle somatotopique (Hauck), puis par le modèle Hebbien proposé par Pulvermüller

en 2005 qui ont démontré la synchronisation neuronale à distance dans le cadre de l'activité motrice.

Les régions frontales et pariétales sont liées avec l'aire motrice primaire (M1). La région intra pariétale antérieure (AIP) joue un rôle essentiel dans la sémantique du mouvement des mains. La représentation de l'image verbale ou du contenu sémantique exprimée sous le terme de simulation de l'action est indispensable à la compréhension du contenu du message linguistique.

Jusqu'à présent, les études se basaient sur les potentiels évoqués auditifs (PEA) et des stimuli visuels. L'aspect novateur de la présente étude réalisée en 2010 est de mesurer en temps réel la force de préhension de la main en utilisant des stimuli auditifs grâce à un dispositif innovant. Le rôle prédominant de l'hémisphère controlatéral à la main a l'avantage de proposer un résultat plus stable et plus réaliste que l'épaule faisant intervenir l'hémisphère droite et gauche.

L'objectif est d'étudier la façon et le moment dont l'écoute de mots liés à l'action manuelle peut modifier la force de préhension.

Cette étude s'est basée sur des exigences méthodologiques élevées et coûteuses. Le matériel utilisé a pris la forme d'un cylindre pour optimiser la prise entre le pouce et l'index. Il contenait à l'intérieur un capteur de force en 3D qui au final n'était pas nécessaire (un seul axe suffisait à l'enregistrement des données). Ces critères de choix expliquent la taille et les caractéristiques de l'échantillon : 6 participants adultes droitiers et monolingues français.

Ceux-ci ont été soumis à l'écoute d'une liste de 35 noms et 35 verbes en lien avec l'action de la main ou du bras. Ces mots présentés les mêmes caractéristiques en termes de fréquence, nombre de lettres, syllabes ...). Pour s'assurer de l'attention des sujets, la consigne a été donnée de compter le nombre de répétitions du mot cible en silence tout en maintenant la prise de l'objet cylindrique dans la main droite, les yeux fermés.

Les résultats ont montré une différence de force de préhension de capteur selon qu'il s'agissait de verbes ou de noms. Les sujets ont appuyé plus fort à l'écoute de verbes d'action en lien avec la main. On a observé une augmentation de l'amplitude de force 100 ms à l'écoute des verbes, qui s'est accentuée à 260 ms puis a chuté à 380 ms.

Ces résultats démontrent la complémentarité des deux hypothèses avancées dans le domaine de l'activité motrice et du langage. La première est l'obligation de simuler l'action motrice pour la compréhension du verbe d'action correspondant. L'activation motrice ferait donc partie intégrante de la compréhension sémantique au niveau post lexical. La deuxième

hypothèse proposée par Pulvermüller et ses collaborateurs est que l'activation motrice des verbes d'action serait liée au traitement lexico sémantique.

Cela démontre un rôle plus important de l'aire motrice primaire qui était exclusivement reliée à l'activité motrice. La M1 serait aussi déterminante dans la compréhension sémantique.

L'approche novatrice de cette étude offre de belles perspectives d'étude du langage et de la motricité aussi bien chez des sujets sains que chez les sujets présentant des dysfonctionnements moteur ou langagier.

2. Grip Force Reveals the Context Sensitivity of Language-Induced Motor Activity During 'Action Words' Processing: Evidence from Sentential Negation (Grip Force Modulation by Action Word Context). Aravena,P.,et al (2012).

L'étude menée par Pia Aravena de 2012 s'appuie sur l'approche novatrice de l'étude de V.Frak et al (2010) qui a proposé d'étudier le lien entre le langage et la motricité grâce à l'élaboration d'un dispositif original et validé, accès sur la modulation de la force de préhension à l'écoute de verbes d'action isolés.

Cette nouvelle technique a permis de faire un pas en avant dans la recherche en proposant l'accès de la mesure en temps réel de l'activité motrice par rapport aux techniques d'IRM, de temps de réaction comportementaux (RT) qui restent focalisées sur des observations post stimuli.

La recherche a permis de montrer l'implication des régions motrices dans le traitement langagier mais les interprétations divergent quant au déroulement du processus.

Le Modèle d'apprentissage associatif accorde un rôle prédominant à l'expérience sans intervention du contexte linguistique, alors que la Théorie de l'Incarnation Secondaire défend une indépendance des deux entités tout en reconnaissant un lien étroit mais non indispensable.

La modalité de la présente étude est l'utilisation de la GFS dans un contexte expérimental différent. En effet, l'angle d'étude de Pia Aravena est de s'intéresser au rôle du contexte linguistique dans la modulation de la force de préhension en introduisant l'écoute de phrases affirmatives et négatives pour savoir si la négation langagière aurait un effet sur l'activité sensorimotrice induite par le langage.

L'échantillon était composé de 25 participants adultes français droitiers. Ceux-ci ont été soumis à l'écoute de 115 phrases en langue française dont 10 phrases de distraction. 35 contenaient des mots de non-action, 35 autres des mots d'action. Les 2 conditions étaient

insérées dans des phrases affirmatives et négatives conjuguées à la 3e personne du singulier au présent. Pour s'assurer de l'attention des sujets, la consigne a été donnée de compter le nombre de phrases contenant un nom de pays.

Le matériel et l'installation des sujets étaient identiques à l'expérience de Frak et al.

L'étude de la modulation de la force de préhension s'est appuyée sur le modèle de Friederici qui en est la base. Ainsi, ce critère a été observé au cours de 3 phases :

-phase I : 100-300 ms après le début du mot = informations syntaxiques,

-phase II : 300-500 ms après le début du mot = traitement lexico-sémantique et morphosyntaxique,

-phase III : Après 500 ms = intégration et réanalyse de l'ensemble des informations.

Les résultats ont montré un maintien pendant la phase précoce de la force de préhension que ce soit face aux mots d'action dans des phrases négatives ou affirmatives et celles comportant des noms.

Les sujets ont appuyé plus fort à l'écoute de verbes d'action dans des phrases affirmatives à partir des fenêtres 2 et 3. Cela confirme le rôle déterminant de M1 à ces stades du traitement linguistique des verbes d'action.

Il a été observé un défaut de modulation de force de préhension à l'écoute de verbes d'action dans le contexte de phrases négatives.

Cela suggère que l'implication de M1 n'est pas systématique mais solidaire du contexte phrastique et sémantique. La tournure négative inhiberait la simulation de l'action.

En plus d'avoir confirmé la validation du dispositif GFS et de l'indicateur de force de préhension dans l'observation du lien entre le langage et la motricité, cette étude est intéressante car elle propose d'étudier le langage dans un cadre plus authentique. En effet, le langage se compose dans la réalité de phrases et pas seulement de mots isolés.

Ces observations remettent en question le Modèle d'apprentissage associatif sans pour autant soutenir complètement la Théorie de l'incarnation secondaire. Elles seraient en faveur du Modèle de Gaskell et Marslen-Wilson qui octroie à l'activité motrice un rôle modulable .

3. Manual Action Verbs Modulate the Grip Force of Each Hand in Unimanual or Symmetrical Bimanual Tasks Luis Da Silva, R.et al, (2018)

Jusqu' à présent, l'intérêt s'est porté sur le comportement de la main droite à l'écoute de stimuli de mode d'action et de non-action en s'appuyant sur l'évaluation de la modulation de la force de préhension (V Frak et al 2010).

Le rôle prédominant de l'hémisphère gauche chez les droitiers sur les versants de l'expression et de la compréhension lexicale fait consensus. Dominance également observée sur le plan moteur, notamment en ce qui concerne le contrôle de la main.

L'aspect novateur de l'étude menée par Ronaldo LUIS DA SILVA de 2016 est l'observation du comportement de la main gauche dans des tâches uni ou bi manuelles symétriques face à des stimuli langagiers.

Le critère observé est de nouveau la modulation de la force de préhension face à des stimuli auditifs de verbes d'action manuelle, mais des 2 mains.

L'expérience a porté sur 30 participants adultes dont 80% de droitiers dans des conditions comparables aux études précédentes. On peut noter toutefois que l'expérience n'a pas été menée avec des locuteurs de langue française mais portugaise.

L'étude de la modulation de la force de préhension s'est appuyée aussi sur le Modèle de FRIEDERICI qui a été précédemment détaillé.

Le capteur utilisé dans l'expérience menée par R LUIS DA SILVA est différent de celui de l'étude menée par V FRAK qui prenait la forme d'un cylindre.

Le choix pour la présente étude s'est porté sur un capteur 3D qui s'est avéré plus adapté pour évaluer la force de préhension en 3 dimensions.

L'objectif était d'appréhender le fonctionnement de la région intra pariétale antérieure (AIP) qui jouerait un rôle important dans le système de contrôle visuo- moteur en fournissant des informations visuelles sur la structure 3D des objets.

L'AIP qui se trouve dans le tiers antérieur du sillon intra pariétal, est une aire agissant sur 2 modes avec des signaux visuels et moteurs liés à la main.

Il a été observé que l'AIP joue un rôle dans la représentation spatiale dédiée au guidage visuel de la préhension manuelle (code la position + caractéristiques spatiales 3D des objets à saisir).

Elle jouerait aussi un rôle dans l'observation du mouvement des autres et serait sensible au but de l'action.

Quand les neurones de l'AIP réagissent aux mouvements de la main pour saisir les objets, c'est- à dire qu'ils projettent vers les zones pré motrices, les neurones de la LIP sont en réaction visuelle aux objets en 3D, en d'autres termes ils reçoivent les informations visuelles.

Ainsi, l'AIP serait essentielle pour saisir la sémantique du mouvement des mains (gestes) qui passe par la simulation ou représentation de l'image verbale.

Cette expérience de R. LUIS DA SILVA a démontré une modulation de la force de préhension suite à une stimulation auditive de verbes d'action manuelle quelle que soit la main dans une tâche bi manuelle symétrique. Cette observation irait en faveur d'un comportement similaire des 2 mains. L'aire motrice supplémentaire serait liée au mouvement des 2 mains.

Dans une tâche uni manuelle, on note toutefois une modulation de la force de préhension plus tardive de la main gauche.

Une tâche bi manuelle symétrique mettrait en jeu une activation controlatérale hémisphérique : la main droite activée par l'hémisphère gauche et la main gauche sous l'activation de l'hémisphère droit ; sous réserve que le geste soit simple et automatisé. (En cas de geste symétrique complexe, les 2 hémisphères sont activés pour chacune des mains). Cela pourrait expliquer le comportement identique des 2 mains et la modulation de la force de préhension comparable.

Une tâche uni manuelle gauche activerait de manière bilatérale le cortex moteur. (Inhibition de la main droite dominante et activation main gauche donc 2 actions à gérer car manque de naturel, d'automatisation)

Cela pourrait être un argument en faveur de la modulation de force de préhension plus tardive pour la main gauche.

L'AIP présenterait donc une asymétrie fonctionnelle : implication de l'AIP droite pour les activités bi manuelles et AIP gauche pour les activités uni manuelles. (Cette précision particulièrement intéressante a été soulignée pendant la soutenance de thèse de l'auteur de l'article R Luis da Silva, par V.Frak , Directeur de thèse.)

Le parallèle peut être fait avec le langage. Quand celui-ci est automatisé, par exemple face à des expressions courantes, connues, c'est l'hémisphère gauche qui est activé. Mais si nous avons recours à un sens plus abstrait, l'hémisphère droit sera aussi activé.

Grâce à cette étude, nous nous dirigeons progressivement vers un contrôle bilatéral de la région de Broca.

Le fait que l'expérience n'ait pas été menée dans la langue française peut-il avoir eu une incidence sur les résultats ?

4. Portable Device Validation to Study the Relation between Motor Activity and Language: Verify the Embodiment Theory through Grip Force Modulation. Labrecque, D. et al, (2016)

L'objectif de l'étude menée par David Labrecque et publiée en 2016 sur le lien entre l'activité motrice et langagière consiste en l'élaboration d'un matériel portable doté d'un capteur uniaxial à un coût abordable capable de mesurer la force de préhension. Le but est de vérifier la fiabilité de ce type de dispositif.

Les aspects novateurs de cette étude sont de s'être intéressés d'une part, à une population plus jeune pour mener une comparaison des observations entre un sujet en développement et un sujet adulte, et d'autre part l'intégration d'une activité bi-manuelle.

La zone pariétale du cerveau atteint sa maturité dès l'âge de 13 ans. C'est pourquoi, le choix des participants entre 13 et 17 ans a été établi pour permettre une comparaison des résultats avec l'étude menée par V. Frak en 2010.

Pour mener l'expérience, 2 groupes ont été constitués. Un groupe canadien de 14 participants lycéens français droitiers monolingues et un groupe brésilien de 20 participants avec un profil identique. Dans ce groupe brésilien, est introduite une tâche avec les 2 mains. Mais dans l'ensemble, les conditions de passation les listes de mots et les consignes sont identiques à l'étude de 2010.

Les résultats des 2 groupes ont confirmé l'augmentation plus importante de la modulation de force de préhension à l'écoute des verbes d'action et valident les conclusions de l'étude précédente. Les seules différences observées se situent au niveau du moment de l'apparition des fenêtres de temps qui peuvent s'expliquer par la différence de taille d'échantillon entre les 2 groupes, l'activité manuelle dans l'un et bi-manuelle dans l'autre et une technique de normalisation différente. Ces différences mineures ne remettent pas en cause l'interprétation des résultats formulée concernant l'activité intra pariétale et de l'activité de M1 avec les mots d'action sur la modulation de la force de préhension. »

Comme les efforts se sont concentrés sur la validation du matériel, un processus mathématique intermédiaire de filtrage a été appliqué pour garantir la fiabilité des résultats. Nous pouvons cependant exprimer le regret que cette décision éclairée ait engendré un nombre important d'exclusions et de rejets parmi les participants du groupe canadien dont les résultats se sont basés finalement sur 4 sujets seulement.

L'intérêt majeur de cette étude est la réussite de la reproductibilité des résultats avec un équipement portable moins coûteux et techniquement plus simple (1 capteur uni-axial) qui offre de nouvelles perspectives prometteuses d'expérimentation avec des échantillons de plus grande taille et une population d'enfants.

5. Assessing Language-Induced Motor Activity through Event Related Potentials and the Grip Force Sensor, an Exploratory Study. Pérez-Gay Juárez,F et al., (2019)

Depuis 20 ans, nous observons un intérêt croissant sur les théories de cognition humaine. Parmi elles, les théories de cognition incarnée véhiculent l'idée que la compréhension sémantique implique nécessairement des expériences sensorielles et motrices. Le modèle est bien déjà développé va dans le même sens en signifiant que l'apprentissage d'un mot passe par la simulation de celui-ci. Ce phénomène contribue à l'activation des réseaux moteur et linguistique simultanée.

Le nouvel angle d'étude menée par Fernanda Pérez-Gay Juarez est sa méthodologie prenant en compte 2 indicateurs temporels :

- les potentiels liés aux évènements

En effet, l'IRM et la TEP ayant montré des limites dans le domaine exploratoire, les scientifiques se sont tournés vers des méthodes électrophysiologiques (PEA) car ils ont l'avantage d'apporter une précision temporelle. Cette technique est donc appropriée pour observer le déroulement de la compréhension du langage. Elle a permis d'indiquer une augmentation de positivité autour de 200 ms (p200) face à des stimuli visuels de verbes d'action.

- la GFS : capteur de force de préhension : Cette nouvelle méthode développée par Victor Frak et al. prenant la forme d'un capteur de force de préhension a démontré une augmentation plus importante de la force de préhension face aux mots d'action que les mots de non action.

Ces 2 techniques n'avaient jamais été mises en lien directement.

Les participants à cette expérience étaient 10 adultes français droitiers. Les 2 dispositifs (EEG et GFS) ont été utilisés simultanément pour enregistrer leurs comportements à l'écoute de mode d'action et de non-action.

D'une part, la technique électrophysiologique a permis de faire ressortir 2 effets :

-Le p3b qui est une des 2 composantes du p300.

Le p300 reflète les capacités d'attention et de vitesse de traitement de l'information du sujet.

C'est une onde positive qui survient par détection d'un stimulus attendu et imprévisible (visuel ou auditif).

Le p 3b est la composante tardive située entre 310 et 380 ms. Elle a une distribution centro-pariétale qui apparaît quand le stimulus est imprévisible mais attendu par le sujet.

La p3a située entre 220 et 280 ms est sa composante précoce, qui a une distribution fronto-centrale reliée à l'effet de surprise

L'onde p300 est stable chez un individu mais variable en fonction du sexe, de l'âge, de la personnalité. Elle représente une modification de l'activation des réseaux neuronaux en lien avec une tâche cognitive. La latence indique la durée de tâche cognitive, l'amplitude représente l'énergie du processus cognitif.

C'est un signe d'adaptation de la mémoire de travail en fonction du contexte et du processus de clôture du traitement de l'information. Mais, il est important de souligner que la p300 ne comporte aucun contenu sémantique (on y a d'ailleurs recours dans le domaine de la robotique pour faire exécuter des gestes automatisés).

Le fait que l'expérience ait révélé un effet p3b prouve l'attention sélective des sujets,

-p200 spécifique à la signature sémantique.

Selon Pulvermüller, après présentation visuelle du stimulus de mot, il y aurait une activation initiale appelée allumage des réseaux neuronaux représentant les mots (perception) correspondant au p200.

La P200 qui a une amplitude plus petite dépendrait donc du contenu sémantique contrairement à la p300.

Cela expliquerait pourquoi, dans la présente étude, la P200 a montré une sensibilité entre mot d'action et non action, et la p300 s'est distinguée entre les mots-cibles et non -cibles.

Ces premiers résultats démontrent une reproductibilité des études précédentes menées à l'aide de stimuli visuels, par le biais de stimuli auditifs.

D'autre part, la technique GFS a souligné une augmentation de la force de préhension des 2 mains entre 250 ms et 400 ms face à des mots d'action mais sensiblement plus forte pour la main dominante (main droite pour cette expérience).

Il est cependant à souligner que nous notons une augmentation de la force de préhension aussi pour les mots de non-action, mais moins importante.

2 hypothèses sont évoquées :

1/ Tous les mots quelle que soit leur catégorie activeraient l'aire motrice M1

2/ Les conditions d'expérience (comptage) ont fait intervenir la mémoire de travail y compris face aux mots de non-action, ce qui a impliqué l'aire motrice M1.

La conclusion principale de cette étude est d'avoir démontré que les 2 indicateurs (p200 et GFS) utilisés séparément jusqu'à présent, sont corrélés sur les plans statistique et temporel.

L'auteur reconnaît qu'en raison de la petite taille de l'échantillon (10 participants), cette approche nécessite d'être renouvelée avec un échantillon plus important pour approfondir l'étude de l'activité motrice dans le langage.

6. Feeling Better: Tactile Verbs Speed up Tactile Detection. Boulenger,V.et al, (2020).

L'objectif de l'étude de Véronique Boulenger publiée en ligne très récemment (avril 2020), est d'étudier le lien éventuel entre des verbes relatifs au toucher et la perception même du toucher. Cette étude signe un pas important dans le domaine de la recherche car c'est la première fois que sont associés la somesthésie et la compréhension du langage.

La question est de déterminer si la modalité tactile peut jouer un rôle dans le traitement sémantique du langage.

La méthodologie de l'étude a dû être adaptée progressivement en fonction des résultats qui étaient enregistrés au cours de celle-ci.

Ainsi, 3 expériences ont été réalisées avec 3 groupes de participants différents de taille à peu près identique (entre 21 et 24 adultes français).

La modalité proposée dans chacune des expériences était sous forme de stimuli visuel (lecture de verbes) associés à une stimulation tactile dispensée à 3 fenêtres temporelles différentes (170,350 ou 500 ms) pour se référer au Modèle de Friederici et ainsi déterminer le stade de traitement linguistique.

La consigne était d'indiquer le plus vite possible le moment de détection tactile en appuyant avec l'index gauche sur le clavier de l'ordinateur présenté devant chaque participant.

Dans l'expérience 1, 2 listes de 12 verbes tactiles et non-tactiles ont été utilisées en association avec une stimulation tactile administrée sur l'avant-bras droit qui correspondait à de courtes impulsions électrocutanées.

Pour éviter toute confusion possible que comportaient certains verbes qui partageaient la connotation tactile et l'action (exemple : toucher), il a été décidé de proposer une autre liste d'éléments non-tactiles et non-moteurs dans les 2 expériences suivantes.

La stimulation tactile a été déplacée vers l'index droit uniquement dans la seconde expérience.

Pour résumer les résultats observés, les expériences 1 et 3 ont montré une réaction plus rapide aux stimulations tactiles administrées sur l'avant-bras droit face à la présentation de verbes tactile en comparaison à des verbes non-tactiles ou des verbes d'action.

Cela suggère le rôle de l'aire somesthésique primaire de manière précoce dans la compréhension langagière en ce qui concerne les mots avec une connotation tactile.

Le fait de jouer sur la variable temporelle en modifiant le délai d'apparition du verbe et de la stimulation tactile, a permis d'observer que plus celle-ci intervenait tôt (au stade du traitement lexico-sémantique), plus la sensation diminuait et plus le temps de réaction augmentait et inversement.

Le coût cognitif plus important au départ pourrait réduire le traitement de l'information tactile.

Mais, les résultats de la seconde expérience contredisent les observations précédentes. En effet, aucun effet de la catégorie du verbe sur la détection tactile n'a été enregistré au cours de celle-ci.

Ce résultat surprenant est-il dû au changement de site de stimulation tactile qui est la seule variable avec la dernière expérience ? C'est l'hypothèse la plus probable qui a été envisagée par l'équipe scientifique.

C'est pourquoi, pour s'en assurer, il a été décidé d'organiser une 3ème expérience dans laquelle toutes les modalités de la seconde expérience ont été conservées à l'exclusion de l'endroit de la stimulation tactile.

Cette étude invite à la réflexion et offre de belles perspectives en évoquant le rôle des inférences somesthésiques plutôt que la composante motrice dans le langage tactile. Cette nouvelle piste est au stade des prémisses, elle nécessite de nouvelles recherches plus approfondies en raison des faiblesses qu'elle a démontrées au cours de sa réalisation. En plus de contradictions dans les résultats observés, nous pouvons évoquer la petite taille des échantillons.

D'autres méthodologies pourraient être proposées pour aller plus loin.

La reproductibilité des résultats est-elle envisageable avec des stimuli auditifs ?

II. Procédure de recrutement des participants d'une expérience

La sensibilisation à la procédure de recrutement était intégrée à la liste des objectifs qui m'ont été fixés au début de ce stage. En effet, en s'appuyant sur son expérience qui s'est en partie déroulée en France, V. Frak a remarqué que ce point particulièrement souligné au Canada n'était pas très développé en France.

Cette différence peut s'expliquer par la différence de contexte. Le Canada disposant de moins de sujets, ceux-ci bénéficient d'une plus grande protection pour éviter de multiples sollicitations par les laboratoires.

Le point de vue scientifique et le Comité éthique font preuve de rigueur en ce qui concerne la sélection des participants.

1. Choix des Critères d'exclusion et d'inclusion

Pour commencer, il est important de définir les caractéristiques du sujet contrôlé en dressant une liste exhaustive d'exigences. Ces critères d'inclusion varieront en fonction de l'objectif de l'étude recherchée et tous les choix doivent se justifier. L'âge et le sexe des sujets sont à délimiter. Il sera nécessaire de définir une tranche d'âge plus ou moins importante et d'expliquer les raisons de son choix. S'adresse-t-on à une population adulte ou mineure ? Un questionnaire doit être élaboré pour correspondre au mieux aux attentes fixées. Par exemple, réduire la tranche d'âge aux 20-35 ans plutôt qu'aux 18-50 ans présente-t-il un intérêt dans le cas présent ? Dans le cas de sujets mineurs, l'autorisation parentale est indispensable.

Dans le même temps, des critères d'exclusion sont rédigés pour permettre le refus de certains sujets. Les participants ne doivent présenter aucun trouble pouvant entraver l'expérience. La prise de médicaments peut être proscrite, ainsi que certaines pathologies comme la dépression ou le diabète.

Cette liste de conditions définie au départ sera soumise aux comités d'éthique et scientifique.

2. Calcul du nombre de sujets nécessaires

Après cette étape permettant de caractériser sa population, il est important de déterminer le nombre de sujets nécessaires à l'expérimentation pour permettre la généralisation des résultats. Pour répondre à la question de la taille de l'échantillon, il existe des formules statistiques en fonction de la quantité de variables à mesurer.

Pour pallier la difficulté rencontrée pour répondre à la taille d'échantillon requise en raison d'un manque de moyens, de nombreuses méta-analyses sont publiées. Il s'agit d'une méthode scientifique systématique combinant les résultats d'études précédentes de manière à augmenter la taille de l'échantillon et de tirer une conclusion globale.

3. Étapes du projet de recherche

Le projet de recherche doit être soumis à un organisme en lien avec le domaine concerné pour pouvoir être subventionné. (Exemple : association autisme si la recherche porte sur ce thème).

Cette proposition doit faire figurer les étapes suivantes:

- La liste exhaustive des critères d'exclusion et des critères d'inclusion,
- La taille de l'échantillon requise,
- Un état des lieux des connaissances sur le sujet étudié
- L'angle innovant et original de la proposition d'étude,
- La méthodologie adoptée spécifiant le type de matériel utilisé, la procédure.
- Les résultats attendus (hypothèses) en faisant référence à d'autres études menées sur le sujet,
- le budget et subventions nécessaires au projet de recherche.

III. Extraction et Analyse des données

1. Présentation de l'étude menée par David Labrecque

Cette extraction et analyse de données portaient sur une expérience qui avait déjà été menée par David Labrecque ayant pour objectif de comparer le comportement d'enfants et d'adolescents en se focalisant cette fois sur le comportement de la main gauche.

Les participants de cette expérience étaient composés de deux groupes :

Un groupe de 15 enfants âgés de 5 à 11 ans

Un groupe de 15 adolescents âgés de 13 à 17 ans

Les participants tenaient dans leurs mains un capteur de force (poids d'un œuf), les bras posés sur la table installée devant eux. Ils étaient soumis à l'écoute de mots d'action manuelle et des mots de non-action en l'occurrence, 8 blocs de mots (4 dans chaque main). Les consignes qui leur ont été adressées étaient de maintenir la prise sans se focaliser dessus, et de compter le nombre de répétition du mot-cible pour s'assurer de leur attention.

L'objectif de cette étude était d'étudier le lien entre la force de préhension et l'activité linguistique. En s'intéressant particulièrement aux données de la main gauche, nous voulions vérifier si une reproductibilité des résultats de l'analyse des données de la main droite réalisées précédemment était envisageable ou si de nouvelles conclusions et hypothèses pouvaient être formulées.

2. Descriptif du travail d'extraction des données

Pour effectuer ce travail, je me suis appuyée sur plusieurs outils :

La fiche d'identification du participant sur laquelle est indiquée la liste de mots correspondante en fonction du mot-cible et du nombre de répétitions de celui-ci sur la liste.

Le dossier Excel pour chaque participant et chacune de ses listes comportant les données de la force de préhension. Ce dossier permettait de faire le lien avec la liste audio et de faire apparaître d'éventuelles erreurs (mot oublié, liste déclenchée trop tard ou stoppée trop tôt)

Les 40 listes de mots qui indiquaient les stimuli et les positions de celui-ci

Pour analyser les données de la main gauche, une première phase a été consacrée à l'extraction de celles-ci. Dans un premier temps, il a été nécessaire de traiter à nouveau et d'extraire les données pour chaque participant et chaque liste de mots (entre 42 et 46 mots) en

s'assurant que celles-ci étaient toutes valides. Par exemple, il a été important de vérifier le nombre de mots enregistrés sur chaque liste des participants en le comparant à la liste audio correspondante. Dans le cas où le nombre de mots était inférieur, un logiciel d'enregistrement de sons numériques à savoir Audacity a été utilisé pour comparer le graphique de l'image du premier ou dernier mot avec le signal de la piste sonore du bloc dans le logiciel.

Pour chaque participant, les données de force de préhension ont été compilées pour chacune des quatre conditions à savoir nom main gauche, nom main droite, verbe gauche, verbe droit.

Après ce travail d'extraction sur Excel, la seconde phase a consisté au traitement de ces données grâce au logiciel SPSS utilisé pour l'analyse statistique.

Grâce à un script de traitement conçu par David Labrecque, les données de chaque participant ont généré des graphiques représentant la force de préhension dans chaque condition ainsi que des tableaux. Mon travail a consisté à faire défiler le script pour chaque participant et à enregistrer ces données traitées et à créer une fiche Excel pour chacun en indiquant les données significatives (<0.05) selon plusieurs critères et en reportant tous les graphiques présentant la modulation de la force de préhension.

Ce travail m'a formé à la lecture des données sur les différents graphiques générés lors de l'exécution de chaque script.

3. Analyse statistique

Un des objectifs était d'identifier le pourcentage de données valides en termes de force excessive, de variabilité et aberrantes (2 critères confondus) et d'identifier les participants présentant des différences significatives dans les tests statistiques intra-participants.

Cela a permis de réaliser que des critères de sélection étaient trop sévères pour le groupe enfants.

Ce travail m'a aidé à me familiariser avec les tests statistiques qui me seront utiles dans la poursuite de mon cursus comme les tests-T, les tests de corrélation et les tests Anova.

Une analyse statistique avec un test ANOVA à 3 facteurs a été réalisée à savoir :

-Les mots d'action et de non-action,

-le temps en tenant compte des fenêtres du modèle de Friederici (préstimulus, 100-300 ms, 300-500ms, 500-800 ms),

-le groupe (enfant/ adolescent)

4. Résultats préliminaires de l'analyse statistique

Les premières observations montrent une différence de modulation de la force de préhension à l'écoute de stimuli linguistiques en fonction du groupe et de la fenêtre temps. Cela témoigne du rôle des stimuli linguistiques.

Ainsi, le groupe constitué d'adolescents enregistre des modulations de force de préhension plus fortes que le groupe enfant au cours de la phase post stimuli uniquement.

Chez le groupe enfant, nous observons une réduction de la modulation de la force de préhension significative lors de la 1^{ère} fenêtre temps si on la compare à celle enregistrée lors de la phase de pré-stimulus, avant d'augmenter à nouveau pour les fenêtres temps suivantes.

Nous n'avons pas enregistré de différence directe selon la catégorie de stimuli linguistiques (verbes/noms) en ce qui concerne la modulation de force de préhension. Mais, des recherches plus fines en réduisant nos fenêtres d'analyse, permettent de relever des caractéristiques distinctes qui méritent d'être encore approfondies.

CONCLUSION

Mon désir d'effectuer ce stage de sensibilisation à la recherche au Canada représentait une opportunité d'accéder au paysage de la recherche qui est particulièrement réputé pour son dynamisme et son côté innovateur.

En raison de la crise sanitaire, il a été impossible de me rendre au Canada, mais c'est le Canada qui est malgré tout venu à moi grâce aux nouvelles technologies qui ont rendu possible la réalisation de ce stage à distance.

Ce stage m'a permis d'approfondir mes connaissances sur le fonctionnement cérébral et les liens étroits que partagent le langage avec les structures motrices et somesthésiques. J'ai aussi eu la chance de bénéficier d'un aperçu de la façon de travailler des chercheurs canadiens. Il a été intéressant de participer à une partie des étapes menant à une publication scientifique, et d'être confrontée aux difficultés intrinsèques à l'extraction et à l'analyse de données.

C'est une belle expérience enrichissante qui me donne des idées de pistes de travail futures. En effet, pourquoi ne pas allier mon intérêt pour le thème portant sur l'autisme avec la motricité et le langage et étudier comment l'usage de la motricité pourrait améliorer le langage chez l'enfant atteint d'autisme.

BIBLIOGRAPHIE

Aravena,P., Delevoeye-Turrell, Y., Deprez,V., Cheylus,A., Paulignan,Y., Frak, V., Nazir, T., Paterson, K., (2012). Grip Force Reveals the Context Sensitivity of Language-Induced Motor Activity During ‘Action Words’ Processing: Evidence from Sentential Negation (Grip Force Modulation by Action Word Context). *PLoS One*.

Boulenger,V., Martel, M., Bouvet,C., Finos,L., Krzonowski,J., Farnè, A., Roy, AC., (2020) Feeling Better: Tactile Verbs Speed up Tactile Detection. *Brain and cognition*.

Frak,V., et Nazir,T. (2014). Le langage au bout des doigts : Les liens fonctionnels entre la motricité et le langage, PUQ.

Frak,V., Nazir,T., Goyette,M., Cohen,H., Jeannerod,M., (2010). Grip force is part of the semantic representation of manual action verbs. *PLoS One*.

Labrecque, D., L-Descheneaux, R., Frak, D., (2016). Portable Device Validation to Study the Relation between Motor Activity and Language: Verify the Embodiment Theory through Grip Force Modulation. *International Journal of Engineering and Technical Research*.

Luis Da Silva, R., Labrecque, D., Aparecida Caromano, F., Higgins, J., Frak, V., (2018). Manual Action Verbs Modulate the Grip Force of Each Hand in Unimanual or Symmetrical Bimanual Tasks. *PloS One*.

Pérez-Gay Juárez,F., Labrecque,D., Frak,V., (2019). Assessing Language-Induced Motor Activity through Event Related Potentials and the Grip Force Sensor, an Exploratory Study. *Brain and Cognition*.103572. Web.

