

MEMOIRE

En vue de l'obtention du
Certificat de Capacité d'Orthophoniste
présenté par

Lenaïg MOREAU

soutenu publiquement en juin 2021

Aphasie et segmentation de la parole

Rôle de l'apprentissage statistique et influence des connaissances lexicales

MEMOIRE dirigé par

Anahita BASIRAT, Maître de conférences, Université de Lille, Lille

Yves MARTIN, Orthophoniste et Neuropsychologue, Centre l'Espoir, Hellemmes

Lille – 2021

Remerciements

Je remercie Laëtitia, qui m'a transmis avec enthousiasme son intérêt pour le sujet de ce mémoire.

Je remercie mes directeurs de mémoire, Mme Basirat et M. Martin, qui m'ont accompagnée et conseillée tout au long de cette aventure.

Je remercie tous les patients qui ont participé à cette étude, pour leur bienveillance et leur force de caractère.

Je remercie les orthophonistes des structures dans lesquelles j'ai effectué mes passations, qui m'ont soutenue avant tant de gentillesse.

Je remercie toutes les personnes attentionnées qui ont participé au bon déroulement des passations : les secrétaires chargés des plannings, les médecins des services, ainsi que les cadres des structures.

Je remercie ML, pour son enthousiasme, sa confiance, et ses relectures attentives.

Je remercie ma famille, mon compagnon et mes amis, qui m'ont permis d'avancer.

Résumé :

La segmentation lexicale est une étape essentielle dans la reconnaissance des mots parlés et leur apprentissage. Ce mémoire vise à explorer les liens entre les troubles de la compréhension orale que peuvent présenter les individus cérébrolésés, et leur capacité à segmenter le flux de parole. Un paradigme d'apprentissage statistique a été proposé à huit participants aphasiques. Après avoir écouté passivement une langue artificielle, ils ont effectué une tâche de décision lexicale. Chaque individu a été exposé à deux flux analogues, l'un se distinguant par l'introduction d'un mot existant en français, afin d'étudier le bénéfice des connaissances lexicales. Les résultats obtenus dans ces deux conditions ne diffèrent pas statistiquement, l'ajout du mot connu ne semble pas améliorer la segmentation de la langue artificielle. Au niveau individuel, le pourcentage de réponses correctes augmente pourtant pour trois participants. Cependant, les atteintes langagières et notamment lexicales ne paraissent pas prédictives de leur performance à la tâche de segmentation. Ces observations sont à nuancer étant donné le faible nombre de participants inclus dans l'étude.

Mots-clés :

Aphasie - Compréhension orale – Segmentation lexicale – Apprentissage statistique

Abstract :

Lexical segmentation is an essential step in the recognition and learning of spoken words. This study aims to explore the links between the impaired listening comprehension that people with post-stroke aphasia may have, and their ability to segment the speech stream. A statistical learning paradigm was proposed to eight aphasic participants. After listening passively to an artificial language, they performed a lexical decision task. Each individual was exposed to two analogous streams, one distinguished by the introduction of an existing French word, in order to study the benefit of lexical knowledge. The results obtained in these two conditions do not differ statistically, the addition of the known word does not seem to improve the segmentation of the artificial language. At the individual level, the percentage of correct responses increased for three participants. However, language impairments, and in particular lexical impairments, do not seem to be predictive of their performance in the segmentation task. These observations must be tempered by the small number of participants included in the study.

Keywords :

Aphasia – Listening comprehension – Lexical segmentation – Statistical learning

Table des matières

Introduction	1
Contexte théorique, buts et hypothèses	2
1. Mécanismes cognitifs de la compréhension orale.....	2
1.1. Perception de la parole.....	2
1.2. Segmentation de la parole.....	3
1.2.1. Indices de segmentation sublexicaux.....	3
1.2.2. Indices de segmentation lexicaux.....	4
1.2.3. Hiérarchisation et interaction des indices de segmentation.....	5
2. Compréhension lexicale des personnes aphasiques.....	5
3. Apprentissage statistique.....	6
4. Etude de l'apprentissage statistique.....	7
5. But du mémoire et hypothèses.....	8
Méthodologie	8
1. Participants de l'étude.....	8
2. Matériel de l'étude.....	9
2.1. Evaluation des capacités langagières des sujets aphasiques.....	9
2.2. Stimuli proposés lors de la phase d'exposition.....	10
2.3. Stimuli proposés lors de la phase test.....	10
3. Procédure.....	11
3.1. Déroulement de l'étude.....	11
3.2. Traitement des données.....	12
Résultats	12
1. Pourcentage de réponses correctes.....	13
2. Degré de certitude.....	15
3. Réponses correctes et certitude.....	15
4. Résultats à la tâche de segmentation et aux évaluations langagières.....	16
Discussion	16
1. Résultats.....	16
2. Limites de l'étude et pistes d'amélioration.....	18
3. Perspectives.....	19
Conclusion	20
Bibliographie	21
Liste des annexes	25
Annexe n°1 : Lettre d'information transmise aux participants.....	25
Annexe n°2 : Formulaire de consentement.....	25
Annexe n°3 : Questionnaire de vérification des critères d'inclusion et d'exclusion.....	25
Annexe n°4 : Recueil d'informations personnelles.....	25
Annexe n°5 : Tableau récapitulatif des informations personnelles.....	25
Annexe n°6 : Tableau récapitulatif des résultats obtenus aux épreuves langagières.....	25
Annexe n°7 : Profil langagier de chaque participant et analyse des résultats de la tâche de segmentation.....	25

Introduction

L'apprentissage statistique renvoie à la notion d'apprentissage implicite des liens entre des séquences de stimuli. Le nourrisson, plongé dans un flux de parole continu, doit déterminer les séquences de sons qui correspondent aux mots de sa langue. Il peut s'appuyer sur les fréquences d'apparition de certaines suites de phonèmes, que l'on nomme probabilités de transition. De fortes probabilités indiquent souvent que ces unités appartiennent à un mot unique, alors que de faibles probabilités entre deux unités laissent supposer une frontière entre deux mots (Saffran, Johnson, Aslin, & Newport, 1999). Les régularités statistiques permettront au nourrisson de détecter les limites des mots et ainsi d'accéder progressivement à la compréhension de la langue orale. Mais il ne s'appuie pas uniquement sur cette stratégie pour segmenter la parole. Bagou et Frauenfelder (2018) ont détaillé dans leur article un ensemble d'indices sublexicaux, auxquels s'ajoutent les connaissances lexicales qui se construisent au fur et à mesure de l'acquisition de la langue.

A la lumière de ce qui précède, Basirat, Allart, Brunellière et Martin (2019) ont mis en évidence chez les personnes aphasiques des difficultés de segmentation de la parole, qui pourraient être à l'origine de leurs troubles de compréhension du langage oral. Pour caractériser le processus de segmentation chez ces sujets, il est nécessaire de déterminer le rôle qu'exercent les indices sublexicaux et lexicaux car l'individu cérébrolésé, à la différence du nourrisson, peut s'appuyer sur un solide bagage langagier. L'interaction de ces indices étant un phénomène complexe et difficile à appréhender, ce mémoire se concentrera sur la capacité du sujet aphasique à segmenter une langue artificielle, et le bénéfice qu'il peut tirer de la présence d'un indice lexical (Palmer et al., 2019). Les résultats obtenus seront mis en lien avec les capacités langagières des participants afin de mieux cerner les mécanismes mis en œuvre dans la segmentation.

Ce projet s'inscrit dans la suite du mémoire de Zmuda « Apprentissage statistique et segmentation de la parole en aphasie » (2020). Il s'agit d'éclaircir le rôle de l'apprentissage statistique et des connaissances lexicales dans le mécanisme de segmentation de la parole de la personne aphasique, et des liens qu'ils peuvent entretenir avec sa compréhension orale.

Dans un premier temps, nous développerons la notion de compréhension orale et détaillerons la façon dont l'auditeur procède pour isoler les mots qu'il perçoit, ainsi que les indices sur lesquels il peut s'appuyer. Ce processus de segmentation de la parole peut être perturbé à la suite d'un accident vasculaire cérébral (Basirat et al., 2019 ; Jacquemot, Dupoux, Decouche, & Bachoud-Lévi, 2007). Nous nous intéresserons à son étude dans la littérature scientifique, avant de détailler plus spécifiquement l'apport des informations statistiques. Nous exposerons ensuite la méthodologie adoptée dans ce mémoire, en indiquant les participants de l'étude, le matériel choisi et la procédure utilisée. Après avoir détaillé les résultats de l'étude, nous proposerons une discussion afin de les commenter.

Contexte théorique, buts et hypothèses

.1. Mécanismes cognitifs de la compréhension orale

La compréhension orale de la parole consiste à mettre en œuvre une série d'opérations cognitives au cours desquelles le signal acoustique est traité pour devenir signifiant. C'est un processus complexe qui fait intervenir, en parallèle des fonctions proprement langagières, de nombreuses autres habiletés cognitives, notamment mnésiques (mémoire à long terme, à court terme et de travail), exécutives et attentionnelles. Il est possible de distinguer plusieurs niveaux de compréhension : (1) lexical, (2) morphosyntaxique, et (3) contextuel et prosodique (Rondal, 2003). Ces trois niveaux peuvent être atteints à des degrés divers dans l'aphasie. Ce présent mémoire se concentrera sur la compréhension lexicale, c'est-à-dire le traitement du mot, et notamment de sa forme.

La compréhension orale lexicale met en jeu plusieurs étapes résumées dans le schéma ci-dessous (Figure 1), dans lesquelles les représentations deviennent de plus en plus abstraites (Lambert, 2013). Ces étapes sont présentes dans la plupart des modèles de reconnaissance des mots parlés développés depuis les années 1980. Bien qu'il y ait, pour certains d'entre eux, des mécanismes de conversions directs entre unités acoustique et lexicale, il est généralement admis qu'une étape sublexicale précède l'accès au traitement lexical (Dial & Martin, 2017). Cette étape intermédiaire permettrait à l'auditeur de gérer la variance du signal sonore, et de traiter des stimuli qu'il n'a jamais entendus auparavant et dont il n'a aucune trace en mémoire, comme par exemple des mots d'une langue étrangère ou d'une langue artificielle (Dufour & Frauenfelder, 2007 ; Fort, 2011 ; Kolinsky, 1998). Le format de ces représentations est discuté, selon les modèles théoriques utilisés, les procédures expérimentales employées et les langues étudiées. En langue française, sont généralement considérés les traits distinctifs, les phonèmes, et les syllabes, unités qui pourraient coexister.



Figure 1 : Schéma simplifié des unités traitées lors de la reconnaissance de la parole.

Avant d'accéder à la signification du mot et à ses propriétés conceptuelles, l'auditeur doit le reconnaître dans le flux de parole. Cela nécessite de percevoir les unités de la langue et de reconnaître les mots produits.

.1.1. Perception de la parole

Au niveau sublexical, le signal sonore perçu est traité dans ses dimensions acoustiques (hauteur, intensité, durée) de manière automatique. Les traits phonétiques sont dégagés, permettant de distinguer les sons de la parole des autres bruits environnants. Lors de cette étape, l'auditeur peut ainsi discriminer et identifier les plus petites unités distinctives et séquentielles de la langue française (les phonèmes). Le signal acoustique de parole est un signal très variable, un même énoncé peut revêtir de nombreuses formes physiques différentes, en commençant par les modifications entraînées par l'environnement physique dans lequel il est produit. Il existe aussi des variations entre les locuteurs (dépendantes notamment de leur appartenance socio-culturelle comme l'âge, le sexe ou

encore l'accent régional), et intra locuteur (ex. en fonction de l'état émotionnel ou physique). Un phénomène de coarticulation apparaît également : chaque phonème est influencé par les propriétés acoustiques des phonèmes adjacents, leurs gestes articulatoires se chevauchent sur l'axe temporel (Kolinsky, 1998). Les informations acoustiques ainsi réparties sont redondantes, ce qui favorise la perception des phonèmes, notamment quand le signal de parole est dégradé. C'est grâce à un processus de catégorisation que l'auditeur peut regrouper certains segments de la chaîne parlée en une même représentation phonémique (Frauenfelder, 2002). Ce processus dépend de sa langue maternelle et lui permet de ne pas prendre en compte les variations du signal non pertinentes. L'auditeur parvient donc à décomposer le signal en un ensemble d'entités sublexicales, malgré l'extrême variabilité de ce dernier.

.1.2. Segmentation de la parole

Pour identifier les mots de la langue produits par l'interlocuteur, l'auditeur doit déterminer leurs frontières grâce à un processus de segmentation. En effet, à la différence du langage écrit dans lequel ils sont séparés par des espaces bien visibles, la langue orale ne contient pas de pauses. La segmentation est un mécanisme essentiel pour les enfants et les adultes, car elle intervient à la fois dans la reconnaissance des mots et dans leur apprentissage (Bagou & Frauenfelder, 2018). Selon Frauenfelder (2002), elle consisterait plus précisément à identifier dans le signal acoustique des points importants qui seraient mis en correspondance avec les représentations phonologiques stockées en mémoire à long terme sous forme de « dictionnaire mental » (Rondal, 2003). Ces points d'alignement seraient les débuts de syllabes dans la langue française (Dumay, Frauenfelder, & Content, 2002). Détecter ces débuts de syllabes permettrait alors de détecter efficacement les débuts des mots, car ils sont généralement identiques (sauf en présence de processus phonologiques entraînant une resyllabation, par exemple l'élision ou la liaison). L'alignement s'appuierait sur des indices de nature différente, sublexicaux et lexicaux.

.1.2.1. Indices de segmentation sublexicaux

Les indices sublexicaux se basent sur l'information contenue dans le signal acoustique pour détecter les limites des mots. C'est typiquement la stratégie adoptée au départ par le nourrisson lorsqu'il est baigné dans le flux de parole. Il ne peut pas s'appuyer sur d'éventuelles connaissances lexicales, et doit donc se baser sur des indices sublexicaux pour segmenter la parole et accéder aux mots. L'utilisation de ces indices dépend en grande partie de la langue maternelle de l'auditeur (Tyler & Cutler, 2009), ce qui explique les difficultés que celui-ci peut éprouver lors de l'écoute d'une langue étrangère pour segmenter le discours. Il ne connaît pas les indices de la langue seconde, et les indices de sa langue maternelle « parasitent » l'utilisation des indices de la langue seconde.

Bagou et Frauenfelder (2002) identifient quatre grands types d'indices sublexicaux, présents dans la langue française. Tout d'abord, le signal acoustique fournit des indices acoustico-phonétiques, car la réalisation acoustique du phonème peut être différente selon qu'il se trouve en frontière de mot ou à l'intérieur de celui-ci. Ce sont des variantes allophoniques, qui n'ont pas de valeur distinctive dans la langue. Crouzet (2000) expose l'exemple du /r/ qui se réalise [ʀ] en attaque (début de syllabe) ou [ʁ] en coda (fin de syllabe). Il existe également des contraintes phonotactiques, qui régissent l'agencement des phonèmes dans la syllabe ou le mot. En français, certaines séquences de phonèmes sont autorisées dans certaines parties de mot, et d'autres non. Par exemple, un mot français ne commencera jamais par [kt], mais cette suite de phonèmes pourra apparaître en milieu ou en fin de mot.

Les indices prosodiques guident eux aussi la segmentation (Shukla, Nespors, & Mehler, 2007) : les énoncés sont constitués de groupes prosodiques dans lesquels est accentuée la fin des mots polysyllabiques (Banel & Bacri, 1993). Enfin, les informations statistiques sont de précieux indices de frontières entre les mots, notamment lorsque les probabilités transitionnelles d'unités sont très faibles ou très fortes. L'utilisation de ces dernières ne serait pas spécifique à la langue maternelle de l'auditeur (Mersad & Nazzi, 2011 ; Toro, Nespors, Mehler, & Bonatti, 2008), certains chercheurs émettent l'hypothèse que ce mécanisme universel constituerait le principe de base de fonctionnement des autres indices.

.1.2.2. Indices de segmentation lexicaux

Les auditeurs peuvent également s'appuyer sur les indices lexicaux pour segmenter le discours (Davis, 2000). Reconnaître des mots dans le flux de parole permet de déduire les limites des mots voisins (Marslen-Wilson & Welsh, 1978 ; McClelland & Elman, 1986 ; Norris, 1994). Trois points font généralement consensus dans les modèles récents décrivant l'accès aux représentations lexicales (Weber & Scharenborg, 2012) : (1) plusieurs mots candidats sont activés en parallèle, (2) cette activation est nuancée selon le degré de correspondance entre le signal acoustique et les représentations lexicales stockées en mémoire, et (3) les mots candidats sont en compétition. Leur différence principale concerne la propagation de l'information entre les niveaux de traitement. Le plus ancien modèle théorique, spécifiquement développé pour le langage parlé, est le modèle COHORT (Marslen-Wilson & Welsh, 1978). Il est de type ascendant (bottom-up), la circulation des informations se réalise du niveau acoustique au niveau lexical : le niveau sublexical active le niveau lexical de manière unilatérale, et cette activation nécessite une concordance exacte entre eux. L'accès au lexique phonologique s'effectue avant même que la prononciation du mot ne soit terminée. Grâce à ses connaissances lexicales, l'auditeur peut anticiper la fin du mot et inférer le début du mot suivant. Mais ce type de modèle n'explique pas certains phénomènes top-down observés, tel que celui de la restauration phonémique (Warren, 1970). Des modèles interactifs se sont alors développés, appuyés par les avancées en exploration cérébrale : par exemple, Noe et Fischer-Baum (2020) ont récemment mesuré par électro-encéphalogramme l'influence des informations lexicales sur la perception sublexicale dès 100 ms après présentation des stimuli. TRACE (McClelland & Elman, 1986) est un modèle interactif reconnu, dans lequel les niveaux de traitement langagiers s'influencent les uns les autres. Dans ce modèle, la segmentation est le résultat d'un processus de compétition : l'unité lexicale la plus activée inhibe les items alignés avec le signal acoustique à partir d'un point d'alignement différent, et les frontières lexicales sont détectées. SHORTLIST (Norris, 1994) combine opérations sérielles et interactions entre les différents niveaux de traitement. Un ensemble d'hypothèses lexicales sont appliquées pour l'ensemble des points du signal, et la liste de candidats est réduite de manière à la fois de manière latérale (comme TRACE) et bottom-up (comme COHORT).

L'identification pourrait également se réaliser sur la base de calculs probabilistes. Dans le modèle SHORTLIST B de Norris et McQueen (2008), il y aurait une activation des probabilités de mots, et non une activation des mots candidats eux-mêmes. Dans le modèle PARSER (Perruchet & Vinter, 1998), certains éléments du langage seraient regroupés en fonction de leur fréquence de co-occurrence, et les représentations lexicales ainsi formées seraient renforcées si elles sont fréquentes, ou supprimées si le groupement est incorrect (par exemple, lorsque la frontière du mot est mal placée).

D'autres indices fonctionnant sur le principe top-down sont disponibles pour segmenter le discours. Les indices contextuels (ex. phénomène de restauration phonémique) permettent à l'auditeur d'identifier le phonème plus facilement lorsqu'il est compris dans un mot, et mieux encore

dans une phrase. L'auditeur se base aussi sur ses connaissances psycho-socio-culturelles pour anticiper la signification du message et donc des mots pouvant apparaître dans le discours. Enfin, il existe des relations prédictives entre les différents éléments de la phrase, sur lesquelles l'auditeur peut s'appuyer pour segmenter le discours. Ces indices syntaxiques fonctionnent sur la base des probabilités de transition, mais à un niveau lexical (Mersad & Nazzi, 2011). La présence de certaines catégories lexicales dépend des autres éléments de la phrase (Saffran, 2002). Par exemple, les mots grammaticaux comme les articles ou les prépositions, fréquents dans la langue française, servent de marqueurs pour les mots qui les suivent. Ils se retrouvent généralement aux frontières des unités prosodiques des phrases, facilitant l'accès lexical des mots apparaissant à leur suite (Christophe, Guasti, Nespor & Van Ooyen, 1997).

.1.2.3. Hiérarchisation et interaction des indices de segmentation

Ainsi, l'auditeur s'appuierait sur de multiples indices pour segmenter le flux de parole. Mais la parole naturelle est complexe : chaque indice n'est pas disponible systématiquement entre chaque unité, et certains sont parfois présents simultanément. Il existerait une hiérarchie des indices de segmentation chez l'adulte britannique (Mattys, White & Melhorn, 2005), dépendant de la qualité du signal acoustique, de la convergence des indices, et de leur caractère redondant. L'auditeur privilégierait les indices lexicaux lorsque la qualité du signal sonore est optimale et les indices sublexicaux lorsqu'elle est dégradée, ce qui est généralement le cas en situation de parole naturelle car les bruits environnants sont nombreux. Les indices lexicaux seraient eux-mêmes délaissés au profit des indices sémantico-syntaxiques, lorsque ceux-ci sont accessibles. En revanche, ils seraient favorisés lorsque la charge cognitive est trop importante (par exemple en raison d'un traitement concurrent mnésique ou attentionnel, Mattys, Brooks, & Cooke, 2009).

Par ailleurs, certains indices lexicaux et sublexicaux interagissent et créent ensemble un synergisme positif améliorant l'efficacité de la segmentation de la parole (Bagou & Frauenfelder, 2018). Un exemple important dans le cadre de ce mémoire a été l'objet d'étude de Palmer, Hutson, White, et Mattys (2019). Cette étude a mis en évidence le rôle de la connaissance lexicale sur l'amélioration de la sensibilité aux probabilités de transition des syllabes et à l'extraction des mots artificiels des participants tout-venant. La présence du mot connu a également rendu les sujets plus conscients de leur performance. Cependant, des troubles langagiers tels que ceux induits par un Accident Vasculaire Cérébral (AVC) pourraient venir perturber l'utilisation de ces indices.

.2. Compréhension lexicale des personnes aphasiques

L'aphasie est définie comme une « *désorganisation du langage pouvant intéresser aussi bien son pôle expressif que son pôle réceptif, ses aspects parlés que ses aspects écrits, et en rapport avec une atteinte des aires cérébrales spécialisées dans les fonctions linguistiques* » (Roger, 2018, p.28). Elle a comme principale cause l'AVC. Un grand nombre de processus langagiers sont localisés dans l'hémisphère gauche chez la majeure partie des individus droitiers, ce qui explique que ce trouble langagier soit généralement consécutif à des lésions cérébrales de cet hémisphère. Environ un tiers des individus touchés présentent des troubles du langage. Seul un quart d'entre eux récupèrent complètement leurs facultés antérieures. D'après le site internet de la Fédération Nationale des Aphasiques de France, le nombre d'individus aphasiques en France est estimé à plus de 300 000. En découlent des perturbations du langage très diverses, qui peuvent toucher à la fois l'expression et la compréhension du langage. Des chercheurs s'intéressent aux processus sous-jacents altérés, en

s'appuyant sur des modèles théoriques, et les mettent en lien avec les structures cérébrales touchées.

A la suite de lésions vasculaires cérébrales, les différents niveaux de la compréhension orale du discours peuvent être touchés. Les surdités corticale et verbale pure, ainsi que les agnosies auditives constituent les principaux troubles de la perception auditive (Platel, Lechevalier, Lambert & Eustache, 2009). La surdité corticale est entraînée par des lésions bilatérales des aires auditives primaires. Le patient a l'impression d'être sourd. Il perçoit certains sons, mais l'audiogramme vocal est nul. Les potentiels évoqués auditifs sont altérés (Denise et al., 2008), ce qui signifie que le fonctionnement des voies auditives l'est aussi. Dans la surdité verbale pure, la discrimination et l'identification des phonèmes sont perturbées. Selon certains auteurs, c'est un type d'agnosie auditive. La perception des paramètres acoustiques du signal sonore (fréquence, intensité et durée) serait également touchée (Platel et al., 2009), que les sons soient verbaux ou non. L'agnosie auditive désigne quant à elle l'impossibilité d'identifier et de distinguer les sons environnementaux, musicaux ou vocaux (Lechevalier et al., 2013), alors que le patient déclare les entendre. Elle peut aussi concerner la prosodie émotionnelle, c'est-à-dire que l'auditeur ne peut plus identifier les éléments paralinguistiques qui se superposent au message et traduisent l'état émotionnel du locuteur (comme le débit, ou l'intonation). La perception acoustique de la durée serait altérée. Lors d'une atteinte pure du lexique phonologique d'entrée, les représentations phonologiques ne sont pas activées, entraînant une surdité à la forme des mots (Auzou et al., 2008). L'accès au système sémantique peut aussi être perturbé spécifiquement en modalité orale. L'individu réussit à discriminer les phonèmes et à déterminer si un stimulus auditif est un mot, mais ne parvient pas à accéder à sa signification. Enfin, le déficit du système sémantique correspond à la perte des traits sémantiques qui constituent les concepts (Lambert, 2013). La personne ne peut plus accéder au sens des mots, à la fois en compréhension et en production, et ce, quelle que soit la modalité de présentation. La segmentation de la parole de l'individu cérébrolésé pourrait donc être altérée dès que l'un de ces troubles se présente.

Peu de chercheurs se sont intéressés aux capacités de segmentation de la parole des individus atteints d'une aphasie. Des difficultés de segmentation ont néanmoins été observées chez ces sujets (Basirat et al., 2019 ; Jacquemot et al., 2007). Peñaloza et ses collègues (2014) ont étudié ce processus cognitif par le biais de l'apprentissage statistique, auprès de quatorze individus aphasiques. Seulement quatre d'entre eux ont obtenu un score supérieur au hasard. Les capacités de segmentation pourraient donc être touchées à la suite de lésions cérébrales. Ces résultats pourraient s'expliquer par des difficultés phonologiques entravant la reconnaissance des mots, ou par des troubles de la mémoire de travail permettant de maintenir les informations phonologiques en mémoire jusqu'à la fin du processus (Jacquemot et al., 2007).

.3. Apprentissage statistique

Comme développé précédemment, le recours aux indices statistiques est l'une des stratégies sublexicales qu'adopte le nourrisson pour segmenter la parole. Dès 8 mois de vie, il peut extraire les propriétés statistiques d'une langue artificielle (Saffran, Aslin & Newport, 1996) en stockant en mémoire les régularités, ce qui entraîne un effet d'apprentissage. Les séquences de syllabes à forte probabilité de transition seraient ainsi considérées comme des mots potentiels. Mais pour l'adulte, le lien entre segmentation statistique et apprentissage des mots serait plus complexe (Mirman, Magnuson, Estes & Dixon, 2008). Un phénomène d'inhibition s'ajouterait lorsque les transitions des syllabes des mots candidats violent les probabilités de transitions apprises précédemment.

L'apprentissage statistique est fonctionnel tout au long de la vie, il a été également observé chez les personnes âgées (Palmer, Hutson & Mattys, 2018). Mais les performances de celles-ci varient selon l'implication de la mémoire de travail dans les tâches demandées. Or, il a été démontré que les ressources de ce type de mémoire déclinaient avec l'âge (Krolak-Salmon & Thomas-Antérion, 2010 ; Sylvain-Roy, Lungu, & Belleville, 2015). L'âge moyen des personnes ayant subi un AVC serait de 73 ans en France (Schnitzler, 2017). En raison de leur âge, ces individus pourraient présenter des difficultés à mémoriser les probabilités de transition des syllabes. En raison de leur pathologie, les personnes présentant une aphasie, quel que soit le type, réalisent également de moins bonnes performances lors de tâches requérant leur mémoire de travail (Ivanova, Dragoy, Kuptsova, Ulicheva, & Laurinavichyute, 2014 ; Jacquemot et al., 2007 ; Murray, 2012). En plus de cette contrainte mnésique, une contrainte attentionnelle peut aussi affecter les résultats de l'apprentissage statistique. Après une écoute passive et sans qu'il lui ait été précisé de se concentrer sur la tâche, l'auditeur tout-venant isole de façon implicite les mots du flux de parole en se basant sur ses régularités statistiques. Mais lorsque son attention est détournée et que la charge cognitive devient trop importante, ses performances de segmentation diminuent fortement (Fernandes, Kolinsky & Ventura, 2010 ; Toro, Sinnott & Soto-Faraco, 2005). Lorsque l'attention du sujet est dirigée sur le flux de parole (recherche active des mots candidats de langue artificielle), sa performance devient plus importante que lors de l'écoute passive des stimuli (Fernandes, Kolinsky & Ventura, 2010 ; Palmer & Mattys, 2016). Les ressources attentionnelles des individus aphasiques seraient plus faibles (Murray, 2012), ce qui limiterait leur capacité à enregistrer les régularités statistiques de la langue.

.4. Etude de l'apprentissage statistique

Dans la littérature, l'exposition à une langue artificielle permet d'étudier l'utilisation des indices statistiques. L'auditeur écoute ainsi passivement des mots artificiels qui ne possèdent aucune signification, pour qu'il ne puisse pas utiliser ses connaissances linguistiques. Le flux de parole est continu, sans pause, et sans prosodie pour ne pas marquer les frontières entre les syllabes et les mots. Si l'individu est capable d'apprendre les mots de cette langue (c'est-à-dire de localiser leurs limites et de les stocker en mémoire), cela signifie qu'il aura bénéficié uniquement de l'apprentissage statistique. Pour le savoir, une tâche de décision lexicale peut être administrée. Le participant choisit ensuite entre deux items lequel appartient à la langue artificielle (Ordin & Polyanskaya, 2020 ; Palmer et al., 2019), ou il détermine si l'item proposé était un mot appartenant à cette langue (Buiatti, Peña, & Dehaene-Lambertz, 2009).

Cunillera et ses collègues (2009) ont étudié les capacités de segmentation d'une langue artificielle chez des adultes tout-venant, via l'apprentissage statistique auditif par Imagerie par Résonance Magnétique fonctionnelle. Ils ont mis en évidence une activation importante du gyrus temporal postérieur supérieur, et du cortex prémoteur supérieur dans l'hémisphère gauche. Cette partie du gyrus temporal serait reliée au traitement et au stockage transitoire des informations phonologiques. Le cortex prémoteur supérieur recueillerait cette séquence de sons, qui serait mise en correspondance avec une séquence de gestes articulatoires, et maintenue en mémoire grâce à la boucle phonologique. Ce réseau temporo-frontal de la voie dorsale permettrait aux auditeurs exposés à une langue qu'ils ne connaissent pas de segmenter le flux de parole en mots. L'activité neuronale de l'apprentissage statistique a été étudié plus récemment par Ordin, Polyanskaya et Soko (2020), qui se sont également intéressés à la phase expérimentale de la reconnaissance. Les observations de Cunillera et al. (2009) ont été reproduites : l'apprentissage activerait le gyrus temporal supérieur mais

aussi le cingulaire antérieur. La reconnaissance ferait intervenir quant à elle le gyrus frontal inférieur gauche.

Les sujets aphasiques auraient des difficultés pour extraire les régularités statistiques du flux de parole, et ce quel que soit l'hémisphère touché, selon les résultats retrouvés dans l'étude de Shaqiri et al. (2018). Mais ces auteurs n'ont pas établi de liens entre ces difficultés et la localisation des lésions des patients. Les résultats de l'étude de Peñaloza et al. (2014) sont plus nuancés, certaines personnes aphasiques pourraient conserver des capacités d'apprentissage statistique efficaces, probablement grâce à la réorganisation neuronale qui a lieu après l'AVC. Les sujets étudiés avaient en commun leurs lésions uniquement postérieures, et leur légère aphasie. Les chercheurs n'ont pas établi de corrélation entre gravité de l'aphasie et performance de segmentation. Ils ont cependant confirmé l'importance de l'intégrité des régions frontales des patients dans l'apprentissage statistique, comme le relevaient Cunillera et al. (2009), ainsi que dans la rétention immédiate des mots potentiels en mémoire à court terme. Zmuda (2020) a émis le même constat dans son étude de cas uniques : les individus aphasiques qu'elle a étudiés présentaient des difficultés à segmenter la langue artificielle lorsqu'ils n'avaient comme seul indice que les régularités statistiques de la langue. Leurs lésions se situaient toutes sur le territoire cérébral antérieur. Elle a néanmoins observé un lien de corrélation entre capacités de segmentation et sévérité de l'aphasie. Les résultats obtenus sont cependant à nuancer, compte-tenu du petit nombre de participants inclus dans son étude.

.5. But du mémoire et hypothèses

Ce projet s'inscrit dans la continuité du mémoire d'Orthophonie de Laetitia Zmuda « Apprentissage statistique et segmentation de la parole en aphasie », afin d'ajouter de nouvelles données à celles collectées précédemment. L'objectif est d'étudier les capacités de segmentation des participants atteints d'une aphasie, à travers l'apprentissage des régularités statistiques d'une langue artificielle, et de connaître l'apport des connaissances lexicales dans cette tâche. Les résultats obtenus seront corrélés avec les capacités langagières des participants.

Nous nous attendons à ce que la performance des participants à segmenter la langue artificielle soit améliorée avec l'aide de l'indice lexical, comme cela a été observé chez de jeunes adultes tout-venant (Palmer et al., 2019).

Méthodologie

.1. Participants de l'étude

Dans le cadre du présent mémoire, cinq participants ont été recrutés dans des structures destinées aux patients aphasiques en phase post-aigüe, situées dans le Finistère (centre de Rééducation Fonctionnelle et Pôle de Rééducation d'un Centre Hospitalier). Les critères d'inclusion sont les suivants :

- AVC remontant à moins d'un an
- aphasie objectivée par un bilan orthophonique à l'admission du patient dans la structure
- oui/non fiable, vérifié par la réponse à des questions simples dont les réponses étaient connues

Les participants ne devaient pas souffrir :

- d'une autre pathologie neurologique
- d'un déficit moteur entravant la passation du protocole
- d'un trouble (neuro)visuel ou auditif décelé mais non corrigé
- d'un AVC antérieur à l'AVC actuel

Trois participants de l'étude effectuée par la précédente mémorante ont été inclus dans la présente étude. L'âge moyen des 8 participants est de 71,37 ans ($ET = 18.79$, étendue = 59 ans, de 32 à 91 ans), et leur AVC datait d'en moyenne 2,25 mois ($ET = 1.58$). Trois participants étaient des hommes, cinq des femmes. Deux étaient gauchers, les sept autres droitiers. La durée de scolarité moyenne était de 11,12 ans après le CP ($ET = 2.85$, étendue = 7, de 8 à 15 ans). Le tableau récapitulant les données personnelles des participants est disponible en annexe (cf. Annexe 5).

Le protocole informatisé avait reçu un avis favorable du comité d'Ethique de l'Université de Lille. Une déclaration auprès du délégué à la protection des données de l'Université de Lille a également été réalisée. Une lettre d'information a été remise aux participants (cf. Annexe 1) détaillant les critères d'inclusion et d'exclusion, l'objectif de l'étude, le déroulement du protocole, les droits du participant et le traitement des données personnelles. Les sujets disposaient de quatre jours de réflexion avant signature du formulaire de consentement (cf. Annexe 2). Les données recueillies ont été anonymisées à l'aide d'un code attribué aux participants.

.2. Matériel de l'étude

.2.1. Evaluation des capacités langagières des sujets aphasiques

La sévérité globale de l'aphasie a été déterminée d'après l'échelle de gravité de l'aphasie de l'Echelle d'Evaluation de l'Aphasie (Goodglass & Kaplan, 1972), cotée de 1 à 5. Les capacités langagières des participants ont été évaluées à partir de subtests de la Batterie d'Evaluation Cognitive du Langage (BECLA, Macoir, Gauthier, Jean, & Potvin, 2016), du Protocole Montréal-Toulouse d'examen linguistique de l'aphasie (MT 86, Nespoulous et al., 1992), et de l'épreuve informatisée de discrimination de consonnes (Van der Kaa, & Majerus, 2007). Les subtests proposés sont détaillés ci-dessous (tableau 1). Lorsque ces épreuves avaient déjà été réalisées lors d'un bilan orthophonique datant de moins d'un mois, leurs résultats qualitatifs et quantitatifs ont été récupérés.

Tableau 1. Epreuves langagières utilisées et compétences évaluées

Nom du test utilisé	Nom de l'épreuve proposée	Compétence évaluée
<i>BECLA</i>	Décision lexicale orale n°2	Accès au lexique phonologique d'entrée
	Appariement sémantique d'images n°5	Activation des représentations sémantiques à partir d'un stimulus pictural
	Appariement mot entendu-image n°6	Activation des représentations sémantiques à partir du stimulus oral
	Dénomination orale d'images n°8	Production orale des mots à partir du stimulus pictural Activation des représentations sémantiques Lexique phonologique de sortie

Nom du test utilisé	Nom de l'épreuve proposée	Compétence évaluée
<i>BECLA</i>	Jugement de rime sur image n°9	Accès au lexique phonologique de sortie
	Répétition de mots n°11	Système de production orale de mots
	Répétition de non-mots n°12	Voie non-lexicale de production orale
	Répétition différée de mots n°13	Système de production orale de mots Boucle phonologique
	Répétition différée de non-mots n°14	Boucle phonologique
<i>MT 86</i>	Compréhension orale de phrases	Compétences morphosyntaxiques en réception
	Manipulation d'objets sur consigne verbale	Compétences morphosyntaxiques en réception à partir d'ordres simples et complexes
<i>Epreuve de discrimination de consonnes</i>		Compétences phonologiques en réception (présentation accélérée ou à vitesse normale)

.2.2. Stimuli proposés lors de la phase d'exposition

Comme développé précédemment, la tâche d'apprentissage d'une langue artificielle permet d'étudier l'influence de l'indice statistique dans la segmentation des mots (Palmer et al., 2019). Les stimuli utilisés (milora, minoura, pounouki, pouloki, fonoubé et folobé) ont été adaptés de l'étude de Buiatti et al. (2009), ils respectent les règles phonotactiques de la langue française. Ils ont été constitués par concaténation de six séquences de trois syllabes de type consonne-voyelle (C-V) dans chaque flux. Ils sont construits sur le pattern $[CV]_{1/2/3} [CV]_{a/b} [CV]_{1'/2'/3'}$, avec les première et dernière syllabes identiques par paire. La syllabe du milieu qui les différencie peut prendre deux formes, différentes des autres syllabes. Chaque mot ainsi élaboré apparaît 45 fois dans le flux de parole artificiel, avec une contrainte : les items identiques et ceux construits avec les mêmes syllabes en début et fin de mot ne se suivent jamais (ordre semi-aléatoire). Le participant est donc exposé à un total de 270 mots artificiels dans la condition de base (flux A), pendant une durée d'environ trois minutes. Ces mots ont été synthétisés dans le but de contrôler les indices sublexicaux sur lesquels l'auditeur peut s'appuyer pour segmenter le flux de parole. Ils sont de même durée et prononcés avec une même fréquence et plage d'intensité, ce qui shunte le recours possible aux indices prosodiques et acoustico-phonétiques du flux de parole. L'auditeur ne peut s'appuyer que sur les informations statistiques pour délimiter les frontières des mots. Les probabilités de transitions entre les syllabes sont fixes : elles sont de 1 entre les syllabes et fluctuent entre 0,1 et 0,4 entre les mots artificiels.

Dans la condition « mot-connu » (flux A+), un mot appartenant à la langue française « médicament » est inséré dans les stimuli, pour étudier l'apport de l'indice lexical. Il ne vient pas remplacer un mot, pour ne pas modifier le flux de langue artificielle. Il se compose de quatre syllabes, contrairement aux mots artificiels qui n'en comportent que trois, pour que l'accès à ce mot n'entraîne pas d'attentes métriques guidant la segmentation du flux de parole.

.2.3. Stimuli proposés lors de la phase test

Après exposition à l'un des flux, les participants ont été évalués sur une tâche de décision lexicale informatisée. Trois types de stimuli étaient proposés : des mots artificiels, des mots règles, et des mots partiels. Les mots artificiels appartiennent à la langue artificielle et apparaissaient donc lors

de la phase d'exposition. Les mots règles sont construits avec les mêmes syllabes que les mots artificiels, mais n'apparaissent jamais dans le flux de langage, même à travers l'enchaînement de deux unités. Leurs première et dernière syllabes sont construites de la même façon que les mots de la langue artificielle, mais leur deuxième syllabe possède une forme différente : cette syllabe est la même que celle que l'on retrouve dans les autres positions des mots (en initiale et en finale). Enfin, les mots partiels se composent de syllabes consécutives qui apparaissent dans le flux de parole, mais qui appartiennent à deux mots artificiels différents. Ils sont constitués des deux dernières syllabes d'un mot et de la première d'un autre mot. Six mots artificiels, six mots règles et six mots partiels ont ainsi été présentés trois fois aléatoirement aux participants (soit 54 occurrences au total). Ils sont détaillés dans le tableau (2) ci-dessous.

Tableau 2. Stimuli proposés lors de la tâche de décision lexicale.

Mots artificiels		Mots partiels		Mots règles	
Milora	Pouloki	Nourafo	Lobémi	Poumiki	Fokibé
Minoura	Fonoubé	Noukifo	Lorapou	Poufoki	Mibéra
Pounouki	Folobé	Noubémi	Lokimi	Fopoubé	Mipoura

.3. Procédure

.3.1. Déroulement de l'étude

La mise en place du protocole au sein des structures de rééducation est résumée sur le schéma suivant :

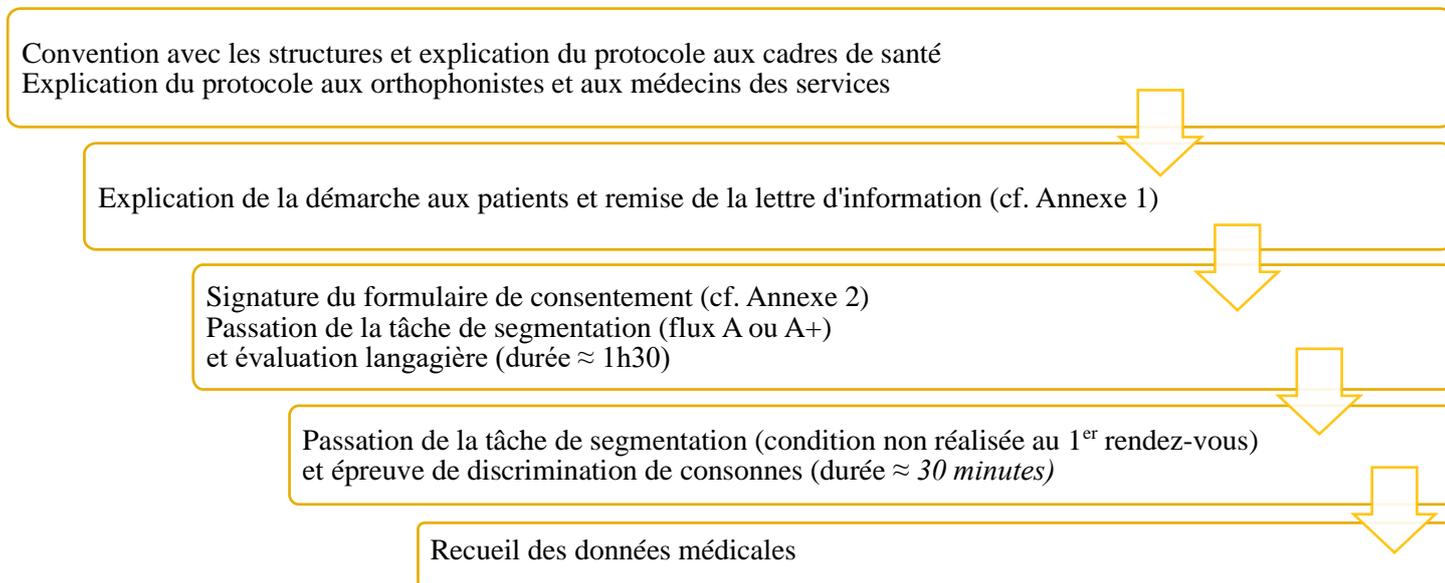


Figure 2. Etapes de la mise en place du protocole.

La passation du protocole s'est réalisée en deux temps, dans un environnement calme. Au premier rendez-vous, la tâche de segmentation a été proposée (flux A ou A+). Les participants ont écouté passivement le flux de stimuli artificiels (phase d'apprentissage). Cinq participants ont été exposés au flux de base, trois au flux A+ (procédure inspirée de l'étude de Palmer et al., 2019). Puis ils ont effectué la tâche de décision lexicale, avec la consigne d'évaluer le plus vite possible si le mot

présenté apparaissait dans la langue artificielle. Après chaque item, une échelle de confiance a été proposée pour qu'ils puissent juger du degré de certitude de leur réponse (peu sûr/moyennement sûr/très sûr ; Palmer et al., 2019). Lorsque les participants ont réalisé la tâche de segmentation de la condition mot-connu, ils ont dû restituer le mot « médicament », ou tenter de le reconnaître parmi plusieurs images proposées, pour déterminer s'il était identifié comme tel lors de l'exposition de la langue artificielle. Les capacités langagières ont ensuite été évaluées avec les subtests du MT86 et de la BECLA. Dans un deuxième temps, les participants ont effectué la tâche de segmentation dans l'autre condition, ainsi que l'épreuve de discrimination de consonnes évaluant la phonologie en réception.

.3.2. Traitement des données

Les scores obtenus au test de segmentation ont été analysés en fonction du pourcentage de réponses correctes des participants et de leur degré de certitude. Des analyses statistiques ont été réalisées à partir des données recueillies avec le logiciel JASP (JASP Team, 2019). Les corrélations sont considérées comme significatives lorsque le risque d'erreur est inférieur à 5% ($p < .05$).

Les tests utilisés sont les suivants :

- le T-test apparié : Il évalue les différences de moyennes obtenues par le même groupe de participants. Il permet de déterminer si l'indice lexical bénéficie à la segmentation via l'apprentissage statistique, en comparant les scores obtenus (certitude et pourcentage de réponses correctes) dans les deux conditions.
- le T-test simple : Il compare les moyennes du groupe de participants à une autre moyenne de référence. Il est employé pour savoir si le pourcentage de réussite est significativement supérieur au niveau de hasard.
- le test de corrélation de Pearson : Il étudie une association linéaire entre deux variables. Il est utilisé pour analyser les liens :
 - o entre les résultats de la tâche de segmentation et le degré de certitude
 - o entre les résultats de la tâche de segmentation et les scores aux épreuves langagières
 - o entre les résultats de la tâche de segmentation et les informations personnelles des participants (âge, années d'études, durée de l'AVC, etc)

Résultats

Le protocole a été proposé à cinq participants dans le cadre du présent mémoire (nommés P17, P72, P30, P08 et P41 pour préserver leur anonymat). Les trois participants du mémoire précédent (P99, P86 et P66) ayant réalisé la tâche de segmentation dans les mêmes conditions ont également été inclus dans notre étude, pour renforcer la puissance statistique des données recueillies. La synthèse individuelle des évaluations langagières et de la tâche de segmentation est accessible en annexe, ainsi que le tableau récapitulatif des scores obtenus par tous les participants (cf. Annexes 6 et 7). Le tableau 3 présente le pourcentage de réponses correctes pour chacun des huit participants sur la totalité des items, ainsi que la moyenne de leur certitude totale, en fonction du flux auquel ils ont été soumis.

Tableau 3. Pourcentage des réponses correctes et moyenne des certitudes en fonction du flux présenté (« A+ » pour la condition mot-connu, « A » pour la condition de base), pour la totalité des items.

	Pourcentage de réponses correctes		Moyenne des certitudes totales	
	A	A+	A	A+
P17	55,56	62,96	1,20	1
P08	61,11	44,44	1,81	1,96
P41	46,30	55,56	2,09	2,39
P99	51,85	51,85	2,44	2,20
P66	62,96	57,41	2,02	1,70
P30	68,52	68,52	1,54	1,09
P72	62,96	66,67	2,13	1,15
P85	46,30	46,30	2,11	1,89
Moyenne	56,94	56,71	1,91	1,67

1. Pourcentage de réponses correctes

Si l'on analyse les résultats de l'ensemble de groupe de participants, la tâche de segmentation est réussie à un niveau significativement supérieur au hasard (soit 50%) avec un pourcentage de réponses correctes moyen total de 56,83% ($p < .001$; $ET = 27.44$). Dans la condition de base, ce pourcentage est de 56,95% ($ET = 8.27$), il est significativement supérieur au hasard ($p = .049$). Ce n'est pas le cas dans la condition mot-connu ($p = .073$). Dans cette condition, le pourcentage de réponses correctes moyen est de 56,71% ($ET = 8.96$). La différence entre les deux conditions n'est pas non plus significative ($p = .938$).

Les diagrammes de la figure 3 permettent de visualiser les données pour chaque participant. P85 obtient un pourcentage sous le seuil du hasard dans les deux conditions, P41 dans la condition de base et P08 dans la condition mot connu. La barre d'erreur de P99 la situe aussi dans la zone proximale de ce seuil. La tâche de segmentation est mieux réussie dans la condition « mot-connu » pour trois participants (P17, P41, et P72) et moins bien pour deux (P08 et P66). Les scores obtenus sont identiques dans les deux conditions pour trois participants (P99, P30 et P85).

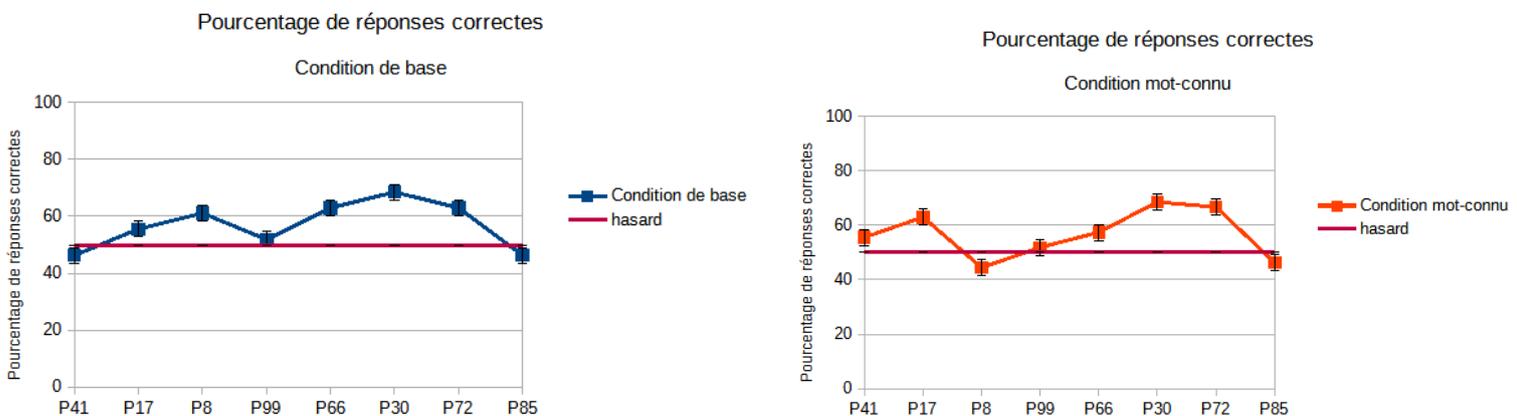


Figure 3. Pourcentage des réponses correctes dans chaque condition.

Les figures 4 et 5 représentent le pourcentage de réponses correctes de chaque type d'item en fonction de la condition, ainsi que le pourcentage de réponses correctes de tous les participants en fonction de la condition et du type d'item proposés.

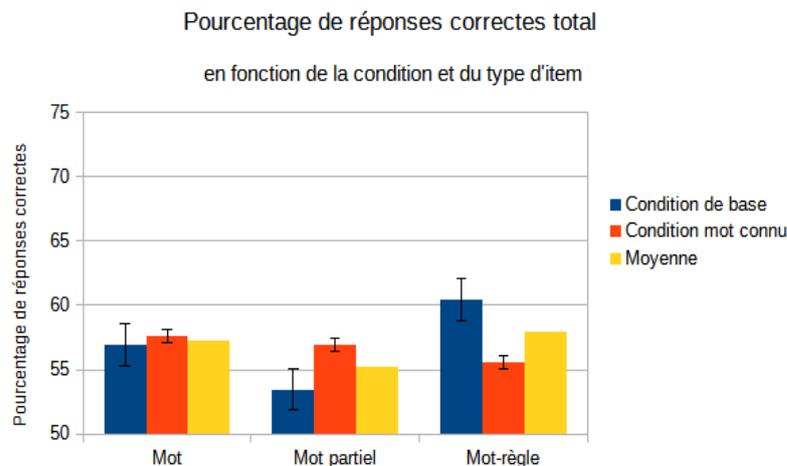


Figure 4. Pourcentage de réponses correctes moyen par type d'item, en fonction de la condition.

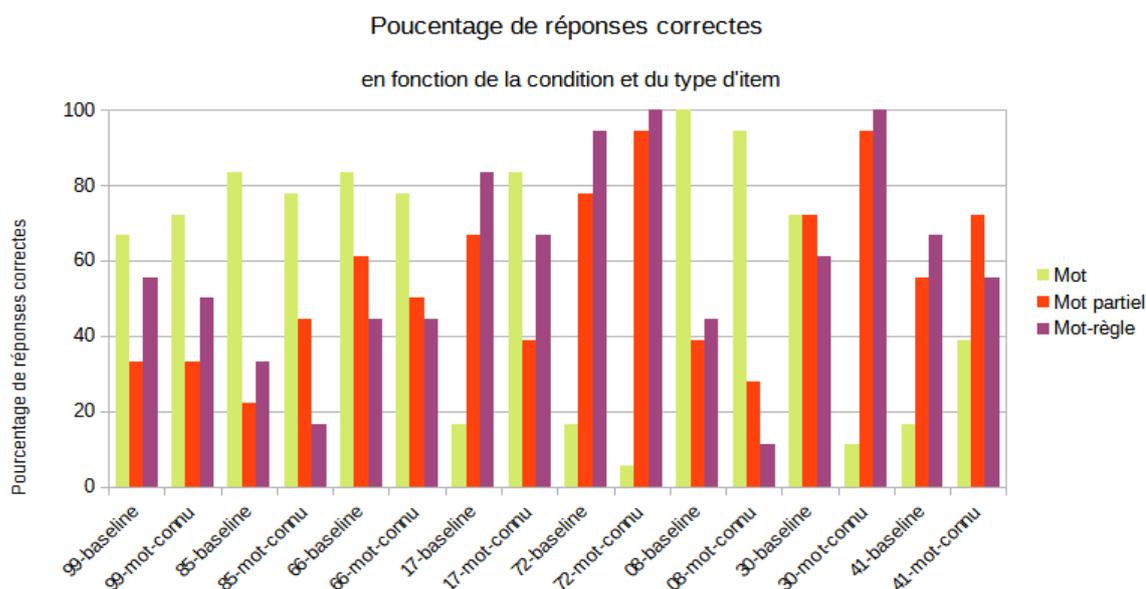


Figure 5. Pourcentage de réponses correctes obtenues par chaque participant, en fonction de la condition et du type d'item.

Dans la condition de base, les mots-règles étaient le type d'item le mieux réussi : ils étaient rejetés dans 60,42% des cas ($ET = 20.67$). En revanche, dans la condition « mot-connu », les mots étaient les mieux traités, avec un pourcentage de réussite de 57,64% ($ET = 34.38$). Au niveau individuel, et toute condition confondue, on constate que les mots sont mieux acceptés que les non-mots (mots partiels et mots règles) ne sont rejetés pour quatre participants (P99, P85, P66 et P08). C'est l'inverse qui se produit pour quatre autres participants (P72, P41, P30 et dans une moindre mesure, P17).

.2. Degré de certitude

La figure 6 illustre la moyenne du degré de certitude en fonction de chaque condition, pour chaque participant et sur la totalité des items.

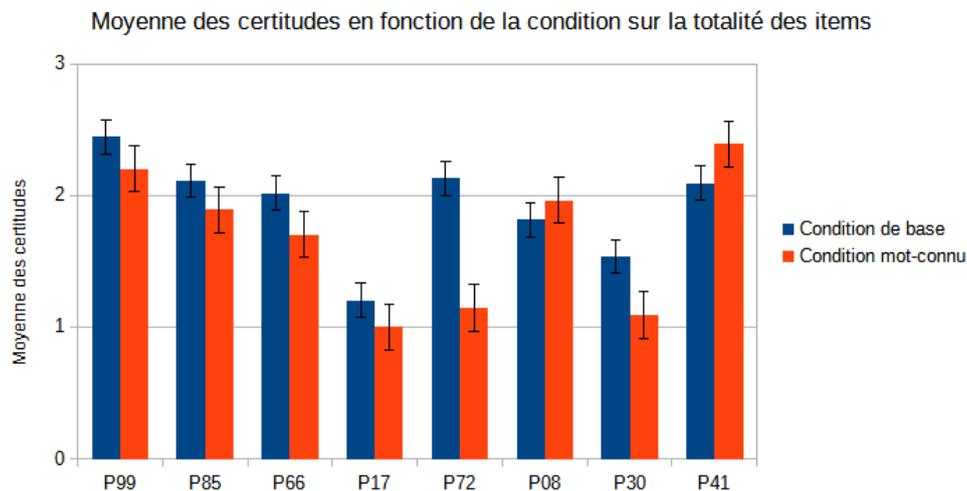


Figure 6. Degré de certitude moyen en fonction du flux de langue artificielle pour chaque participant.

Les moyennes des certitudes obtenues ne sont pas significativement différentes entre les deux flux d'exposition ($p = .109$). La certitude est plus élevée dans la condition de base pour six individus, et dans la condition « mot-connu » pour deux participants (P72 et P85). Il existe une corrélation entre les degrés de certitude dans les deux conditions ($p = .028$) : plus la certitude est élevée dans la condition A+, plus elle l'est également dans la condition A.

.3. Réponses correctes et certitude

La figure 7 représente le degré de certitude moyen en fonction du type d'item proposé et du flux d'exposition. Le degré de confiance moyen est plus élevé pour les réponses correctes lorsque les items présentés sont des mots ($M = 2.05$), et pour les réponses incorrectes lorsque ce sont des non-mots (mots partiels ou mots règles, $M = 1.92$).

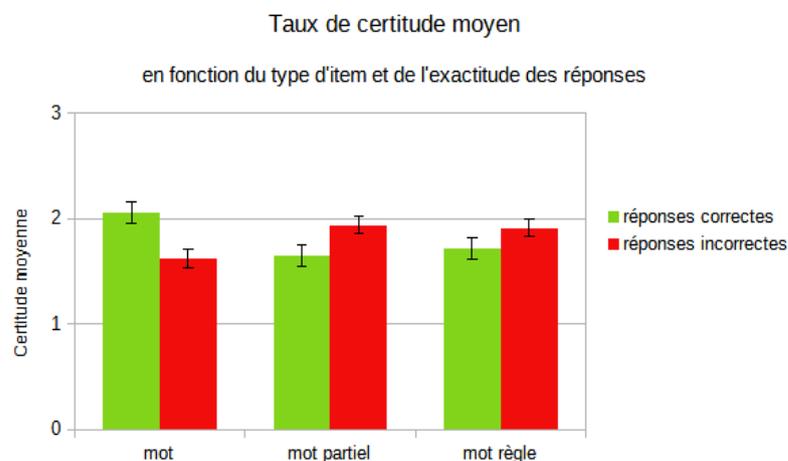


Figure 7. Degré de certitude moyen en fonction du type d'item et de l'exactitude des réponses.

Par ailleurs, des liens de corrélation négative significatifs apparaissent dans la condition « mot-connu » entre le pourcentage de réponses correctes et le degré de certitude ($r = -0.762, p = .014$). Les participants qui ont les plus faibles pourcentages de réussite (P85, P41, P08 et P99) ont également les degrés de certitudes les plus élevés dans cette même condition (cf. Figure 6). À l'inverse, la réussite à la tâche de segmentation n'est pas corrélée au degré de certitude dans la condition de base ($r = -0.379, p = .354$).

.4. Résultats à la tâche de segmentation et aux évaluations langagières

Aucun lien de corrélation significatif n'a été établi entre certaines données personnelles des participants (comme l'âge, niveau d'étude ou délai post-AVC) et la réussite à la tâche de segmentation, hormis un lien de corrélation positif significatif avec le nombre d'années d'études du participant ($r = .749, p = .016$).

Concernant les évaluations des capacités langagières des participants, les liens de corrélation significatifs dégagés sont les suivants :

- Corrélation positive entre le degré de sévérité de l'aphasie et le score de discrimination phonologique ($r = .623, p = .050$)
- Corrélation négative entre le pourcentage de réponses correctes de la tâche de segmentation et :
 - les percentiles situant la performance des participants à la tâche de répétition de mots (11P, $r = -0.751, p = .016$) et à la tâche de répétition différée de non-mots (14S, $r = -0.709, p = .037$)
 - les scores et les percentiles des participants aux tâches de répétition de non-mots (12S, $r = -0.692, p = .029$; 12P, $r = -0.835, p = .005$), et de répétition différée de mots (13S, $r = -0.764, p = .023$; 13P, $r = -0.710, p = .037$)

Discussion

.1. Résultats

Ce mémoire avait pour objectif d'étudier le rôle de l'apprentissage statistique et des connaissances lexicales dans le mécanisme de segmentation de la parole des personnes aphasiques, et des liens qu'ils pouvaient entretenir avec sa compréhension orale. Nous avons supposé que l'indice lexical améliorerait les compétences de segmentation du flux de parole basée sur les informations statistiques, comme cela avait été observé chez de jeunes adultes tout-venant (Palmer et al., 2019). Cependant, les résultats quantitatifs obtenus à la tâche de segmentation ne vont pas dans le sens de cette hypothèse, les moyennes des réponses correctes des participants ne différant pas statistiquement dans les deux conditions proposées. Il est probable que les individus aphasiques n'aient pas pu s'appuyer sur leurs connaissances lexicales, en raison des troubles langagiers induits par l'AVC. Ces observations avaient également été réalisées dans le précédent mémoire (Zmuda, 2020), dans lequel seul un participant aphasique avait bénéficié de l'appui lexical pour segmenter la langue artificielle.

Comme constaté dans l'étude de Peñaloza et al. (2014), aucun lien de corrélation n'a été établi entre la sévérité de l'aphasie et les performances de segmentation des participants. Les deux participants cérébrolésés droits qui n'ont pas identifié le mot « médicament » inséré dans le flux A+ (P17 et P72) sont ceux dont l'atteinte langagière était la plus importante, avec des difficultés sévères lexicales et morphosyntaxiques. Toutefois, ils semblent bénéficier de l'indice lexical, leurs performances étant plus importantes dans la condition « mot-connu » : le traitement des mots de P17 s'améliore de façon importante (16,67% à 83% de réussite), alors que le traitement des non-mots semble meilleur pour P72 (86,11% à 97,22% de réussite). L'atteinte lexicale ne semble donc pas prédictive des scores des participants après exposition au flux A+.

Les résultats de la tâche de segmentation sont corrélés aux scores obtenus aux épreuves de répétition de matériel linguistique (répétition immédiate ou différée, de mots et de non-mots). Ces subtests évaluent le fonctionnement de la boucle phonologique. Les mêmes mécanismes neuronaux seraient impliqués lors des tâches de répétition et de segmentation de la parole via l'apprentissage statistique (Palmer & Mattys, 2016). Les individus aphasiques auraient des difficultés à maintenir les représentations phonologiques activées (Peñaloza et al., 2014), comme P72, P66 ou encore P30. Cependant, contrairement à ce que l'on pourrait attendre en s'appuyant sur les données de la littérature (Cunillera et al., 2009 ; Jacquemot et al., 2006 ; Peñaloza et al., 2014), ce sont pourtant ces mêmes participants qui réussissent le mieux la tâche de segmentation : la corrélation entre cette dernière et la tâche de répétition est négative dans notre étude. Mais la boucle phonologique ne serait pas le seul mécanisme soutenant l'apprentissage statistique (Palmer & Mattys, 2016). Il reposerait sur des processus de mémoire de travail plus généraux, ce qui pourrait expliquer les performances de ces participants. Dans la suite de cette étude, une évaluation précise de la mémoire de travail des participants dans différentes modalités serait intéressante pour mieux comprendre ces tendances observées.

Le traitement métacognitif de l'apprentissage statistique fait débat dans la littérature, mais les études à ce sujet sont peu nombreuses. Dans notre méthode, la consigne explicite donnée aux participants était « d'écouter attentivement la langue inventée pour trouver les mots de la langue » avant d'être exposés à la langue artificielle. Le jugement de la certitude effectué après la décision lexicale serait donc lié à la conscience du sentiment de familiarité des mots artificiels (Ordin & Polyanskaya, 2020). Les participants qui obtiennent les plus faibles pourcentages de réussite à la tâche de segmentation dans la condition « mot-connu » ont également les degrés de certitudes les plus élevés dans cette même condition, ce qui ne correspond pas aux observations réalisées dans le cadre de l'étude de Palmer et al. (2019). Cependant, si l'on se focalise sur le type d'item en particulier que sont les mots, on s'aperçoit que le degré de confiance semble plus élevé pour les réponses correctes. La certitude semble donc informative quant à l'exactitude des réponses des participants de l'étude lorsqu'ils émettent un jugement lexical sur un mot artificiel, ce qui pourrait être un témoin de la conscience du traitement métacognitif.

Par ailleurs, la corrélation entre les degrés de certitude des deux conditions pourrait illustrer les tendances individuelles liées à la personnalité de chaque participant. Par exemple, un individu manquant de confiance en lui aurait tendance à juger comme « peu sûres » la majorité de ses réponses, par peur de se tromper, que ce soit dans la condition de base ou dans la condition « mot-connu ».

.2. Limites de l'étude et pistes d'amélioration

Des biais méthodologiques apparaissent dans notre étude. Les stimuli présentés lors de la tâche de décision lexicale peuvent aussi perturber la rétention des stimuli de la phase d'exposition. Chaque stimulus est présenté trois fois, ce qui peut entraîner un effet d'apprentissage des mots de la langue artificielle, mais aussi des non-mots. Cette répétition permet d'analyser l'effet du temps sur la conservation en mémoire des mots extraits, mais elle induit également les participants en erreur. Il est à noter que deux participants semblent avoir modifié leurs réponses en présumant qu'ils avaient commis d'éventuelles erreurs. P41 s'est irrité de la répétition des items, en exprimant à voix haute qu'il avait dû se tromper à la première présentation. P08 a quant à elle expliqué qu'elle ne comprenait pas pourquoi les mots revenaient, sans toutefois les identifier (elle ne répétait pas toujours les items correctement), en ajoutant « ça doit être ça alors ». De plus, un total de 54 items était proposé aux participants lors de la tâche de décision lexicale, tâche réalisée en une seule fois. Les individus sélectionnés pour cette étude étaient particulièrement fatigables, le maintien de l'attention sur des temps aussi longs était difficile. Certains d'entre eux (comme P30 ou P41) ont exprimé un « oubli des mots » dès le début de la tâche, et d'autres montraient des signes de lassitude. Une possibilité d'amélioration pour les mémoires futurs serait de ne prendre en compte que le premier tiers des stimuli présentés, pour éviter ces biais. Il serait également envisageable de réduire la durée de la phase test d'un tiers, en supprimant une répétition de tous les items.

De plus, le nombre de passations a été limité en raison de la crise sanitaire liée au COVID-19. Seuls huit participants ont été inclus dans la présente étude. Les tendances dégagées ne sont peut-être pas représentatives de la population cérébrolésée ciblée.

Enfin, il existe de multiples façons d'évaluer l'apprentissage statistique. Ces différentes mesures ne sont pas toujours corrélées entre elles (Erickson, Kaschal, Thiessen, & Stutts Berry, 2016 ; Siegelman & Frost, 2015), ce n'est pas un processus unitaire. En outre, l'apprentissage statistique se rapporte à l'apprentissage de différentes informations statistiques : la probabilité que des unités prédisent d'autres unités, ou la fréquence et la variabilité de ces dernières. Ces unités peuvent être considérées de manière séquentielle (les auditeurs s'appuient sur les probabilités de transition), ou simultanée (ils s'appuient alors sur les probabilités de co-occurrence), ce qui ne permet pas de savoir où se situent les difficultés de chaque participant. De plus, ces dernières peuvent aussi bien toucher la mémorisation des probabilités que leur traitement. Il est alors difficile de déterminer précisément ce qu'évalue la tâche de segmentation proposée dans ce mémoire, et quels sont les processus cognitifs qui ne sont pas fonctionnels.

Quelques pistes d'amélioration du protocole sont envisageables. Le test de segmentation avait été validé auprès de jeunes adultes tout-venant (Zmuda, 2020). Il serait intéressant de recruter également des adultes tout-venant pour les appairer aux individus aphasiques de même âge, afin de contrôler l'effet de cette variable sur les capacités d'apprentissage statistique (Peñaloza et al., 2014). Les capacités de segmentation ainsi que les différentes fonctions cognitives impliquées dans ce processus pourraient diminuer au fil des années, même si elles sont toujours fonctionnelles (Palmer, Hutson & Mattys, 2018). Ces fonctions cognitives (par exemple mnésiques, attentionnelles ou encore exécutives) pourraient être testées, pour mettre en évidence d'éventuelles corrélations avec les performances en segmentation de la parole. La mémoire de travail, comme développé plus haut, joue un rôle important dans certains processus cognitifs comme l'apprentissage statistique ou la compréhension lexicale, en maintenant en mémoire les unités de la langue et en permettant de les

manipuler. Des études ont suggéré qu'elle pouvait être atteinte chez les individus ayant subi un AVC (Ivanova et al., 2014 ; Jacquemot et al., 2007 ; Murray, 2012 ; Peñaloza et al., 2014), et qu'elle était corrélée aux capacités de segmentation de la parole (Peñaloza et al., 2014). Les tâches utilisées le plus couramment pour l'étudier (comme l'empan envers à l'oral) ne sont pas toujours adaptées aux troubles langagiers des individus, et aux multiples autres difficultés consécutives à l'AVC (thymiques, exécutives, motrices, neurovisuelles, etc). Une alternative pour les individus ne présentant pas d'héminégligence ou d'hémiplégie serait d'utiliser un support en manipulant des pièces sur lesquelles seraient inscrites des chiffres, ou de toucher dans l'ordre inverse une série d'items pointés par l'examineur.

Par ailleurs, il pourrait être intéressant de proposer aux participants une tâche de discrimination supplémentaire, composée des items utilisés dans la phase test. En effet, le test utilisé (Van der Kaa & Majerus, 2007) n'évaluait que des paires minimales d'items de deux syllabes, se différenciant par une consonne. La discrimination de certains phonèmes n'était pas réalisée. Par exemple, /minuʁa/ est un mot artificiel et /mipuçɑ/ un mot partiel, ils apparaissent tous les deux dans la tâche de décision lexicale. La discrimination des phonèmes /n/ et /p/ n'est pourtant pas évaluée dans le test de discrimination de consonnes.

Enfin, la tâche de segmentation est inhabituelle et fastidieuse, elle a découragé les participants qui étaient mis en difficulté. Une possibilité serait d'ajouter un entraînement pour les familiariser au protocole expérimental (Erickson, Kaschal, Thiessen, & Stutts Berry, 2016 ; Ordin et al., 2020). Pour cela, une autre langue artificielle pourrait être utilisée.

.3. Perspectives

La segmentation de la parole est une capacité essentielle au traitement de la parole. Selon les modèles de reconnaissance des mots parlés, l'accès lexical serait perturbé lorsqu'elle n'est plus fonctionnelle. Des troubles de la compréhension orale pourraient s'ensuivre, comme observé chez les individus cérébrolésés. Ces troubles réceptifs impactent profondément leur vie quotidienne, en limitant notamment les interactions avec leur entourage. Connaître les processus cognitifs déficitaires à l'origine des troubles du langage de cette population permettrait de mieux cibler leur prise en charge et d'apporter les meilleurs soins possibles. A long terme, si un lien entre la segmentation et la compréhension était établi, il pourrait être envisagé d'évaluer ce processus de segmentation lors des bilans orthophoniques, et de concevoir des méthodes de rééducation spécifiques.

De plus, les difficultés de segmentation de la parole via l'apprentissage statistique ne toucheraient pas exclusivement les individus cérébrolésés, elles pourraient également participer au déficit langagier des enfants souffrant d'un trouble développemental du langage, et plus précisément au retard de développement lexical (Evans et al., 2009). En effet, les capacités de segmentation seraient prédictives des capacités lexico-phonologiques des enfants tout-venant (Mainela-Arnold & Evans, 2014). L'avancée des recherches auprès de cette population sera donc à suivre attentivement pour enrichir les données de la littérature sur les capacités de segmentation des individus ayant des troubles du langage.

Conclusion

Le présent mémoire visait à éclaircir les liens entre les capacités de segmentation des personnes aphasiques via des indices statistiques et lexicaux, et leurs difficultés de compréhension orale. Un protocole informatisé, comprenant une phase d'exposition à des stimuli artificiels et une tâche de décision lexicale, a été proposé à huit individus aphasiques. Les participants ont été exposés à une langue artificielle conçue pour ne fournir qu'un seul indice de segmentation sublexical, l'indice statistique. Un mot de la langue française (« médicament ») a été inséré dans l'un des deux flux proposés pour étudier l'appui éventuel des connaissances lexicales. Trois types d'items ont ensuite été proposés lors de la tâche de décision lexicale : des mots appartenant à la langue artificielle, des mots partiels, et des mots règles. Les participants devaient également indiquer leur degré de confiance à chaque réponse.

Les résultats de cette étude suggèrent que certains individus aphasiques ont des difficultés à segmenter le flux de langue artificiel, leurs résultats ne dépassent pas le taux de hasard. De plus, ils ne semblent pas bénéficier de l'indice lexical, leurs scores ne différant pas statistiquement dans les conditions de base et « mot-connu ». Leurs difficultés de segmentation observées via le paradigme d'apprentissage statistique n'ont pas été mis en relation avec leurs résultats langagiers, et notamment avec leur atteinte lexicale. D'autres recherches seront nécessaires pour étudier ces liens entre segmentation lexicale et compréhension orale. La parole naturelle comportant une variété d'indices redondants, il serait intéressant d'approfondir les interactions entre les connaissances lexicales et les différents autres indices sublexicaux. A long terme, si un lien est établi entre les capacités de segmentation et de compréhension orale, de nouveaux outils orthophoniques pourraient voir le jour pour évaluer et rééduquer spécifiquement ce processus de segmentation.

Bibliographie

- Auzou, P., Cardebat, D., Lambert, J., Lechevalier, B., Nespoulous, J., Rigalleau, F., ... Viader, F. (2008). Langage et parole. Dans F. Eustache & al. (dirs.), *Traité de neuropsychologie clinique* (pp. 439–541).
- Bagou, O. & Frauenfelder, U.H. (2002). Alignement lexical et segmentation de la parole. *Revue française de linguistique appliquée*, 7(1), 67-82.
- Bagou, O., & Frauenfelder, U.H. (2018). Lexical Segmentation in Artificial Word Learning : The Effects of Converging Sublexical Cues. *Language and Speech*, 61(1), 3-30.
- Banel, M.H., & Bacri, N. (1994). On metrical patterns and lexical parsing in French. *Speech Communication*, 15, 115-126.
- Basirat, A., Allart, E., Brunellière, A., & Martin, Y. (2019). Audiovisual speech segmentation in post-stroke aphasia : a pilot study. *Topics in Stroke Rehabilitation*.
- Buiatti, M., Peña, M., & Dehaene-Lambertz, G. (2009). Investigating the neural correlates of continuous speech computation with frequency-tagged neuroelectric responses. *Neuroimage*, 44(2), 509-519.
- Christophe, A., Guasti, T., Nespour, M., Dupoux, E., & Van Ooyen, B. (1997). Reflections on phonological bootstrapping : Its role for lexical and syntactic acquisition. *Language and Cognitive Processes*, 12(5-6), 585–612.
- Cunillera, T., Càmara, E., Toro, J.M., Marco-Pallares, J., Sebastián-Galles, N., Ortiz, H., & Rodríguez-Fornells, A. (2009). Time course and functional neuroanatomy of speech segmentation in adults. *NeuroImage*, 48(3), 541–553.
- Crouzet, O. (2000). *Segmentation de la parole en mots et régularités phonotactiques : Effets phonologiques, probabilistes ou lexicaux ?* (Thèse en psychologie). Université René Descartes, Paris, France.
- Davis, M.H., Marslen-Wilson, W.D., & Gaskell, M.G. (2002). Leading Up the Lexical Garden Path : Segmentation and Ambiguity in Spoken Word Recognition. *Journal of Experimental Psychology Human Perception & Performance*, 28(1), 218-244.
- Denise, P., Lambert, J., Lechevalier, B., Mauguière, F., Platel, H., & Viader, F. (2008). Les agnosies. Dans F. Eustache & al. (dirs.), *Traité de neuropsychologie clinique* (pp. 713–761).
- Dial, H., & Martin, R. (2017). Evaluating the relationship between sublexical and lexical processing in speech perception : Evidence from aphasia. *Neuropsychologia*, 96, 192-212.
- Dufour, S., & Frauenfelder, U. (2007). L'activation et la sélection lexicales lors de la reconnaissance des mots parlés : modèles théoriques et données expérimentales. *L'Année psychologique*, 107(1), 87-111.
- Dumay, N., Frauenfelder, U., & Content, A. (2002). The Role of the Syllable in Lexical Segmentation in French : Word-Spotting Data. *Brain and Language*, 81(1-3), 144-161.
- Erickson, L.C, Kaschal, M.P, Thiessen, E.D & Stutts Berry, C. (2016). Individual Differences in Statistical Learning : Conceptual and Measurement Issues. *Collabra*, 2(1), 1–17.
- Evans, J.L., Saffran, J.R., Robe-Torres, K. (2009). Statistical learning in children with specific language impairment. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*. 52, 321–335.
- Fédération Nationale des Aphasiques de France. (2004). Aphasie : handicap social. Consulté à l'adresse <https://aphasie.fr/aphasie/handicap-social/>

- Fernandes, T., Kolinsky, R., & Ventura, P. (2010). The impact of attention load on the use of statistical information and coarticulation as speech segmentation cues. *Attention, Perception & Psychophysics*, 72(6), 1522–1532.
- Fort, M. (2011). *L'accès au lexique dans la perception audiovisuelle et visuelle de la parole*. (Thèse de doctorat). Université Pierre Mendès, Grenoble, France.
- Frauenfelder, U.H. (2002). La reconnaissance des mots parlés. Dans A. Florin, & J. Morais (dirs.), *La maîtrise du langage : Textes issus du XXVII^e symposium de l'Association de psychologie scientifique de langue française (APSLF)*. Presses universitaires de Rennes.
- Goodglass, H., & Kaplan, E. (1972). *Boston Diagnostic Aphasia Examination*. France : ECPA.
- Ivanova, M.V., Dragoy, O.V., Kuptsova, S.V., Ulicheva, A.S. & Laurinavichyute, A.K. (2015). The contribution of working memory to language comprehension : differential effect of aphasia type. *Aphasiology*, 29(6), 645-664.
- Jacquemot, C., Dupoux, E., Decouche, O., & Bachoud-Lévi, A.C. (2006). Misperception in sentences but not in words: Speech perception and the phonological buffer. *Cognitive Neuropsychology*, 23(6), 949–971.
- JASP Team. (2018). JASP (Version 0.12.2) [computer software]. Consulté à l'adresse <https://jasp-stats.org/>
- Kolinsky, R. (1998). Spoken word recognition : A stage-processing approach to language differences. *European Journal of Cognitive Psychology*, 10(1), 1-40.
- Krolak-Salmon, P. & Thomas-Antérion, C. (2010). Fonctions exécutives, attention et mémoire de travail au cours du vieillissement. *Revue de neuropsychologie*, 5(5), 3-6.
- Lambert, J. (2013). Rééducation du langage dans les aphasies. Dans T. Rousseau, (dir.), *Les approches thérapeutiques en orthophonie* (pp.35-100). Isbergues : Ortho édition.
- Lechevalier, B., Lambert, J., Moreau, S., Platel, H., & Viader, F. (2013). Auditory disorders related to strokes. Dans O. Godefroy (dir.), *The Behavioral and Cognitive Neurology of Stroke* (p. 114-125). Cambridge : Cambridge University Press.
- Macoir, J., Gauthier, C., Jean, C., & Potvin, O. (2016). BECLA, a new assessment battery for acquired deficits of language : Normative data from Quebec-French healthy younger and older adults. *Journal of the Neurological Sciences*, 361, 220–228.
- Mainela-Arnold, E., & Evans, J. L. (2014). Do statistical segmentation abilities predict lexical-phonological and lexical-semantic abilities in children with and without SLI?. *Journal of child language*, 41(2), 327–351.
- Marslen-Wilson, W.D., & Welsh, A. (1978). Processing interactions and lexical access during word recognition in continuous speech. *Cognitive Psychology*, 10(1), 29-63.
- Mattys, S.L., Brooks, J., & Cooke, M. (2009). Recognizing speech under a processing load: Dissociating energetic from informational factors. *Cognitive Psychology*, 59, 203-243.
- Mattys, S.L., White, L., & Melhorn, J.F. (2005). Integration of Multiple Speech Segmentation Cues : A Hierarchical Framework. *Journal of Experimental Psychology : General*, 134(4), 477-500.
- McClelland J. & Elman J. (1986). The TRACE model of speech perception, *Cognitive Psychology*, 18, 1-86.
- Mersad, K., & Nazzi, T. (2011). Transitional probabilities and positional frequency phonotactics in a hierarchical model of speech segmentation. *Memory & Cognition*, 39(6), 1085–1093.
- Mirman, D., Magnuson, J.S., Estes, K.G., & Dixon, J.A. (2008). The link between statistical segmentation and word learning in adults. *Cognition*, 108(1), 271-280.

- Murray, L. (2012). Attention and Other Cognitive Deficits in Aphasia: Presence and Relation to Language and Communication Measures. *American Journal of Speech-Language Pathology*, 21(2), S51–S64.
- Nespoulous, J.L., Lecours, A.R., Lafond, D., Lemay, A., Puel, M., Joannette, Y., ... & Rascol, A. (1992). *Protocole Montréal-Toulouse d'examen linguistique de l'aphasie (MT86)*. France : Ortho Edition.
- Noe, C., & Fischer-Baum, S. (2020). Early lexical influences on sublexical processing in speech perception : Evidence from electrophysiology. *Cognition*, 197.
- Norris, D. (1994). Shortlist : A connectionist model of continuous speech, *Cognition*, 52, 189-234.
- Norris, D., & McQueen, J.M. (2008). Shortlist B : A Bayesian model of continuous speech recognition. *Psychological Review*, 115(2), 357–395.
- Ordin, M., & Polyanskaya, L. (2020). The role of metacognition in recognition of the content of statistical learning. *Psychon Bull Rev.*
- Ordin, M., Polyanskaya, L., & Soto, D. (2020). Neural bases of learning and recognition of statistical regularities. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1467(1), 60–76.
- Palmer, S.D., Hutson, J., & Mattys, S.L. (2018). Statistical learning for speech segmentation : Age-related changes and underlying mechanisms. *Psychology and Aging*, 33(7), 1035–1044.
- Palmer, S.D., Hutson, J., White, L., & Mattys, S.L. (2019). Lexical knowledge boosts statistically driven speech segmentation. *Journal of Experimental Psychology : Learning, Memory, and Cognition*, 45(1), 139-146.
- Palmer, S.D., & Mattys, S.L. (2016). Speech segmentation by statistical learning is supported by domain-general processes within working memory. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 69(12), 2390–2401.
- Peñalosa, C., Benetello, A., Tuomiranta, L., Heikius, I., Järvinen, S., Majos, M. C., ... & Rodriguez-Fornells, A. (2014). Speech segmentation in aphasia. *Aphasiology*, 29, 724-743.
- Perruchet, P., & Vinter, A. (1998). PARSER: A model for word segmentation. *Journal of Memory and Language*, 39, 246–263.
- Platel, H., Lechevalier, B.H., Lambert, J., & Eustache, F. (2009). Agnosies auditives et syndromes voisins : étude clinique, cognitive et psychopathologique. *EMC – Neurologie*, 14(1), 1-11.
- Roger, G. (2018). *Neuropsychologie*. (7e éd.). Paris : Masson.
- Rondal J.A. (2003). *L'évaluation du langage*. (2e éd.). Liège : Mardaga.
- Saffran, J.R., Aslin, R.N., & Newport, E.L. (1996). Statistical learning by 8-month-olds. *Science*, 274, 1926-1928.
- Saffran, J.R., Johnson, E., Aslin, R., & Newport, E. (1999). Statistical learning of tone sequences by human infants and adults. *Cognition*, 70(1), 27-52.
- Saffran, J.R. (2002). Constraints on statistical language learning. *Journal of Memory and Language*, 47(1), 172–196.
- Schnitzler, A. (2007). *Handicap dans les suites d'un accident vasculaire cérébral : étude de prévalence et impact des filières de soins* (Thèse de doctorat). Université de Versailles St-Quentin-en-Yvelines, Garches, France.
- Shaqiri, A., Danckert, J., Burnett, L., & Anderson, B. (2018). Statistical Learning Impairments as a Consequence of Stroke. *Frontiers in human neuroscience*, 12, 339.
- Shukla, M., Nespour, M., & Mehler J. (2007). An interaction between prosody and statistics in the segmentation of fluent speech. *Cognitive psychology*, 54 (1), 1-32.

- Siegelman, N., & Frost, R. (2015). Statistical learning as an individual ability : Theoretical perspectives and empirical evidence. *Journal of Memory and Language*, 81, 105–120.
- Sylvain-Roy, S., Lungu, O., & Belleville, S. (2015). Normal aging of the attentional control functions that underlie working memory. *The Journal of Gerontology Series B: Psychological Sciences and Social Sciences*, 70(5), 698-708.
- Toro, J.M., Nespors, M., Mehler, J., & Bonatti L.L. (2008). Finding Words and Rules in a Speech Stream : Functional Differences Between Vowels and Consonants. *Psychological Science*, 19(2), 137-144.
- Toro, J., Sinnett, S., & Soto-Faraco, S. (2005). Speech segmentation by statistical learning depends on attention. *Cognition*, 97(2), 25–34.
- Tyler, M.D., & Cutler, A. (2009). Cross-language differences in cue use for speech segmentation. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 126(1), 367-376.
- Van der Kaa, M.A., & Majerus, S. (2007). Evaluation et rééducation du versant phonologique de la mémoire à court terme. Dans G. Aubin, F. Coyette, P. Pradat-Diehl, & C. Vallat-Azouvi (dirs.), *Neuropsychologie de la mémoire de travail* (pp. 87-111). Marseille : Solal.
- Warren, R.M. (1970). Restoration of missing speech sounds. *Science*, 167, 392-393.
- Weber, A., & Scharenborg, O. (2012). Models of spoken-word recognition. Wiley interdisciplinary reviews. *Cognitive science*, 33, 387-401.
- Zmuda, L. (2020). *Apprentissage statistique et segmentation de la parole en aphasie : études de cas uniques* (Mémoire du Certificat de Capacité d'Orthophonie). Faculté de Lille, Lille, France.

Liste des annexes

Annexe n°1 : Lettre d'information transmise aux participants

Annexe n°2 : Formulaire de consentement

Annexe n°3 : Questionnaire de vérification des critères d'inclusion et d'exclusion

Annexe n°4 : Recueil d'informations personnelles

Annexe n°5 : Tableau récapitulatif des informations personnelles

Annexe n°6 : Tableau récapitulatif des résultats obtenus aux épreuves langagières

Annexe n°7 : Profil langagier de chaque participant et analyse des résultats de la tâche de segmentation