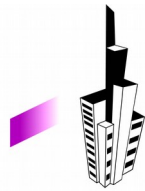




Université
de Lille



FACULTÉ
DE MÉDECINE
Henri Warembourg



Département d'Orthophonie
Gabriel DECROIX

MEMOIRE

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

Marine GUIBOREL

qui sera présenté au jury en juin 2020

Le corrélat neuronal de la complexité phonologique chez l'adulte

MEMOIRE dirigé par

Anahita BASIRAT, Enseignante chercheuse, Département d'orthophonie – SCALab, Lille

Cédric PATIN, Enseignant chercheur, Université de Lille – Laboratoire STL, Lille

Lille – 2020

Remerciements

Je remercie mes directeurs de mémoire de m'avoir guidée tout au long de ce projet. Je les remercie également de leur disponibilité et de leur curiosité scientifique, toujours transmise avec pédagogie et bienveillance.

Je remercie Roxane, pour les nombreux échanges et partages enrichissants que nous avons connus en avançant côte à côte durant ce projet.

Je remercie toutes les personnes ayant participé à cette étude, et également le personnel soignant de Swynghedauw pour leur temps et leur aide durant les passations.

Je remercie toutes les maîtres de stages qui m'ont accueillie dans leur quotidien d'orthophoniste pour me former et continuer d'attiser mon envie d'exercer ce métier.

Je remercie Maxime, pour sa présence, son soutien et son intérêt pour mes recherches.

Je remercie Alice pour son amitié, sa vision enrichissante du métier d'orthophoniste et les précieux conseils donnés lors de la rédaction de ce mémoire.

Je remercie mes camarades Lilloises devenues amies, pour m'avoir donné la chance d'évoluer ensemble pendant ces cinq dernières années et d'avoir fait de Lille mon second foyer.

Enfin, je remercie ma famille, qui a toujours cru en moi et m'a aidée par tous les moyens à réaliser mon souhait d'être orthophoniste.

Résumé :

La sonorité est un concept issu de la phonologie et étroitement lié à la syllabe. Le niveau de sonorité d'un phonème dépend de plusieurs paramètres (niveau de puissance acoustique, voisement...). Le Sonority Sequencing Principle (SSP) stipule que les phonèmes possèdent chacun une valeur de sonorité qui régit leur place au sein d'une échelle hiérarchique de sonorité. Ils se placent ainsi dans la syllabe de façon non-arbitraire, en suivant une courbe de sonorité définie par le SSP (ascendante jusqu'au sommet syllabique, puis descendante).

La phonologie étant un processus fréquemment atteint lors d'une lésion cérébrale, il serait intéressant de déterminer les éventuels effets d'une lésion sur le traitement de la sonorité. Ces connaissances pourraient participer à une meilleure compréhension des troubles phonologiques rencontrés en orthophonie.

Nous proposons ainsi une tâche de jugement de sonorité à un groupe de patients cérébrolésés et nous comparons leurs résultats à ceux de groupes contrôles du même âge. Les stimuli présentés sont des non-mots monosyllabiques variant en sonorité (SSP respecté ou non) et en fréquence (groupe consonantique de fréquence élevée ou basse).

Les résultats obtenus diffèrent significativement entre les individus cérébrolésés et contrôles. En effet, lors d'une lésion cérébrale, les patients repèrent les changements de fréquence mais pas ceux de sonorité. Ils tendent à moins accepter l'entrée dans la langue de mots nouveaux, même lorsque ceux-ci respectent la sonorité et comportent un cluster fréquent.

Mots-clés :

Sonorité, phonologie, syllabe, aphasie, cérébrolésion

Abstract :

Sonority is a concept derived from phonology and closely related to the syllable. The sound level of a phoneme depends on several parameters (sound power level, voicing...). The Sonority Sequencing Principle (SSP) stipulates that phonemes each have a sonority value that governs their place within a hierarchical scale of sonority. They thus place themselves in the syllable in a non-arbitrary way, following a sonority curve defined by the SSP (ascending to the syllabic peak, then descending).

Since phonology is a process frequently affected during a brain lesion, it would be interesting to determine the possible effects of a lesion on the processing of sonority. This knowledge could contribute to a better understanding of the phonological disorders encountered in speech and language therapy. We thus propose a sound judgement task to a group of brain damaged patients and compare their results with those of control groups of the same age. The stimuli presented are monosyllabic non words varying in sound (SSP respected or not) and in frequency (high or low frequency consonant group).

The results obtained differ significantly between brain damage and control individuals. In fact, during a brain injury, patients can detect changes in frequency but not changes in sonority. They tend to be less willing to accept the entry of new words into the language, even when these words are sonority-friendly and have a frequent cluster.

Keywords :

Sonority, phonology, syllable, aphasia, cerebrolesion

Table des matières

<u>Introduction.....</u>	<u>1</u>
<u>Contexte théorique, buts et hypothèses.....</u>	<u>2</u>
1. Contexte théorique.....	2
1.1. Définition(s) de la sonorité.....	2
1.2. Syllabe et théorie de la sonorité.....	3
1.3. Échelle de sonorité.....	4
1.4. La sonorité : un principe phonologique universel et inné ?.....	5
1.5. La sonorité au sein des langues.....	6
1.6. Sonorité et troubles du langage.....	8
1.6.1. Troubles phonologiques.....	9
1.6.2. Dyslexie.....	9
1.6.3. Aphasies.....	10
2. Buts et hypothèses.....	10
<u>Matériel et méthode.....</u>	<u>11</u>
1. Participants.....	11
1.1. Expérience.....	13
1.1.1. Stimuli.....	13
1.1.2. Procédure.....	14
1.1.3. Traitement des données.....	16
<u>Résultats.....</u>	<u>17</u>
<u>Discussion.....</u>	<u>19</u>
1. Sous-groupe patient jeune.....	19
2. Sous-groupe patient adulte.....	20
3. Sous-groupe patient senior.....	22
4. Limites.....	24
<u>Conclusion.....</u>	<u>25</u>
<u>Bibliographie.....</u>	<u>27</u>

Introduction

Si l'Organisation des Nations Unies reconnaît 141 langues dans le monde, il est estimé que 6500 à 7000 langues seraient parlées sur Terre (Pereltsvaig, 2017, p. 12). Bien que ces langues descendent d'une kyrielle de branches, des propriétés universelles communes à ces différentes langues sont observées par le biais du langage.

Une caractéristique langagière commune aux langues est la phonologie. Son étymologie signifie « sons de la langue ». Cette branche des sciences du langage vise à comprendre comment ces sons de la langue, ou phonèmes (unités minimales pertinentes de la langue orale) s'agencent entre eux dans une langue pour former des énoncés. Aujourd'hui, la phonologie occupe une place prépondérante dans la recherche scientifique en linguistique. Cette discipline est d'ailleurs omniprésente dans le métier d'orthophoniste, car les difficultés phonologiques sont souvent inhérentes aux pathologies rencontrées dans la profession (aphasies, troubles du langage oral, troubles du langage écrit...). De même, lors d'un bilan orthophonique, une analyse des compétences phonologiques du patient peut aider à mieux comprendre son fonctionnement langagier, à orienter son diagnostic et sa prise en soin.

La phonologie est d'ailleurs beaucoup étudiée dans différentes disciplines, comme la linguistique, la psycholinguistique, et les neurosciences cognitives. On la retrouve au sein de nombreux concepts, études et théories.

Parmi eux, le sujet de ce mémoire nous invite à retenir deux concepts fondamentaux de la phonologie étroitement liés : la syllabe et la sonorité.

La sonorité est souvent introduite sous divers noms de principes et théories : Théorie de la Sonorité, Principe de Sonorité, Principe du Cycle de Sonorité (en anglais : Sonority Sequencing Principle, ou SSP). Elle présenterait des caractéristiques universelles pour les locuteurs de toutes les langues (Jany *et al.*, 2007, p. 4). Ainsi, le Principe du Cycle de Sonorité stipule que les phonèmes possèdent chacun une valeur de sonorité régissant leur place au sein d'une échelle hiérarchique de sonorité. Ils se placent ainsi dans la syllabe de façon non-arbitraire, en suivant une courbe de sonorité définie par le SSP : ascendante jusqu'au sommet syllabique, puis descendante.

Si la phonologie est largement étudiée, la sonorité reste une notion encore méconnue. Actuellement, nous ne savons pas précisément si une région cérébrale spécifique traitant la sonorité existe, comment cette sonorité est traitée par le cerveau, ou encore comment cette sonorité évolue avec l'âge. Le concept de sonorité lui-même est encore sibyllin (Parker, 2011, p. 1).

Pourtant, ses implications dans la compréhension du langage s'avèrent intéressantes, notamment pour le milieu orthophonique. En effet, nous avons vu précédemment que la phonologie est fréquemment touchée dans les troubles du langage, qu'ils soient développementaux ou acquis. Or, la sonorité étant intrinsèque à la phonologie, il est normal de retrouver dans la littérature scientifique des corrélations entre sonorité et troubles du langage, comme dans l'aphasie, les Troubles du Langage Oral (TLO) ou même parmi les Troubles Spécifiques du Langage Ecrit (TSLE).

Ainsi, dans ces troubles, la sonorité est impliquée à différents niveaux : variations des productions syllabiques à l'oral chez un enfant porteur de trouble phonologique (Klopfenstein et Ball, 2010), lecture syllabique et pistes de rééducation dans les TSLE (Fabre et Bedoin, 2003), meilleure classification des erreurs phonémiques dans les aphasies (Bastiaanse *et al.*, 1994)...

Approfondir notre savoir sur la sonorité permettrait ainsi de mieux comprendre certains troubles langagiers et de contribuer à l'amélioration du parcours de prise en soin des patients, du bilan aux pistes de rééducation.

Contexte théorique, buts et hypothèses

1. Contexte théorique

1.1. Définition(s) de la sonorité

Si la notion de sonorité apparaît il y a plus d'un siècle, aucun consensus concernant sa définition n'existe encore. Selon Parker (2011, p.1. trad.)¹ la sonorité « peut être définie comme un type d'élément phonologique relatif, non binaire, qui catégorise potentiellement tous les sons de la parole dans une échelle hiérarchique ». Cette échelle, appelée échelle de force ou de sonorité (détaillée plus tard), classe les phonèmes selon une valeur phonologique (en l'occurrence, selon leur niveau sonore). Ils se disposent ensuite selon une structure ascendante (du moins au plus sonore) puis descendante (du plus au moins sonore) pour former la syllabe.

Beaucoup de chercheurs ont tenté d'éclaircir le concept de sonorité. Dans leur étude, les chercheurs Miozzo et Buchwald (2013) expliquent que les tentatives de représentation de la sonorité sont généralement de deux types : certains la définissent comme une caractéristique organisationnelle régissant les représentations phonologiques, d'autres la considèrent comme un concept dépendant de la phonétique, car ce serait la puissance sonore d'un phonème qui déterminerait sa sonorité (Clements, 2009). Les conclusions de l'étude de Miozzo et Buchwald orientent davantage vers la possibilité que la sonorité soit associée aux deux processus (phonétiques et phonologiques). Ils ajoutent que d'autres facteurs additionnels, comme la fréquence, influenceraient le traitement de la sonorité.

En résumé, la sonorité serait corrélée à divers processus du traitement langagier. Si sa définition reste débattue, nous savons que son rôle consiste à organiser les phonèmes d'une façon spécifique au sein de la syllabe. Ces phonèmes sont classés en fonction de leur niveau de sonorité, c'est-à-dire selon la force sonore émise par phonème, en comparaison à un autre.

1 Les traductions sont les nôtres.

1.2. Syllabe et théorie de la sonorité

Nous avons vu précédemment, que la sonorité influençait l'organisation des phonèmes dans la syllabe. Pour comprendre ceci plus en détails, il convient de définir ce qu'est la syllabe et comment elle est modelée par la sonorité.

Tout d'abord, la syllabe se construit en deux parties : l'attaque (correspondant au début de la syllabe) et la rime (comportant le noyau et la coda). Elle a souvent été présentée comme un ensemble de phonèmes produits en une seule émission de voix (c'est-à-dire, sans aucune pause, comme lors de la production du mot *loup*, transcrit [lu]). Mais cette hypothèse est rejetée lorsque les travaux de Ladefoged (1958) prouvent qu'il est possible de produire plusieurs syllables en une seule émission de voix. Tout comme celle de la sonorité, la définition de la syllabe ne fait pas encore l'objet d'un consensus.

Entre-temps, une hypothèse datant du XIX^e siècle continue d'être explorée aujourd'hui pour tenter de mieux définir la syllabe et comprendre sa construction. Cette théorie, celle de la sonorité, est avancée pour la première fois par Eduard Sievers (1881) et reprise sous une forme moderne par Clements (1990). Selon Sievers, les phonèmes d'une langue s'agenceraient entre eux dans la syllabe selon deux facteurs : l'intensité sonore du son (plus le son est audible, plus il est sonore) et la force de pression pulmonaire qu'il demande pour être émis. Ces éléments déterminent donc le niveau de sonorité d'un son. Ainsi, plus le son est audible, donc sonore, plus il occupe une position importante dans l'échelle de sonorité (Clements, 2009). Le son le plus audible correspond donc au sommet de la syllabe.

Par exemple, dans le mot « astral », transcrit phonétiquement [astʁal], les deux [a] sont considérés comme les éléments les plus sonores : ils correspondent donc aux sommets de sonorité, et indiquent l'existence de deux syllables. Effectivement, selon ce principe, tous les sons de la langue n'ont pas la même valeur de sonorité, et donc, ne s'alignent pas aléatoirement dans la syllabe.

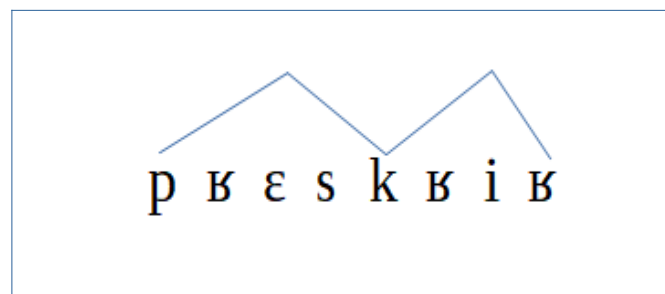


Figure 1 : Modélisation de la sonorité pour le mot « prescrire », transcrit [pʁɛskʁiʁ]. La présence des deux sommets indique l'existence de deux syllables.

1.3. Échelle de sonorité

Si Sievers (1881) avançait l'existence d'une « loi de sonorité », dans laquelle les sons de la syllabe s'agencent selon une courbe croissante puis décroissante de sonorité, des recherches plus récentes (Romani et Calabrese, 1998) appuient cette idée.

Ainsi, selon Romani et Calabrese, la syllabe s'organiserait en sons de sonorité croissante jusqu'au sommet, où se situe le pic de sonorité, puis la sonorité des phonèmes diminuerait après ce pic. Prenons exemple sur le mot « plante », écrit phonétiquement [plāt] : entre le /p/ et le /ã/ ne se situent que des éléments de sonorité croissante, /p/ étant le moins sonore, et /ã/ le plus sonore. La courbe de sonorité décroît ensuite lors de l'apparition du /t/, qui est moins sonore que le /ã/.

En découle alors l'échelle de sonorité, plaçant hiérarchiquement les phonèmes selon leur valeur de sonorité (intensité, voisement...).

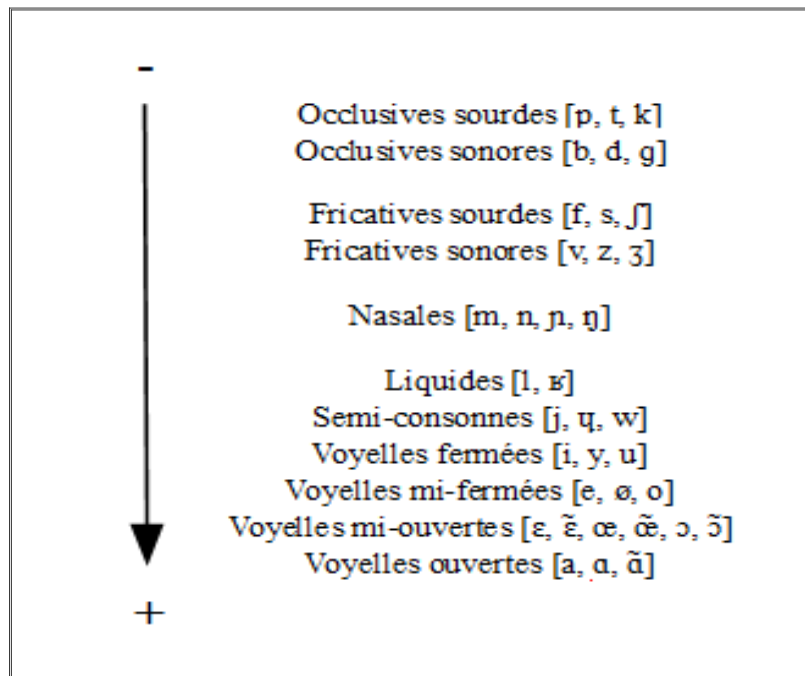


Figure 2 : Echelle de sonorité des sons de la langue française de Clements (1990), adaptée de Canault (2017)

Du moins au plus sonore se situent ainsi les occlusives, fricatives, nasales, liquides, glides (ou semi-voyelles) et enfin les voyelles. D'un point de vue phonétique, cette échelle est construite selon le degré d'ouverture laissé au passage de l'air lors de la production de certains segments de la parole. De ce fait, les voyelles ouvertes sont considérées comme les plus sonores, et les occlusives sourdes comme les moins sonores. Ce principe permettrait alors de définir la syllabe comme « une unité phonologique organisant le matériel segmental en terme de sonorité » (Blevins, 1995, p. 207. trad.).

1.4. La sonorité : un principe phonologique universel et inné ?

Les recherches citées précédemment sur la sonorité ont été portées par des chercheurs de différentes nationalités. La hiérarchie des traits consonantiques (occlusives/fricatives, sourdes/sonores...) de l'échelle de sonorité est retrouvée dans plusieurs langues. Ceci amène à s'interroger sur l'universalité de ce principe phonologique, et même, pour aller plus loin, sur la possible innéité de la sonorité. En effet, le langage humain se construit via deux éléments : le système sensorimoteur et l'expérience linguistique (c'est-à-dire, par la transmission culturelle, par l'exposition à la langue parlée et écrite).

Plusieurs auteurs se questionnent à ce sujet : des principes phonologiques universaux (comme la sonorité) existent-ils ? Ces principes sont-ils innés ou dépendent-ils de l'expérience linguistique ? Sont-ils traités uniquement par le système sensorimoteur, ou bien par un système phonologique spécifique ?

En effet, certaines langues en apparence très différentes partagent des règles (ou restrictions) phonologiques communes, étudiées par la phonotaxe (ou phonotactique). Bussmann (2006) définit la phonotactique comme l'étude des combinaisons de sons et de phonèmes autorisées dans une langue donnée. Par exemple, Bussman remarque qu'en anglais, le groupe consonantique occlusive+fricative /gz/ ne peut apparaître qu'en médiane ou finale, mais pas en position initiale. De même, /h/ ne peut apparaître qu'avant une voyelle mais jamais après.

Chaque langue possède ainsi des règles phonotactiques décrivant la manière dont les phonèmes peuvent être combinés dans différentes positions (initiale, médiane et finale). L'une de ces restrictions régit la structure syllabique interne : celle du Principe du Cycle de Sonorité.

Pour approfondir les connaissances sur ces sujets, les auteurs d'une étude (Gomez *et al.*, 2014) se sont questionnés sur l'origine des facultés langagières, comme la phonologie. Ils s'interrogent particulièrement sur le rôle des mécanismes biologiques et des principes linguistiques dans le développement du langage et cherchent à savoir si des principes phonologiques tels que la sonorité sont présents dès la naissance.

Ainsi, il a été observé chez des locuteurs adultes de différentes langues que les syllabes comme [blif] sont plus fréquentes que [lbif] (Greenberg J.H., 1978 ; Kreitman R., 2012, cités par Gomez *et al.*, 2014). Or, [blif] respecte la sonorité, mais pas [lbif]. Il est ainsi constaté que plus la syllabe respecte le SSP, plus elle est fréquente dans différentes langues (Berent *et al.*, 2007, cité par Gomez *et al.*, 2014). Gomez et ses collègues répertorient d'ailleurs plusieurs études montrant que, lorsqu'une syllabe ne respecte pas le Principe de Sonorité, les locuteurs ne l'identifient pas correctement : ce phénomène donne lieu à une réparation de la sonorité dans la syllabe. Par exemple, [lbif] sera identifiée et transformée en [lebif]. Ceci apparaît même chez les nouveaux locuteurs, qui n'ont que très peu d'expérience dans la langue. Si ce phénomène existe donc indépendamment de l'expérience linguistique, il reste possible que la sonorité ait une origine (au moins partiellement) développementale.

Pour répondre à cette question, Gomez et ses collègues ont mené une expérience sur 24 nouveaux-nés de quelques jours. Les auteurs ont tenté de déterminer s'ils réagissent différemment lorsqu'ils entendent des syllabes de type CCVC correctement formées ou non (en variant uniquement le SSP pour obtenir cela). Leur expérience montre une détection

significative de la sonorité et de sa transgression dans les aires bilatérales temporo-périsylviennes, ainsi qu'entre les régions du cortex bilatéral frontopariétal (impliqué dans le traitement des unités suprasegmentales de la parole). De même, les nouveaux-nés montrent une préférence pour les syllabes respectant le Principe de Sonorité (ex : [blif]).

Ainsi, dès la naissance, nous posséderions une capacité linguistique indépendante de l'expérience concernant les restrictions universelles de la structure syllabique. Les humains possèdent donc précocement des facultés liées à la sonorité, jouant un rôle dans l'élaboration de la perception du langage et son acquisition.

Or, si des universaux phonologiques existent, ils pourraient impliquer la présence d'un système phonologique spécialisé chez l'humain, traitant entre autres la sonorité.

Une étude de Berent (2017) vient compléter les connaissances sur ce sujet, en se penchant sur l'éventuelle existence d'un système biologique cérébral spécialisé dans le traitement phonologique chez l'humain. Pour cela, l'auteure a tenté de déterminer si, comme le montrent les études précédentes, les locuteurs de différentes langues partagent des principes phonologiques communs, comme la sonorité ; et si ces principes sont entièrement dépendants du système sensorimoteur.

Berent trouve également que les locuteurs, peu importe leur langue, convergent vers les mêmes préférences phonologiques (ex : [dʁa] plutôt que [ɣda]), même quand ces structures syllabiques ne sont pas attestées dans la langue. En reprenant les conclusions de Gomez et ses collègues et en les mettant en lien avec d'autres études, Berent conclut elle aussi que la sonorité semble faire partie de principes phonologiques universaux présents dès la naissance et indépendants de l'expérience linguistique. Elle ajoute que ces principes ne semblent pas être traités uniquement par le système sensorimoteur ou par un système phonologique spécialisé, mais laisse le débat ouvert à ce sujet.

1.5. La sonorité au sein des langues

Les travaux précédents montrent que les locuteurs de différentes langues convergent vers les mêmes préférences en terme de sonorité, qui semble donc faire partie de principes phonologiques relativement universaux.

Cependant, toutes les règles phonotactiques ne sont pas exactement similaires entre les langues. Par exemple, le pachto, une langue indo-iranienne parlée par 45 millions de locuteurs, comprend des clusters non-attestés dans d'autres langues (Bell et Saka, 1983). Les restrictions sont en partie spécifiques à la langue et en partie universelles.

De plus, les études précédentes de Berent laissent en suspens la question d'un système traitant la sonorité (et donc de l'innéité possible de la sonorité).

Ces zones d'ombres viennent cependant mettre en lumière d'autres interrogations : en effet, si les principes phonologiques sont en partie universaux, que les locuteurs convergent vers les mêmes préférences de sonorité, mais que les règles phonotactiques varient selon les langues, cela signifie-t-il que le traitement de la sonorité serait influencé par d'autres facteurs propres à la langue (lexique, fréquence...), comme le supposent Miozzo et Buchwald ? Dans ce cas, comment fonctionnerait le traitement de la sonorité au niveau cérébral ?

Les auteurs de diverses études sur la sonorité pensent en effet que le lexique jouerait un rôle sur l'élaboration des règles phonotactiques dans chaque langue.

Car depuis longtemps, il est estimé (Chomsky et Halle, 1965) que le locuteur connaît non seulement les mots de sa langue mais également les formes phonologiques de mots potentiels (c'est-à-dire, des pseudo-mots dont l'existence paraît plausible).

Dans la littérature, le rôle du lexique ne fait pas consensus. Certains (Hayes et White, 2013 ; Hayes et Wilson, 2008) pensent que les locuteurs extraient inconsciemment des « statistiques lexicales » via les mots entendus au long de leur vie. Cela créerait alors une grammaire phonotactique abstraite, qui servirait ensuite au locuteur lorsqu'il serait confronté à des formes phonologiques nouvelles, pour déterminer si elles sont correctes ou non.

A l'inverse, les chercheurs Bailey et Hahn (2001) suggèrent que nous jugeons la forme d'un nouveau mot en la comparant aux mots déjà présents dans le lexique. Ces théories ne sont pas exclusives et suggéreraient que la phonotactique serait donc traitée par deux niveaux : une fois au niveau phonologique, une fois au niveau lexical.

C'est pourquoi les auteurs d'une récente étude (White et Chiu, 2017) cherchent à savoir si le traitement phonotactique dépend uniquement du lexique ou plutôt de la grammaire phonologique (comportant des règles structurant les éléments phonologiques dans la langue).

Pour cela, les auteurs tentent de déterminer si leurs participants distinguent, en attaque, la forme phonologique (correcte ou incorrecte) d'un cluster, mais aussi s'ils détectent que ce cluster est attesté ou non dans leur langue.

Les participants, des locuteurs anglophones, sont exposés à des pseudo-mots comportant en attaque des clusters de type CCVC. Les stimuli sont présentés à l'oral par un ordinateur. Pour tester leur théorie, les auteurs se sont basés sur le SSP, principe proposé, comme nous l'avons vu, comme une tendance phonologique relativement universelle dans laquelle sont préférées les augmentations de sonorité allant des bords d'une syllabe à son noyau. Tous les clusters sont regroupés en trois catégories :

- forme phonologique correcte, attesté dans la langue (ex, en français : [bɾik], pour « brique »)
- forme phonologique correcte, non attesté dans la langue (ex, en français : [blik])
- forme phonologique incorrecte et non attesté dans la langue (ex, en français : [bnik])

Une analyse comportementale permettra d'analyser si les participants sont sensibles à la forme attestée ou non des attaques et à leur profil de sonorité. Une analyse des potentiels évoqués déterminera si les participants distinguent si un cluster est attesté ou non et s'ils sont conscients ou non de la forme phonologique correcte.

Les résultats de White et Chiu montrent que les clusters présentant une sonorité suivant la SSP et bien formés (qu'ils soient attestés ou non) sont détectés avant ceux ne suivant pas la SSP. En revanche, les clusters non attestés dans la langue (peu importe leur forme) ont été traités plus tardivement que ceux attestés.

Ces résultats suggèrent que, lors de l'écoute d'un mot potentiellement existant, l'analyse porte d'abord sur la forme du cluster en attaque. En effet, les auteurs présument l'intervention d'un processus de recherche lexicale. Ainsi, les mots potentiels seraient d'abord traités par une grammaire phonotactique puis, si besoin, par une recherche lexicale. Cette organisation permettrait d'alléger la charge cognitive (absence de recherche lexicale inutile) et donc d'améliorer la perception de la parole.

Ces résultats concordent avec une étude similaire menée chez des germanophones (Ulbrich *et al.*, 2016) sur les clusters en position coda et dans laquelle les auteurs ont également trouvé des effets distincts entre la bonne forme phonologique et le lexique. En effet, cette équipe de chercheurs s'est intéressée au rôle des restrictions phonotactiques universelles et de l'expérience langagière dans le traitement langagier. Pour cela, ils ont utilisé un paradigme langagier artificiel montrant des non-mots à des locuteurs allemands, que ces derniers devaient apprendre. Les non-mots comportaient des clusters en position finale, qui variaient en existence (attestés ou non attestés). C'est à dire que les clusters adhéraient (attestés) ou transgressaient (non attestés) le Principe du Cycle de Sonorité. Les chercheurs ont analysé les données comportementales et neuronales avant et après l'apprentissage.

Les résultats montrent que les non-mots dont le cluster final respecte le SSP sont plus facilement appris et traités que les autres, mais aussi que l'existence des clusters dans la langue facilite leur traitement.

Cela implique que la connaissance implicite de principes universaux phonotactiques, mais aussi les facteurs basés sur la fréquence (ex : l'existence), jouent un rôle dans le traitement des mots.

Les principes phonologiques tels que la sonorité seraient donc en partie universaux, car les humains tendent à préférer les mêmes modèles de sonorité ; mais également propres à la langue, car des éléments tels que la fréquence et le lexique facilitent le traitement de mots inexistants. C'est pourquoi le traitement de la sonorité impliquerait divers systèmes langagiers où s'entremêlent les processus de traitement de la phonologie, du lexique, de la fréquence et de la sonorité...

1.6. Sonorité et troubles du langage

Nous avons vu précédemment que la sonorité semble corrélée à des principes phonologiques présents dans toutes les langues, en partie universaux et propres à chaque langue. Les systèmes traitant la sonorité font toujours débat. Le côté « universel » de la sonorité amène certains auteurs à penser qu'elle serait innée, puisque retrouvée chez les locuteurs du monde. Pour ces raisons, il serait intéressant de se pencher sur le traitement de la sonorité dans les troubles langagiers développementaux et acquis. En effet, la sonorité et la phonologie étant liées, quel rôle joue la sonorité dans ces troubles phonologiques ? La sonorité peut-elle être touchée dès le plus jeune âge et dans les troubles acquis ? Au niveau langagier, quelle forme pourrait prendre cette atteinte ? De même, nous avons observé précédemment que la sonorité est repérée même sur des stimuli écrits : quelle place tient-elle dans les Troubles Spécifiques du Langage Ecrit, eux-mêmes étroitement corrélés à des difficultés phonologiques ? Une rééducation orthophonique de la sonorité peut-elle être envisagée dans les troubles langagiers ?

1.6.1. Troubles phonologiques

Ces interrogations ont amené Klopfenstein et Ball, (2010) à creuser la question du lien entre sonorité et troubles phonologique chez les enfants. L'expérience réalisée par ces auteurs visait à expliquer les réductions de groupes consonantiques (ex : [kɤapo] devient [apo]) observées chez les enfants. Ces réductions sont en effet retrouvées chez les enfants présentant un trouble phonologique, mais aussi chez ceux au développement langagier typique.

Leur étude de cas porte sur un enfant de quatre ans présentant un trouble phonologique. Les réductions touchent particulièrement les clusters en début de syllabe, et les clusters en fin de syllabe sont davantage produits correctement. Ces éléments suivent les prédictions de la théorie de la sonorité. Cependant, 12 % des productions relevées ne respectent pas la sonorité (réductions de clusters en fin de syllabe).

Les résultats indiquent que le Principe de Sonorité s'applique à une grande majorité des réductions de clusters observées chez cet enfant, mais pas à toutes. Cela peut s'expliquer par le fait que la sonorité, qu'elle soit innée ou non, se construirait, selon Ohala (1999), à partir du langage oral.

Pour expliquer les réductions de clusters et leur variabilité, les auteurs concluent que les enfants présentant un trouble phonologique ont davantage de variabilité dans leurs productions, du fait d'un système phonologique instable. Car si les principes de sonorité font partie du système phonologique, ils n'ont dans ce cas pas encore été assimilés correctement.

1.6.2. Dyslexie

De même, si la dyslexie est un trouble développemental caractérisé par des difficultés de lecture, l'origine de ces difficultés est étroitement liée à des atteintes phonologiques et phonétiques, en particulier dans la dyslexie de surface (représentant 70 % des dyslexies).

Les personnes atteintes de dyslexie peuvent alors présenter des difficultés de segmentation des sons de la parole et de syllabe, de perception catégorielle, des inversions et confusions grapho-phonémiques... Dès lors que la phonologie et la segmentation syllabique sont atteintes, il serait intéressant de connaître le rôle de la sonorité dans la dyslexie : est-ce une composante également atteinte ? Les dyslexiques sont-ils sensibles à la sonorité ? Peut-elle même être exploitée pour leur bénéfice ?

Deux chercheuses françaises (Fabre et Bedoin, 2003) ont ainsi montré qu'à l'écrit, les enfants dyslexiques sont sensibles à l'organisation de la sonorité dans la syllabe, mais présentent parfois des difficultés à appliquer certaines règles phonotactiques liées à la sonorité. Les auteures pensent qu'une rééducation orthophonique prenant en compte la sonorité, à l'écrit, pourrait être une piste d'amélioration de la lecture chez les enfants dyslexiques.

De même, dans le cas de dyslexie phonologique acquise, le lecteur présente des difficultés de correspondance grapho-phonémique l'empêchant d'associer une lettre (graphème) au phonème correspondant. Dans une expérience sur ce sujet, deux chercheuses (Riley et Thompson, 2015) ont constaté qu'une rééducation orthophonique basée sur le Principe de Sonorité pouvait améliorer certains éléments impliqués dans le traitement de la lecture (ici, la correspondance grapho-phonémique) chez des adultes présentant une dyslexie phonologique acquise.

1.6.3. Aphasies

Enfin, les compétences phonologiques étant fréquemment atteintes en cas de lésions cérébrales, comme dans l'aphasie, étudier la sonorité en lien avec ce type de trouble acquis pourrait bénéficier à la compréhension des troubles phonologiques retrouvés dans cette maladie.

Par exemple, Code et Ball (1994) découvrent que la syllabation (le fait de découper des mots en syllabes) continue à respecter le Principe de Sonorité même dans le cadre d'une aphasie, et pensent que la théorie de la sonorité pourrait y expliquer les jargons retrouvés.

De même, les résultats d'une autre étude (Bastiaanse *et al.*, 1994) montrent que la théorie de la sonorité permet de différencier des erreurs phonémiques auparavant extrêmement difficiles à reconnaître, pour ainsi distinguer deux types d'aphasies (aphasies de Broca et de conduction). En effet, dans l'aphasie de Broca, l'atteinte des processus phonémiques engendre des erreurs phonémiques. Mais, dans l'aphasie de conduction, ces mêmes erreurs phonémiques sont cette fois causées par une atteinte des processus phonologiques. Or, si les erreurs se ressemblent fortement, lorsqu'elles sont analysées en terme de sonorité, on perçoit une différence entre ces deux types d'aphasies. Ainsi, dans l'aphasie de conduction, les erreurs de substitution de sonorité sont plus nombreuses que dans l'aphasie de Broca (ex : « épine » transcrit [epin] devient [vpin] : le phonème remplacé engendre une transgression de la sonorité).

2. Buts et hypothèses

En se penchant sur les avancées des recherches citées et sur les interrogations qui en découlent, l'objectif de ce mémoire est de participer à l'avancement de la recherche sur la sonorité et ses implications langagières. Améliorer nos connaissances dans ce domaine permettrait à terme de mieux comprendre certains troubles phonologiques rencontrés dans le métier d'orthophoniste et d'affiner ainsi la prise en soin du patient, selon les découvertes observées. Ainsi, dans ce mémoire, nous étudierons les éventuels effets d'une lésion cérébrale sur le traitement de la sonorité.

Pour cela, nous réaliserons une expérience de jugement de sonorité sur des patients cérébrolésés, et nous comparerons leurs résultats à ceux d'une population contrôle du même âge.

Nous nous attendons à constater des résultats distincts entre les groupes « contrôles » et « patient ». Par l'intermédiaire des données récoltées lors de l'expérience, il s'agira alors de trouver une explication aux différences de résultats possiblement observées.

Matériel et méthode

1. Participants

Les expériences ont été réalisées sur 76 participants. Les données de six participants sont issues d'une étude similaire à la nôtre en terme de recherche (Garravet, 2019). Au regard de nos critères d'inclusion et d'exclusion stricts (cf. tableau 1), 74 participants sont retenus et répartis en quatre groupes :

- Un groupe « contrôle jeune » de 25 personnes âgées de 18 à 27 ans.
- Un groupe « contrôle adulte » regroupant 26 participants de 30 à 59 ans.
- Un groupe « contrôle senior », comportant six participants de 60 à 75 ans.
- Un groupe « patient », composé de dix-sept personnes cérébrolésées de 18 à 76 ans.

Le recrutement des deux groupes contrôles est réalisé via des annonces auprès d'étudiants en orthophonie et par le biais de notre entourage personnel. Quant aux individus composant le groupe « patient », le recrutement a entièrement été effectué au SSR de Swynghedauw, dans le service de cérébrolésion du Dr. Allart.

Avant chaque expérience, les participants assurent leur consentement et sont informés de l'anonymisation de toutes les données.

Tableau 1 : Présentation des caractéristiques de la population recrutée, par groupe.

	Total	Age	Sexe	Niveau scolaire	Critères d'inclusion	Critères d'exclusion
Groupe contrôle jeune	25	M=23.28 ET= 1.99 [18 ; 27]	F=18 H=7	M=15.88 ET=1.2	- 18 ans à 30 ans - Langue maternelle française	- Déficit visuel non corrigé - Déficit auditif (corrigé ou non)
Groupe contrôle adulte	26	M=47.96 ET=8.75 [30; 59]	F=12 H=14	M=14.48 ET=2.00	- Langue maternelle française - Age similaire aux patients (+/- 3 ans)	

Groupe contrôle senior	6	M=66.67 ET=5.71 [60 ; 75]	F=4 H=2	M=12.67 ET=2.16	-Langue maternelle française - Age > 60 ans	- Négligence spatiale unilatérale - Trouble sévère de la compréhension
Groupe patient	17	M=43.47 ET=18.05 [18 ; 76]	F=6 H=11	M=12.76 ET=2.25	- Langue maternelle française - Adultes cérébrolésés - Phase aiguë ou chronique	

Notes. Le total représente le nombre de participants par groupe, après exclusion. Le niveau scolaire est calculé en nombre d'années d'études à partir du CP.

M : moyenne, ET : écart type, [min ; max], H : Homme, F : Femme

Parmi le groupe patient, huit d'entre eux sont retenus pour une étude de cas détaillée. Ils sont sélectionnés selon leur âge, afin que chacun d'entre eux présente un âge correspondant à chaque tranche d'âge des trois groupes contrôles. Nous retenons alors trois patients « jeunes » entre 18 et 27 ans, quatre patients « adultes » entre 30 et 59 ans, et un patient « senior » de plus de 60 ans. Tous ces patients portent un numéro d'anonymisation (ex : SPEP02, SPEP06...). Les données quantitatives sont proposées dans la partie « Résultats » (cf. Tableau 3). Les données qualitatives sont présentées ci-dessous.

Le patient SPEP02 parle fréquemment anglais dans son travail. Il a subi un traumatisme crânien grave lors d'un accident de la voie publique. Après être resté dans le coma pendant vingt jours, il a bénéficié d'un suivi neuropsychologique et orthophonique (pour des difficultés articulatoires liées à sa récente paralysie faciale). Il est en phase chronique (7 mois et 9 jours) au moment de l'expérience.

Le patient SPEP06 parle parfois anglais dans son travail. Il présente un hématome temporo-pariétal droit et est aujourd'hui en phase chronique (9 mois et 12 jours).

Le patient SPEP18 a subi un accident vasculaire cérébral (AVC) hémorragique fronto-temporal gauche d'étiologie inconnue, engendrant des difficultés d'attention divisée, des troubles de la déglutition et de la parole (du fait d'une paralysie d'une corde vocale). Il est aujourd'hui en phase chronique (12 mois et 14 jours).

La patiente SPEP10 possède des notions de néerlandais et d'anglais. Elle a subi un AVC hémorragique et bénéficie d'un suivi neuropsychologique et orthophonique (pour une dysphonie). Elle est en phase chronique au moment de l'expérience.

Le patient SPEP12 parle uniquement français. Il a été victime d'un accident de la voie publique entraînant un traumatisme crânien grave. Il a bénéficié d'une stimulation cérébrale profonde, d'un suivi neuropsychologique (pour des difficultés attentionnelles) et d'un suivi orthophonique pour le langage écrit. Son écriture reste très touchée. Le jour de l'expérience, il est en phase aiguë (5 mois et 11 jours).

La patiente SPEP15 est bilingue français-arabe, et parle davantage le français. Trente jours avant l'expérience, elle a subi un AVC ischémique protubérentiel droit lié à une probable maladie des petites artères. Elle est suivie en neuropsychologie pour des difficultés attentionnelles.

La patiente SPEP16 a subi un AVC hémorragique causé par une rupture d'anévrisme. Elle est actuellement en phase aiguë (2 mois et 25 jours).

L'unique patient senior, nommé SPEP03, parle uniquement français. Il a été victime d'un AVC entraînant une aphasie transcorticale motrice pour laquelle il est suivi en orthophonie. Il ne présente cependant pas de trouble phonologique. Il est en phase chronique (6 mois et 18 jours).

1.1. Expérience

1.1.1. Stimuli

Les 144 stimuli présentés aux participants sont des pseudo-mots monosyllabiques répartis équitablement en trois listes, selon la sonorité et la fréquence dans la langue française des clusters consonantiques de type CC, en position initiale.

Ainsi, la liste 1 contient 48 pseudo-mots de sonorités ascendantes (respectant le Principe de Sonorité) et aux clusters fréquents (ex : « **br**ane »).

La liste 2 contient 48 pseudo-mots de sonorités ascendantes et aux clusters peu fréquents ou inexistantes dans la langue française (ex: « **kn**age »).

La liste 3 contient 48 pseudo-mots de sonorités descendantes (ne respectant pas le Principe de Sonorité) et aux clusters peu fréquents (ex: « **rf**ane »).

Les pseudo-mots contiennent quatre à cinq lettres et sont formés selon la structure CCVC(V). Les stimuli sont présentés à l'écrit, sur un écran d'ordinateur. Les listes sont mélangées et le participant ignore leur existence.

1.1.2. Procédure

Les expériences ont été menées par les investigateurs de septembre 2019 à janvier 2020. La passation complète se déroule en présence d'un participant à la fois, dans une salle calme et sans distraction. Les expériences sur les groupes contrôles ont été effectuées au SCALab de Villeneuve-d'Ascq ou au domicile des investigateurs (toujours dans un environnement calme et sans distraction). Celles du groupe patient ont été réalisées au SSR de Swynghedauw, soit dans une salle dédiée aux expérimentations scientifiques, soit, plus rarement, dans la chambre des patients.

Une passation durant environ 30 à 45 minutes, il a parfois été nécessaire de scinder ce temps pour quelques patients lents ou fatigables. Ils pouvaient alors réaliser les premiers éléments de l'entretien dans un premier temps, et terminer par l'expérience (complète) à un autre moment. L'expérience comporte plusieurs étapes, détaillées ci-dessous par ordre de présentation.

Tout d'abord, le participant dispose d'une lettre d'informations sur l'expérience et d'un formulaire de consentement, tous deux devant être signés par l'expérimentateur et le participant. Ces éléments expliquent les objectifs de l'étude ainsi que son déroulement. Le participant est informé de l'anonymisation de ses données et de son droit à se retirer à tout moment de l'expérience s'il le demande. La possibilité d'être informé des résultats globaux de l'étude est mentionnée dans les lettres.

Ensuite, les participants du groupe patient et l'expérimentateur remplissent également un questionnaire papier recueillant différentes informations sur le parcours médical du patient : date de l'accident, nature des séquelles, localisation et nature lésionnelle, présence et type d'aphasie, puis les éventuels suivis et atteintes langagières. Toutes ces données ne seront pas exploitées dans ce projet. Ce questionnaire réservé au groupe patient est également complété par l'expérimentateur grâce au dossier médical du participant.

Après cela, des tests et questionnaires permettant d'obtenir diverses informations et de vérifier les critères d'inclusion et d'exclusion sont administrés. Tous les participants répondent à un test de latéralité manuelle (Oldfield, 1971) ainsi qu'à un questionnaire commun. Ces renseignements servent à vérifier les critères d'inclusion et d'exclusion (ex : troubles visuels ou auditifs, niveau d'étude...), mais aussi à s'assurer que l'état du participant lui permet de participer à l'expérience (ex : absence de trouble attentionnel, prise médicamenteuse altérant le niveau d'éveil...).

Ensuite, deux subtests de la BECLA (Batterie d'Evaluation Cognitive du Langage, (Macoir *et al.*, 2015)) sont proposés : le subtest de « décision lexicale écrite » et le subtest de « lecture de non-mots ».

Le subtest « décision lexicale écrite » comporte vingt items et deux exemples. Chaque item représente un mot écrit existant dans la langue française (ex : « piment ») ou non (ex : « scodi »). Ils comportent des caractéristiques de nature (mot ou non-mot), de degré d'imagerie (élevée ou faible), de fréquence lexicale (élevée ou faible), de longueur (monosyllabique, bisyllabique ou trisyllabique) et de proximité orthographique (basse ou élevée, entre les non-mots et les mots existants). Les items sont présentés sur format papier, à raison d'un par page. On explique au participant qu'il va rencontrer des mots et des mots inventés, qui ne veulent rien dire : il doit dire « oui » lorsque le mot existe, et « non » s'il

n'existe pas. La performance est interprétée en percentile selon le score brut et le niveau scolaire. Juger de l'appartenance d'un mot écrit à la langue française nous permet de vérifier le bon fonctionnement de la voie d'adressage.

Le subtest « lecture de non-mots » contient dix items et deux exemples. Ici encore, les non-mots sont présentés sur format papier, à raison d'un mot par page. Il s'agit cette fois d'expliquer au participant que nous allons lui montrer des mots écrits inventés, qui ne veulent rien dire : sa tâche consiste à les lire à voix haute. Les non-mots sont constitués selon des critères de longueur (une à trois syllabes), de structure phonologique (simple ou complexe) et de proximité orthographique (basse ou élevée, entre les non-mots et les mots existants). De même, la performance est interprétée en percentile selon le score brut et le niveau scolaire. La lecture à voix haute de non-mots permet de s'assurer de l'intégrité de la voie d'assemblage. En effet, il convient de vérifier que le participant soit capable de lire les non-mots présentés plus tard dans l'expérience.

Cette dernière tâche a été uniquement réalisée avec les groupes contrôle adulte et patient, car il a été décidé de l'administrer après les passations sur le groupe contrôle jeune. Si eux présentaient un haut niveau d'éducation et de lecture, il était préférable de s'assurer de ces mêmes capacités chez les autres participants, afin d'écarter certains biais.

Vient ensuite le test de discrimination phonologique (Majerus *et al.*, 2005) : à l'ordinateur, les participants entendent deux paires minimales (ex : [ta]-[ka]) et doivent indiquer, en cliquant sur une touche du clavier, si « oui » ou « non » les sons entendus sont identiques. Deux listes leurs sont présentées : une en vitesse « normale » et une en vitesse « rapide ». Cette épreuve évalue la qualité du système phonologique du participant et est à mettre en lien avec l'épreuve suivante sur la sonorité.

La passation se termine par l'expérience de jugement de sonorité. Installé devant l'ordinateur, le participant lit la consigne suivante :

« L'étude porte sur la construction des mots du français. Vous allez voir des non-mots qui peuvent ressembler à des mots réels mais qui n'existent pas en français. On aimerait savoir quels non-mots pourraient éventuellement devenir un nouveau mot de la langue française dans le futur. Vous allez devoir juger de cette possibilité. Pour cela, vous allez attribuer à chaque non-mot une note allant de « improbable » à « probable » à l'aide de la souris comme vous voyez sur l'écran (*montrer l'exemple*). Par exemple, ici vous avez « improbable » (*montrer le point*) : il serait improbable de voir ce non-mot devenir un nouveau mot en français. Et ici (*montrer « probable »*) : il serait probable de voir ce non-mot devenir un nouveau mot en français. Il n'y a pas de bonne ou mauvaise réponse. Avez-vous des questions ? Si vous n'avez pas de question, nous allons commencer l'entraînement. »

Six exemples de non-mots sont présentés. Lorsqu'on s'est assuré que le participant a bien intégré la consigne, l'épreuve commence. Les 144 stimuli apparaissent un à la fois au centre de l'écran. Aucune contrainte de temps n'est posée.

Pour chaque non-mot, le participant indique à l'ordinateur, en cliquant sur une échelle de 1 à 6, la probabilité que chaque non-mot puisse appartenir à la langue (« 1 » étant très peu probable, « 6 » étant très probable). Deux pauses facultatives sont proposées durant l'épreuve.

Toutes les données de l'expérience complète sont anonymisées grâce à un code attribué à chaque participant. Un fichier de correspondance permet toutefois aux expérimentateurs d'associer le code à une identité.

1.1.3. Traitement des données

Les données au format papier (questionnaire patient, questionnaire commun, test de latéralité manuelle, tests de la BECLA) sont reportées dans un document spécifique sur le site d'hébergement de fichiers Nextcloud. Les données tirées des épreuves informatiques (test de discrimination phonologique et épreuve de jugement de sonorité) sont converties du format cvs. à ods. afin de les analyser ultérieurement sur le logiciel Excel. Ces fichiers sont également ajoutés sur le Nextcloud. A ce stade, toutes les données disponibles sur le site sont anonymes.

Pour chaque participant, les éléments suivants sont recueillis et/ou calculés sur Excel : moyennes et écarts types obtenus pour les trois listes de l'épreuve de sonorité, écarts obtenus entre les listes 1 et 2 pour chaque participant et pour chaque groupe (par soustraction de la moyenne de la liste 1 à celle de la liste 2), ainsi qu'entre les listes 3 et 2 (par soustraction de la moyenne de la liste 3 à celle de la liste 2), scores aux deux épreuves de la BECLA, moyennes obtenues pour l'épreuve de discrimination phonologique (en vitesses normale et rapide), âge, niveau d'études et durée post-lésionnelle (pour le groupe patient).

Ensuite, les moyennes et/ou écarts-types de chacun de ces éléments sont calculés pour les trois groupes de participants.

Après cela, les z-scores des données précédentes (listes de l'épreuve de sonorité, écarts obtenus entre les listes 1 et 2 et les listes 3 et 2, scores aux épreuves de la BECLA, épreuve de discrimination phonologique en vitesses normale et rapide) sont calculés et triés en différents nouveaux groupes. En effet, l'étude s'intéressant principalement aux résultats du groupe patients, nous avons scindé le groupe patient en trois, pour que les tranches d'âges de ce groupe puissent être comparées avec celles d'un groupe contrôle d'âge similaire. Nous obtenons ainsi trois sous-groupes de patients : « patient jeune », « patient adulte » et « patient senior ».

Ainsi :

- les z-scores de chaque donnée des « patient jeune » (de 18 à 27 ans) sont calculés selon les moyennes et écarts types du groupe « contrôle jeune ».
- Les z-scores du groupe « patient adulte » (30 à 59 ans) sont mesurés selon la moyenne et l'écart type du groupe « contrôle adulte » (30 à 59 ans).
- Quant au nouveau groupe « patient senior », les z-scores sont calculés avec la moyenne et l'écart type du groupe « contrôle senior ».

Les huit patients de notre étude de cas, présentés dans la partie « Participants », ont été sélectionnés dans chacun de ces sous-groupes. Leurs résultats sont calculés par rapport au groupe contrôle de même âge.

Résultats

Il est à noter qu'une personne peut avoir tendance à donner des notes hautes ou basses d'une manière générale. On peut donc envisager que si elle note « haut » à une liste, la personne donnera également des notes relativement hautes aux autres listes et inversement.

Pour cette raison, nous n'avons pas comparé les moyennes obtenues par patient pour chaque liste avec celles obtenues par son groupe contrôle de référence.

Pour éviter les biais, nous nous intéressons donc aux z-scores de comparaison de listes L1vs.2 et L3vs.2, qui permettent d'évaluer plus objectivement la détection des changements de sonorité ou de fréquence. En effet, ces z-scores sont calculés à partir des notes attribuées par les patients et les individus contrôles. Ils désignent ainsi la différence interlistes obtenue en comparant les données du groupe patient au groupe contrôle.

Les moyennes brutes de chaque liste restent cependant intéressantes à prendre en compte, notamment pour appréhender le degré d'acceptabilité lexicale. Par exemple, si un patient tend à attribuer des notes basses à la liste 1, cela peut signifier qu'il est peu favorable à l'entrée d'un nouveau mot dans la langue française, même quand celui-ci possède certaines caractéristiques linguistiques pouvant justifier son entrée (ex : SSP respecté, cluster fréquent).

Enfin, pour une meilleure compréhension des éléments suivants, nous retenons les résultats inférieurs à -2 ET et supérieurs à +2ET comme indicateurs d'une performance anormale. En effet, plus les notes sont basses (indiquant le jugement « improbable ») et/ou rapprochées entre les listes, plus l'écart entre deux listes sera faible. A l'inverse, plus les notes attribuées sont élevées (indiquant le jugement « probable ») et éloignées entre chaque liste, plus l'écart interlistes sera élevé. Dans ce dernier cas, un écart interlistes important peut donner un z-score positif supérieur à 2ET, mais cela ne signifie pas que la performance est « exceptionnellement bonne ».

Ainsi, seul l'écart à la norme du groupe contrôle nous intéresse : nous retenons donc que les valeurs en dehors de l'intervalle [- 2 ; 2] sont pathologiques. Elles sont indiquées en rouges dans le tableau 3. Les z-scores seront ensuite interprétés plus en détails en fonction des données globales de chaque patient (données qualitative, scores bruts aux listes...)

Tableau 2 : moyennes et écarts-types des listes et écarts interlistes (listes 1-2, listes 3-2) obtenus par les trois groupes contrôles à l'épreuve de jugement de sonorité.

Liste 1 (SSP+, Freq+)	Liste 2 (SSP+, Freq-)	Liste 3 (SSP-, Freq-)	Listes 1-2	Listes 3-2
Groupe contrôle jeune				
M=5.17	M=2.26	M=1.52	M=2.91	M=-0.74
ET=0.49	ET=0.61	ET=0.44	ET=0.48	ET=0.43
Contrôle adulte				
M=4.13	M=1.98	M=1.88	M=2.39	M=-0.26
ET=1.25	ET=0.55	ET=0.62	ET=1.18	ET=0.54
Contrôle senior				
M=3.95	M=2.61	M=2.26	M=1.34	M=-0.35
ET=1.32	ET=0.89	ET=0.94	ET=0.94	ET=0.64

Notes. SSP+ : SSP respecté, SSP- : SSP transgressé, Freq+ : cluster fréquent, Freq- : cluster rare

Tableau 3 : pour chaque patient de l'étude de cas, les résultats obtenus à l'épreuve de jugement de sonorité sont présentés ci-dessous : scores bruts obtenus par listes, écarts interlistes de chaque patient (listes-2, liste 3-2), z-scores des écarts interlistes par comparaison au groupe contrôle du même âge (L1vs.2, L3vs.2).

	Liste 1 (SSP+, Freq+)	Liste 2 (SSP+, Freq-)	Liste 3 (SSP-, Freq-)	Listes 1-2	Listes 3-2	Z-score L1vs.2	Z-score L3vs.2
Sous-groupe patient jeune (18-29 ans)							
SPEP02	1.71	1.12	1	+0.58	-0.12	-4.80	+1.43
SPEP06	2.37	1.48	1.42	+0.89	-0.06	-4.15	+1.57
SPEP18	4.48	2.31	1.58	+2.17	-0.73	-1.53	+0.02
Sous-groupe patient adulte (30-59 ans)							
SPEP10	2.96	1.71	1.33	+1.25	-0.37	-1.94	+0.43
SPEP12	1.69	1.23	1	+0.46	-0.23	-1.64	+0.05
SPEP15	4.67	4.77	4.83	-0.10	+0.06	-2.12	+0.59
SPEP16	3.48	1.54	1.33	+1.94	-0.21	-0.38	+0.09
Sous-groupe patient senior (59-76 ans)							
SPEP03	4.54	3.89	3.58	+0.64	-0.31	-0.74	+0.05

Discussion

Afin de déterminer si une lésion cérébrale affecte le traitement de la sonorité chez des personnes cérébrolésées, nous avons fait passer une épreuve de jugement de sonorité à 74 participants répartis en quatre groupes : contrôle jeune, contrôle adulte, contrôle senior, et patient. Sur ce groupe patient, huit d'entre eux ont été sélectionnés pour une étude de cas détaillée. Puis, ils ont été répartis en trois tranches d'âges afin de pouvoir faire correspondre leurs résultats à ceux d'un groupe contrôle d'âge similaire. Pour rappel, les stimuli présentés variaient en sonorité et en fréquence : seule la fréquence change entre les listes 1 et 2, et seule la sonorité varie entre les listes 2 et 3. Nous nous attendons à observer un traitement de la sonorité plus affecté chez le groupe patient.

1. Sous-groupe patient jeune

Le patient SPEP02 obtient un z-score pathologique (-4.80ET), observé à la comparaisons des listes L1vs.2 (variant en fréquence), par rapport au groupe contrôle jeune. Ceci s'explique par les notes très basses données par le patient à la liste 1 ($M=1.71$ contre 5.17 pour le groupe contrôle) et peu variées entre les listes. Les faibles notes de la liste 1 indiquent que SPEP02 considère les items de cette liste comme improbables même lorsque ceux-ci suivent le SSP et comportent un cluster fréquent dans la langue.

D'ailleurs, lors de la passation, le patient avait tendance à choisir uniquement les notes extrêmes, malgré une bonne compréhension de la consigne. À l'oral, il précisait « tout trouver improbable » et attribuait ainsi une note de 1 ou 2 (les plus improbables) à la plupart des non-mots, peu importe leur sonorité et la fréquence des clusters.

Cependant, le z-score L3vs.2 est dans la norme, et même positif (+1.43ET). Ceci indique que l'écart entre les listes 3 et 2 est normal : en effet les notes de ces deux listes sont assez proches de celles données par le groupe contrôle. Or, la seule différence entre ces listes 2 et 3 est la sonorité (qui n'est plus respectée à la liste 3).

Tous ces résultats semblent indiquer que le patient ne détecte pas correctement les changements de fréquence, mais qu'il repère ceux de sonorité. De plus, les notes très basses et peu nuancées montrent que ce patient tend peut-être à trouver plus improbables que les contrôles la possibilité que ces non-mots rentrent dans la langue française un jour.

Concernant le patient SPEP06, on observe également un écart nettement inférieur à la norme et pathologique entre les listes 1 et 2 (-4.15ET), mais pas entre les liste 3 et 2 (+1.57ET).

En effet, tout comme le participant précédent, SPEP06 a davantage jugé les items des trois listes comme très improbables (en particulier ceux de la liste 1), comparé au groupe contrôle qui a plus nuancé ses réponses. Ceci explique le faible écart L1vs.2, engendrant un z-score pathologique.

De même que pour le patient SPEP02, la comparaison interlistes (L1vs.2, L3vs.2) dénote que les changements de fréquence ne sont pas repérés, contrairement à ceux de sonorité. Les notes globalement improbables voire très improbables à chaque liste indiquent la possibilité que le patient peine à juger probable l'arrivée dans la langue française des non-mots présentés, peu importe qu'ils suivent le SSP ou qu'ils comportent un cluster fréquent. Aucune donnée comportementale ou qualitative ne permet ici d'interpréter autrement ces résultats.

Le participant SPEP18 est le plus jeune du groupe patient. Tous ses résultats sont dans la norme par rapport au groupe contrôle du même âge. Les notes attribuées aux trois listes correspondent à celles données par le groupe contrôle. Il est cependant intéressant de noter que, même s'il reste dans la norme, le z-score de comparaison interlistes L1vs.2 reste faible (-1.53ET) alors que le z-score L3vs.2 est exactement dans la norme (+0.02ET). Ceci indique que SPEP18 a tout de même observé moins de différence que les contrôles entre les deux listes variant en fréquence. On remarque que ce patient parle couramment cinq langues différentes.

Pour deux de ces trois patients jeunes, les résultats observés orientent vers une absence de détection de la fréquence, qu'elle soit basse ou élevée pour les clusters concernés. Tous repèrent correctement les changements de sonorité. Seul le patient SPEP18 possède des performances dans la norme, même s'il tend à répliquer le même schéma de réponses que les autres patients jeunes concernant le repérage des changements de fréquence et de sonorité. Ce patient est d'ailleurs polyglotte : en plus du français, il possède des notions d'anglais, d'espagnol, de russe et de suédois.

On observe que tous les patients ont jugé improbables (ou plus improbables que les contrôles) les non-mots de la liste 1. Deux patients ont jugé tous les items de toutes les listes comme improbables ou très improbables. Il semble donc que les patients jeunes tendent à moins accepter un mot nouveau dans la langue française, même si celui-ci comporte un cluster fréquent et respecte le Principe de Sonorité (liste 1).

En mettant en lumière ces informations sur les patients jeunes et le patient polyglotte, il serait intéressant de savoir si, en cas de lésion cérébrale, parler plusieurs langues influencerait le traitement de la fréquence et l'acceptabilité lexicale.

2. Sous-groupe patient adulte

Le patient SPEP10 obtient des performances dans la norme. Seul le z-score indiquant la différence entre les listes 1 et 2 est à la limite du seuil pathologique (-1.94ET). En effet, le patient ayant attribué des notes basses et rapprochées, l'écart entre les listes 1 et 2 est beaucoup moins marqué que pour le groupe contrôle adulte, qui a donné une note moyenne de 4.13 pour la liste 1 et de 1.98 pour la liste 2, contre 2.96 et 1.71 pour SPEP10.

Un schéma semblable à celui retrouvé chez le groupe jeune s'observe : des notes basses voire très basses aux trois listes, un z-score L1vs.2 quasiment pathologique et un z-score L3vs.2 tout à fait dans la norme.

Ici, les changements de fréquence et de sonorité sont repérés, mais ceux de fréquence sont toutefois moins bien détectés que chez les contrôles (z-score L1vs.2 à la limite du pathologique). Les notes basses attribuées aux différentes listes, en particulier à la liste 1, laissent penser que comparé aux participants contrôles, le patient considère qu'il est improbable que les non-mots présentés apparaissent un jour dans la langue française.

Ici encore, le patient SPEP12 attribue des notes très faibles à chaque liste. Ceci engendre des résultats très rapprochés entre les listes, et donc des z-scores interlistes assez faibles, mais dans la norme, entre les listes 1 et 2 (-1.64ET). Le z-score L3vs.2 est dans la norme (+0.05ET). Même si les performances sont dans la norme, l'interprétation de ces résultats est similaire à ceux des patient précédents : des non-mots paraissant incongrus (même lorsqu'ils suivent le SSP et comportent un cluster fréquent), peu de variations de réponses et une sonorité mieux détectée que la fréquence.

En revanche, les résultats des deux patientes suivantes, SPEP15 et SPEP16, sont plus atypiques que ceux observés précédemment.

Cette fois, la patiente SPEP15 a attribué des notes très élevées et presque identiques à toutes les listes. Les notes croissent même légèrement entre les listes alors que la sonorité et la fréquence diminuent. Ainsi, le z-score L1vs.2 est pathologique (-2.12ET) et le z-score L3vs.2 est dans la norme. Ces z-scores s'expliquent par le fait que les notes de la patiente sont très similaires, alors que le groupe contrôle observe une grande différence entre les listes 1 et 2 mais très peu entre les listes 2 et 3. Cela va à l'encontre du schéma observé chez tous les participants, contrôles et patients, pour lesquels les notes ont toujours décro progressivement entre les listes 1 et 3. Ainsi, plus les non-mots devenaient improbables (SSP-, Freq-), plus la patiente les jugeait probables.

Plusieurs facteurs pourrait expliquer cela : premièrement, cette participante est la seule patiente présentant un bilinguisme de naissance. Il peut être envisagé que les clusters proposés dans l'expérience présentent des caractéristiques de sonorité et de fréquence communes aux syllabes de sa seconde langue (l'arabe), même si ceux-ci nous paraissent naturellement plus improbables en français.

De même, le bilinguisme de la patiente aurait pu influencer le traitement de la fréquence (z-score L1vs.2). Effectivement, dans une étude sur des individus sains (Lehtonen et Laine, 2003), il a déjà été envisagé que la fréquence influence le bilinguisme : les mots existants et fréquents sont traités moins rapidement par les bilingues que les monolingues. Les résultats de l'étude laissent penser que les bilingues posséderaient une représentation lexicale incomplète, en comparaison aux monolingues. Il est possible que cette tendance se retrouve même en cas de lésion cérébrale.

Ensuite, parmi tous les patients, cette patiente en phase aiguë présente le délai le plus court entre son accident et le moment de l'expérience (30 jours). Ces résultats sont peut-être liés aux séquelles de son accident. En effet la fatigue ou les troubles attentionnels sont fréquents dans les lésions cérébrales (Hugeron et Azouvi, 2003). Ou bien, on pourrait penser qu'en cas de lésion cérébrale, par exemple du gyrus frontal inférieur gauche, impliqué dans le traitement de la sonorité (Deschamps, Baum et Gracco, 2015), la sonorité et/ou la fréquence serait davantage atteinte(s) en phase (très) aiguë. Cette dernière hypothèse ne pourrait être soutenue dans notre étude, les autres patients en phase aiguë ayant une durée post-lésionnelle

bien supérieure à celle de SPEP15 (ex : 5 ; 5 mois pour SPEP12, 3 mois pour SPEP16). L'exploration de cette piste dans des études ultérieures resterait cependant intéressante.

Quant à la patiente SPEP16, toutes ses performances sont dans la moyenne par rapport au groupe contrôle. C'est la seule patiente de ce groupe ayant des performances dans la norme et concordantes entre les trois listes. Or, cette patiente est également bilingue de naissance (franco-arabe) et en phase aiguë (3 mois). En mettant ses résultats en lumière de ceux des patients SPEP18 et SPEP15, on pourrait penser que parler plusieurs langues affecterait peut-être le traitement de la fréquence et de la sonorité, y compris en cas de lésion cérébrale.

Parmi les quatre patients adultes, seulement deux présentaient une performance pathologique (SPEP15) ou quasiment pathologique (SPEP10) à un des éléments étudiés.

Dans l'ensemble, les patients ont à nouveau considéré les non-mots comme bien plus improbables que le groupe contrôle, en particulier pour la liste 1. Seules les patientes bilingues ont jugé les non-mots suivant le SSP et aux clusters fréquents de la listes 1 comme probables. En corrélant ces éléments à ceux du patient polyglotte SPEP18, il semblerait que le bilinguisme ou la polyglossie influence le traitement de la sonorité et/ou de la fréquence en cas de lésion cérébrale, en comparaison aux autres patients non-bilingues. En se penchant sur le cas de SPEP15, il se pourrait que les sonorités présentes dans la deuxième langue influencent le jugement de sonorité de l'autre langue.

Globalement, les patients semblent moins favorables à l'entrée dans la langue des non-mots présentés, peu importe qu'ils suivent ou non le SSP et qu'il contiennent un cluster fréquent.

Enfin, à l'instar du groupe jeune, les patients adultes semblent globalement conserver une bonne détection de la sonorité (z-scores L3vs.2 dans la norme) mais peinent davantage à repérer la fréquence, en comparaison des adultes contrôles (z-scores L1vs.2 parfois pathologiques).

3. Sous-groupe patient senior

L'unique patient senior SPEP03 obtient un z-score dans la norme concernant l'écart entre les listes 1 et 2 (-0.74ET) et entre les listes 2 et 3 (+0.05ET). En terme de moyennes brutes, il tend à donner des notes plus hautes que son groupe contrôle senior et que les autres patients des autres groupes, aux trois listes présentées.

A l'inverse des autres groupes, ce patient monolingue de 76 ans, atteint d'une aphasie transcorticale motrice, obtient des performances similaires à ceux du groupe contrôle du même âge. Il détecte normalement la fréquence et la sonorité. Contrairement aux patients des autres groupes, il tend à juger la probabilité des items de la même manière que son groupe contrôle de référence : son niveau d'acceptabilité lexicale concorde avec celui du groupe contrôle senior.

Il est envisageable que l'aphasie transcorticale motrice ne soit pas corrélée au traitement de la sonorité ou de la fréquence pour ce patient.

En conclusion, deux patients sur huit ont attribuées des notes inférieures (voire très inférieures) à celles de leur groupe contrôle aux items de la liste 1. Cette tendance reste présente mais moins marquée sur les autres listes. Trois patients sur huit ont un écart minime et pathologique entre les listes 1 et 2, variant en fréquence. Tous les patients obtiennent une performance dans la norme concernant l'écart entre les listes 2 et 3, variant en sonorité. Il est intéressant de noter que le groupe contrôle remarque également davantage les changements de fréquence que de sonorité (moyennes moins élevées pour « Listes 1-2 » que pour « Listes 3-2 »).

Les patients jeunes et les non-bilingues présentent les écarts à la norme les plus marqués (ex : z-scores L1vs.2), par rapport à leur groupe contrôle de référence. De même, le patient polyglotte (SPEP18), la patiente bilingue SPEP16 et le patient senior aphasique présentent des performances entièrement dans la norme. Cela pourrait laisser penser que le bilinguisme jouerait peut-être un rôle de protection dans le traitement de la fréquence, en cas de lésion cérébrale. Cependant, l'échantillon de participants est trop réduit et les performances trop variées pour en tirer de telles conclusions. De plus, l'autre participante bilingue (SPEP15) affiche des performances pathologiques et atypiques (non-mots jugés très probables aux trois listes, z-score L1vs.2 pathologique), alors que sa seconde langue est la même que la patiente bilingue SPEP16. La grande variation des performances de deux patientes bilingues franco-arabe, de même âge et toutes deux en phase aiguë nous empêche de nous avancer sur des hypothèses concernant le rôle du bilinguisme sur le traitement de la fréquence et de la sonorité.

Les résultats du patient senior laissent penser que l'aphasie n'est pas forcément toujours corrélée à une atteinte de la sonorité ou de la fréquence. Ces résultats sont à interpréter avec précaution, car ils ne concernent qu'un unique patient n'étant lui-même comparé qu'à seulement six individus contrôles du même âge.

En résumé, en dehors de quelques patients, la majorité détecte les changements de fréquence et la totalité détecte les changements de sonorité. Cependant, quasiment tous les patients semblent moins favorables que les contrôles à l'entrée dans la langue de nouveaux mots. Le traitement de la sonorité et de la fréquence semblent influencé par l'âge (écart à la norme plus important chez les jeunes) et les langues parlées. Il est intéressant de noter qu'aucun patient (même le patient aphasique) ne présente de trouble phonologique. Nos observations rejoignent celles de Miozzo et Buchwald (2013) et d'Ulbrich et ses collègues (2016), sur la possibilité que le traitement de la sonorité soit influencé par des facteurs comme la fréquence.

4. Limites

Quelques éléments sont à noter quant aux limites rencontrées durant l'étude.

Tout d'abord, concernant la population recrutée, le niveau d'éducation des contrôles jeunes est plus élevé et plus homogène ($M=15.88$; $ET=1.20$) que celui des autres groupes. Pour exemple, le groupe contrôle adulte a effectué en moyenne 14.48 années d'études à partir du CP ($ET=2$), le groupe contrôle senior 12.66 ($ET=2.1$). Le groupe patient étant divisé en trois tranches d'âges, les patients jeunes ont réalisé en moyenne 13,33 années d'études à partir du CP ($ET=2.42$), les patients adultes 12.86 ($ET=1.86$) et les patients seniors 11.75 ($ET=2.87$). Or, selon une étude de Place et Vincent (2015), un haut niveau d'éducation serait proportionnellement corrélé à de meilleures habilités de lecture. Ceci pourrait influencer les résultats des participants, confrontés à des stimuli écrits dans la tâche de jugement de sonorité.

De plus, le groupe contrôle senior comporte très peu d'individus (six) comparés aux autres groupes. En effet, le but était à l'origine de créer un sous-groupe de contrôles seniors au sein du groupe adulte afin de comparer les résultats de toute la tranche adulte, sans faire de distinction avec les seniors. Cependant, le faible nombre de contrôles seniors recrutés nous a amenée à créer un groupe contrôle senior à part entière. Effectivement, les ajouter au groupe contrôle adulte de 25 participants aurait créé un groupe disproportionné et des résultats moins précis, impliquant possiblement l'apparition de biais liés à l'âge.

En outre, durant l'étude, certaines informations relevées sont restées inexploitées. C'est le cas de la localisation lésionnelle : lors du recrutement des patients, certaines données qualitatives concernant la nature des lésions et leurs localisations ont été recueillies. Cependant, il fut impossible d'accéder à des éléments précis comme les IRM anatomiques des patients. Or, si ces données avaient été mises en lien avec les résultats, nous aurions pu exploiter d'éventuelles corrélations entre les zones cérébrales atteintes et le traitement de la sonorité. Si les éléments concernant la localisation lésionnelle n'ont pu être pris en compte dans notre étude, les retenir lors d'une étude ultérieure pourrait s'avérer utile.

De même, aux prémices de l'étude, nous recherchions principalement des individus atteints d'aphasie pour constituer le groupe patient. Cependant, il fut difficile de trouver plusieurs participants présentant une aphasie et répondant également à tous nos critères d'inclusion et d'exclusion. Ainsi, seulement un patient aphasique est présent dans le groupe patient, qui comporte principalement des individus sans aucun trouble du langage. Or, la sonorité étant intrinsèque à la phonologie, il aurait été intéressant d'intégrer des patients présentant un trouble phonologique dans notre étude, pour comparer leurs réponses sur la sonorité par rapport au groupe contrôle, mais aussi par rapport aux autres patients sans troubles phonologiques.

Concernant les stimuli présentés, ceux-ci sont ici proposés en modalité écrite. Si la sonorité est repérée à l'écrit, comme mentionné par exemple dans l'étude de Fabre et Bedoin (2003), il serait intéressant de connaître les résultats d'une expérience similaire à la nôtre en modalité auditive. Qui plus est, la modalité écrite comportait quelques inconvénients : l'orthographe de quelques stimuli influençait les réponses des participants. En effet, pour éviter une mauvaise lecture du graphème contextuel « c », pouvant être lu [s] ou [k], il a été

décidé d'employer uniquement le graphème « k » dans les stimuli écrits, pour réaliser le son [k]. Mais, quelques participants (notamment du groupe patient) nous ont fait remarquer que les clusters commençant par « k » semblaient improbables car ils sont rares dans la langue. Or, le son [k] en début de mot est fréquent, même s'il s'écrit souvent avec un « c ».

Enfin, les résultats sont interprétés selon des z-scores. Cela permet de mesurer les résultats d'un patient en le comparant à une norme de référence (ici, des groupes contrôles). Or, cette mesure devient moins pertinente lorsque la distribution des données analysées ne suit pas la loi normale. Ici, nous ne connaissons justement pas la distribution des notes attribuées à chaque item. Pour obtenir une mesure optimale à l'aide de z-scores, il serait intéressant de calculer ces derniers grâce à la moyenne donnée par les participants contrôles à chaque item. Avec cette moyenne, l'écart type de chaque item serait calculé pour le groupe contrôle. Les z-scores des patients pour chaque item pourraient être comparés aux données précédentes. Ceci nous permettrait d'obtenir des données plus précises et de vérifier les résultats obtenus dans notre étude.

Conclusion

L'objectif de ce projet était d'enrichir les connaissances sur le traitement neurocognitif de la sonorité. Pour cela, nous avons étudié comment des lésions cérébrales affectent ce traitement.

Pour répondre à ce questionnement, nous avons proposé une tâche de jugement de sonorité à 74 participants, répartis en différents groupes selon l'état de santé (sain ou cérébrolésé) et l'âge (afin d'éviter un éventuel biais lié à l'âge). Huit patients de différentes tranches d'âges ont été retenus pour une étude de cas détaillée. Nous avons comparé leurs résultats à l'épreuve de jugement de sonorité à ceux d'un groupe contrôle d'âge similaire. Nous nous attendions à ce que la sonorité soit plus atteinte chez les patients que chez les contrôles.

Les résultats observés diffèrent de nos prédictions : en effet, tous les patients repéraient les changements de sonorité. Ce sont les changements de fréquence qui posaient le plus de difficultés aux patients, mais ce phénomène est cependant hétérogène au sein du groupe.

En revanche, la grande majorité des patients semblent moins propice à accepter l'entrée dans la langue de nouveaux mots, comparé aux groupes contrôles, et ce même quand ces non-mots respectent le Principe du Cycle de Sonorité et contiennent un cluster fréquent.

Le traitement de la sonorité et de la fréquence semblait différer entre les patients non-bilingues et les patients bilingues ou polyglottes. Nos observations pourraient être expliquées grâce aux études de Miozzo et Buchwald (2013) et d'Ulbrich et ses collègues (2016), qui évoquent la possibilité que le traitement de la sonorité soit influencé par des facteurs comme la fréquence.

Contrairement à d'autres études concernant l'aphasie et la sonorité, l'unique patient aphasique ne présentait pas d'atteinte de la sonorité ou de la fréquence. Comparé à d'autres patients, ses performances étaient même plus rapprochées de la norme de son groupe.

Cependant, l'infime nombre de patients, la faible diversité des profils et les performances divergentes au sein de profils similaires (ex : bilinguisme franco-arabe) font que nos données ne sont pas assez exhaustives pour approfondir quelque hypothèse mettant en lien le traitement de la sonorité ou de la fréquence avec le bilinguisme ou l'âge.

Ainsi, explorer les relations entre la sonorité et le bilinguisme pourrait améliorer notre compréhension des troubles phonologiques, chez l'enfant comme chez l'adulte. En effet, si la sonorité est quelque peu affectée dans la dyslexie (Fabre et Bedoin, 2013), le bilinguisme peut-il influencer le traitement de la sonorité dans ce trouble neurodéveloppemental ? De même, agirait-il de la même manière dans la dyslexie que dans les troubles phonologiques acquis comme l'aphasie ?

Ces recherches nous invitent également à sonder davantage le lien entre les lésions cérébrales, les troubles phonologiques et la sonorité : pourquoi les changements de sonorité sont-ils détectés chez les patients, alors même qu'ils tendent à moins accepter l'entrée d'un mot dans la langue française, même si celui-ci respecte la sonorité ? Les patients atteints de troubles phonologiques acquis jugeraient-ils de la même façon les non-mots ? Pour aller plus loin, détecteraient-ils les changements de sonorité ?

Il serait intéressant de réaliser une expérience similaire à la nôtre sur des patients atteints d'un trouble phonologique consécutif à une lésion cérébrale. Cela permettrait d'observer si ces patients jugent l'acceptabilité des non-mots de la même façon que les patients de notre étude, et d'analyser si les changements de sonorité sont cette fois difficilement détectés.

Bibliographie

- Bailey, T. M., & Hahn, U. (2001). Determinants of Wordlikeness : Phonotactics or Lexical Neighborhoods? *Journal of Memory and Language*, 44(4), 568-591.
<https://doi.org/10.1006/jmla.2000.2756>
- Bastiaanse, R., Gilbers, D., & Van Der Linde, K. (1994). Sonority substitutions in Broca's and conduction aphasia. *Journal of Neurolinguistics*, 8(4), 247-255.
[https://doi.org/10.1016/0911-6044\(94\)90011-6](https://doi.org/10.1016/0911-6044(94)90011-6)
- Bell, A., & Saka, M. M. (1983). Reversed sonority in Pashto initial clusters. *Journal of Phonetics*, 11(3), 259-275. [https://doi.org/10.1016/S0095-4470\(19\)30826-5](https://doi.org/10.1016/S0095-4470(19)30826-5)
- Berent, I., Steriade, D., Lennertz, T., & Vaknin, V. (2007). What we know about what we have never heard: Evidence from perceptual illusions. *Cognition*, 104, 591–630.
doi:10.1016/j.cognition.2006.05.015, cité par Gomez *et al.*
- Berent, I. (2017). On the Origins of Phonology. *Current Directions in Psychological Science*, 26(2), 132-139. <https://doi.org/10.1177/0963721416688891>
- Blevins, J. (1995). The syllable in phonological theory. In J. Goldsmith (Éds.), *The handbook of phonological theory*. Blackwell Publishers, 206-244.
- Bussmann, H. (2006). *Routledge dictionary of language and linguistics*. Taylor & Francis.
- Canault, M. (2017). *La phonétique articulatoire du français*. De Boeck Supérieur.
- Chomsky, N., & Halle, M. (1965). Some controversial questions in phonological theory. *Journal of Linguistics*, 1(2), 97-138. <https://doi.org/10.1017/S0022226700001134>
- Clements, G. N. (1990). The role of the sonority cycle in core syllabification. In *Papers in laboratory phonology 1: between the grammar and physics of speech* (Cambridge University Press, pp. 283–333). Cambridge.
- Clements, G. N. (2009). Does Sonority Have a Phonetic Basis? In E. Raimy & C. E. Cairns (Éds.), *Contemporary Views on Architecture and Representations in Phonology*. The MIT Press, 165-175. <https://doi.org/10.7551/mitpress/9780262182706.003.0007>
- Code, C., & Ball, M. J. (1994). Syllabification in aphasic recurring utterances : Contributions of sonority theory. *Journal of Neurolinguistics*, 8(4), 257-265.
[https://doi.org/10.1016/0911-6044\(94\)90012-4](https://doi.org/10.1016/0911-6044(94)90012-4)

- Deschamps, I., Baum, S., & Gracco, V. (2015). Phonological processing in speech perception : What do sonority differences tell us ?, *Brain & Language* ,149, 77–83.
- Fabre, D., & Bedoin, N. (2003). Sensitivity to Sonority for Print Processing in Normal Readers and Dyslexic Children. *Current Psychology Letters. Behaviour, Brain & Cognition*, 10, Vol. 1, 2003, Article 10, Vol. 1, 2003.
<http://journals.openedition.org/cpl/93>
- Garravet, M. P. (2019), *Quels sont les corrélats neuronaux de la complexité phonologique chez l'adulte? Analyse de réponses comportementales et pistes cliniques*. (Mémoire d'orthophonie, Université de Lille). Récupéré à:
<http://pepite-depot.univ-lille2.fr/nuxeo/site/esupversions/6ff089fc-03bd-4c7b-bdce-4bb0199f8711>
- Gomez, D. M., Berent, I., Benavides-Varela, S., Bion, R. A. H., Cattarossi, L., Nespor, M., & Mehler, J. (2014). Language universals at birth. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(16), 5837-5841. <https://doi.org/10.1073/pnas.1318261111>
- Greenberg, J. H. (1978). Some generalizations concerning initial and final consonant clusters. In J. H. Greenberg, C. A. Ferguson, & E. A. Moravcsik (Éds.), *Universals of human language* (Vol. 2), CA: Stanford University Press, 243-279, cité par Gomez *et al.* (non consulté).
- Hayes, B., & White, J. (2013). Phonological Naturalness and Phonotactic Learning. *Linguistic Inquiry*, 44(1), 45-75. https://doi.org/10.1162/LING_a_00119
- Hayes, B., & Wilson, C. (2008). A Maximum Entropy Model of Phonotactics and Phonotactic Learning. *Linguistic Inquiry*, 39(3), 379-440. <https://doi.org/10.1162/ling.2008.39.3.379>
- Hugeron, C., & Azouvi, P. (2003). La fatigue dans les affections neurologiques. *La Lettre du Neurologue*, VII(2), 3.
- Jany, C., Gordon, M., Nash, C. M., & Takara, N. (2007). How universal is the sonority hierarchy ? : A cross-linguistic study. *Proceedings of the ICPHS XVI*, 1401-1404.
- Klopfenstein, M., & Ball, M. J. (2010). An analysis of the sonority hypothesis and cluster realization in a child with phonological disorder. *Clinical Linguistics & Phonetics*, 24(4-5), 261-270. <https://doi.org/10.3109/02699201003587012>

- Kreitman R. (2012) On the relations between [sonorant] and [voice]. Consonant Clusters and Structural Complexity, In Hoole P., Bombien L., Pouplier M., Mooshammer C., Kühnert B. (Éds.), de Gruyter, Berlin, 33–70, cité par Gomez *et al.*
- Ladefoged, P., Draper, M. H., & Whitteridge, D. (1958). Syllables and Stress. *Le Maître Phonétique*, 36 (73), 1-14.
- Lehtonen, M., & Laine, M. (2003). How word frequency affects morphological processing in monolinguals and bilinguals. *Bilingualism: Language and Cognition*, 6(3), 213-225.
<https://doi.org/10.1017/S1366728903001147>
- Macoir, J., Jean, C., & Gauthier, C. (2015). *Batterie d'Évaluation Cognitive du Langage (BECLA)*.
- Majerus, S., Van der Kaa, M.-A., Renard, C., Van der Linden, M., & Poncelet, M. (2005). Treating verbal short-term memory deficits by increasing the duration of temporary phonological representations: A case study. *Brain and Language*, 95(1), 174-175.
<https://doi.org/10.1016/j.bandl.2005.07.094>
- Miozzo, M., & Buchwald, A. (2013). On the nature of sonority in spoken word production : Evidence from neuropsychology. *Cognition*, 128(3), 287-301.
<https://doi.org/10.1016/j.cognition.2013.04.006>
- Ohala, D. K. (1999). The influence of sonority on children's cluster reductions. *Journal of Communication Disorders*, 32(6), 397-421; quiz 421-422.
- Oldfield, R. C. (1971). The assessment and analysis of handedness : The Edinburgh inventory. *Neuropsychologia*, 9(1), 97-113. [https://doi.org/10.1016/0028-3932\(71\)90067-4](https://doi.org/10.1016/0028-3932(71)90067-4)
- Parker, S. (2011). Sonority. In *The Blackwell Companion to Phonology*, American Cancer Society, 1-25. <https://doi.org/10.1002/9781444335262.wbctp0049>
- Pereltsvaig, A. (2017). *Languages of the World : An Introduction*. Cambridge University Press.
- Place, D., Vincent, B., (2009). *L'influence des caractéristiques sociodémographiques sur les diplômes et les compétences*, Economie et Statistique, (424-425), 125-147.
- Riley, E. A., & Thompson, C. K. (2015). Training Pseudoword Reading in Acquired Dyslexia : A Phonological Complexity Approach. *Aphasiology*, 29(2), 129-150.
<https://doi.org/10.1080/02687038.2014.955389>

Romani, C., & Calabrese, A. (1998). Syllabic Constraints in the Phonological Errors of an Aphasic Patient. *Brain and Language*, 64(1), 83-121.

<https://doi.org/10.1006/brln.1998.1958>

Sievers, E. (1881). *Grundzüge der Phonetik*. Leipzig: Breitkopf and Hartel.

Ulbrich, C., Alday, P. M., Knaus, J., Orzechowska, P., & Wiese, R. (2016). The role of phonotactic principles in language processing. *Language, Cognition and Neuroscience*, 31(5), 662-682. <https://doi.org/10.1080/23273798.2015.1136427>

White, J., & Chiu, F. (2017). Disentangling phonological well-formedness and attestedness : An ERP study of onset clusters in English. *Acta Linguistica Academica*, 64(4), 513-537. <https://doi.org/10.1556/2062.2017.64.4.2>