



HAL
open science

Accès au lexique en Langue des Signes Française (LSF) : impact de la modalité visuo-gestuelle et de la privation langagière

Philomène Perin

► To cite this version:

Philomène Perin. Accès au lexique en Langue des Signes Française (LSF) : impact de la modalité visuo-gestuelle et de la privation langagière. Linguistique. Université Paris Nanterre, 2024. Français. NNT: . tel-04651894

HAL Id: tel-04651894

<https://shs.hal.science/tel-04651894v1>

Submitted on 17 Jul 2024

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Philomène Périn

Accès au lexique en Langue des Signes Française (LSF) : impact de la modalité visuo-gestuelle et de la privation langagière

Thèse présentée et soutenue publiquement le **1^{er} juillet 2024**

en vue de l'obtention du doctorat de Sciences du langage de l'Université Paris Nanterre

sous la direction de Caroline Bogliotti et Laurence Conty

Jury :

Rapporteuse :	Sandrine Ferré	Professeure, Université de Tours
Rapporteur :	Xavier Alario	Directeur de recherche, Université d'Aix-Marseille
Président du jury :	Emmanuel Ferragne	Professeur, Université Paris Cité
Membre du jury :	Carlo Cecchetto	Directeur de recherche, Université Paris 8
Membre du jury :	Marion Blondel	Chargée de recherche, HDR, Université Paris 8
Membre du jury :	Caroline Bogliotti	MCF-HDR, Université Paris Nanterre
Membre du jury :	Laurence Conty	Professeure, Université Paris Nanterre

Remerciements

Je tiens d'abord à remercier sincèrement mes directrices de thèse Laurence Conty et Caroline Bogliotti qui m'ont accompagnée de façon bienveillante et constructive. Un grand merci à Laurence qui a gentiment accepté de rejoindre cette aventure et m'a permis de finir ce travail plus sereinement. Caroline, j'espère que vous savez à quel point je vous remercie depuis tout ce temps. Pour votre présence depuis le début (pour m'avoir proposé la thèse d'ailleurs), pour votre confiance et votre soutien de tous les instants, pour nos moments de travail et pour tous les autres moments aussi, merci.

Je remercie également Sandrine Ferré et Xavier Alario, rapporteurs de ma thèse, ainsi qu'Emmanuel Ferragne, Carlo Cecchetto et Marion Blondel qui complètent ce jury. Votre réponse enthousiaste à mon invitation m'a touchée.

Merci aux membres du laboratoire, enseignants-chercheurs, ingénieurs, gestionnaires et doctorants, qui m'ont soutenue et conseillée dans les moments tumultueux.

Un merci particulier à Charlotte et Santiago pour leur écoute et leur disponibilité, aux doctorants de PNAV, et à ceux qui étaient là quand j'ai commencé et qui ont terminé la course avant moi, Aline (que j'ai plaisir à voir à Reims) Jade, Laura, Camilla, Daniel et les autres.

Un merci spécial à Laetitia pour nos joyeux moments de partage depuis la Sicile.

Je souhaite également remercier Jérôme Ponsignon, Sophie Labry, Pauline Poidevin et bien sûr Romane Kasprzak pour leur aide précieuse dans l'élaboration des expériences. Merci aussi à tous les participants sourds qui ont pris part à mes recherches à Nanterre et à Reims.

Je tiens aussi à remercier mes collègues et amies orthophonistes du plus sympa des cabinets de Reims qui ont suivi toutes mes aventures depuis la fac et même avant. Et bien sûr merci à mes copines de fac d'ortho (le groupe du Pont Suspendu), nos supers week-ends ont ponctué ces 5 années de thèse comme un fil rouge, vivement les prochains !

Un clin d'œil aux copains scouts, à mes amies de toujours Anne, Rose et Juliette et aux copains aussi, les cinéastes, les poètes, les montagnards et les capitaines de péniche.

Enfin, je remercie infiniment ma grande famille, dans laquelle on rit beaucoup : mes parents, mes frères et sœur pour leur aide, leurs conseils et leur soutien, et la famille élargie de chaque côté, merci à chacun pour votre présence, votre joie de vivre et vos encouragements. Dédicace spéciale à Mamou pour nos mardis soir et pour tout le reste.

Résumé

Ces travaux de thèse étudient les mécanismes de traitement langagier en langue des signes et plus particulièrement l'accès au lexique en langue des signes française (LSF). Deux questions principales sont posées : la première concerne l'impact de la modalité langagière (visuo-gestuelle vs. audio-orale) sur le traitement de l'accès au lexique et l'organisation lexico-sémantique. La seconde porte sur les conséquences de la privation langagière et de l'acquisition tardive du langage sur l'efficacité des mécanismes de traitement langagier.

Trois expériences ont été menées pour répondre à ces questions (2 expériences comportementales et une expérience en électro-encéphalographie, EEG). La première expérience a permis de récolter des données psycholinguistiques renseignant la familiarité, la concrétude et l'iconicité des signes de la LSF. Cette première étude avait pour objectif de mener des investigations sur les effets de ces différents facteurs. Ce travail a abouti à l'élaboration de FLexSign, la première base de données lexicales en LSF. La deuxième expérience étudiait l'effet de ces différents facteurs psycholinguistiques sur le processus d'accès lexical lors du traitement des signes. Enfin, la dernière expérience consistait en l'exploration neurophysiologique des mécanismes cérébraux à l'œuvre dans l'intégration lexico-sémantique de la LSF chez des adultes sourds signeurs dont l'âge d'acquisition de la langue des signes différait (AoA natif vs. tardif).

Dans l'ensemble, les données recueillies suggèrent que le traitement lexical n'est pas dépendant de la modalité langagière (vocale vs. signée). En effet, nous avons constaté les mêmes étapes pour l'accès au lexique signé et, ce lexique semble s'organiser selon les mêmes propriétés formelles que le lexique en langue vocale. Ces travaux ont également permis de mieux comprendre l'impact de la privation langagière et de l'acquisition tardive sur le traitement lexical des personnes sourdes signeuses. Dans une perspective de linguistique appliquée, ce travail de thèse aborde des questions fondamentales pour la compréhension et la prise en soins du développement du langage chez les enfants sourds.

Abstract

This PhD work investigates the language processing mechanisms in sign language, and more specifically lexical access in French sign language (LSF). Two main questions are addressed: the first one concerns the impact of the language modality (visuo-gestural vs. audio-oral) on lexical access processing and lexical-semantic organization. The second one relates to the consequences of language deprivation and delayed language acquisition on the efficiency of these language processing mechanisms.

Three experiments were carried out to answer these questions (2 behavioral experiments and one experiment using EEG). The first experiment collected psycholinguistic data on the familiarity, concreteness and iconicity of LSF signs. The aim of this first study was to investigate the effects of these different factors. This work led to the development of FLexSign, the first lexical database in LSF. The second experiment investigated the effect of these different psycholinguistic factors on lexical access during sign processing. Finally, the last experiment consisted in the neurophysiological exploration of the brain mechanisms at work in the lexical-semantic integration of LSF in deaf adult signers whose age of sign language acquisition differed (native vs. late AoA).

Overall, the data collected suggest that lexical processing is not dependent on language modality (speech vs. sign). Indeed, we observed the same stages for accessing the signed lexicon, and this lexicon seems to be organized according to the same formal properties as the lexicon in spoken language. This work has also allowed us to better understand the impact of language deprivation and delayed acquisition on the lexical processing of deaf signers. From an applied linguistic perspective, this thesis addresses issues fundamental to the understanding and the clinical care of language development in deaf children.

Glossaire

AoA. Âge d'acquisition d'une langue (Age of Acquisition)

ASL. American Sign Language

BSL. British Sign Language

CODA. Child of Deaf Adult, expression qui désigne les enfants entendants nés de parents sourds et dont la langue première et maternelle est la langue des signes

DGS. German Sign Language

L1. Langue première correspondant à la première langue acquise par un enfant

L2. Langue seconde, c'est-à-dire une langue acquise après la première langue, dans l'enfance ou à l'âge adulte

Langue native. Désigne une langue acquise dès la naissance, de façon naturelle et dans la plupart des cas la langue des parents

LS. Langue des signes ou Langue signée

LSF. Langue des Signes Française

LV. Langue vocale

Avant-propos : La LSF, de l'Abbé de l'Épée au statut de langue à part entière

En France, la langue des signes française (LSF) telle qu'on la connaît aujourd'hui date du milieu du 18^{ème} siècle. La standardisation de la langue coïncide avec l'ouverture de la première école pour enfants sourds créée par l'Abbé de l'Épée en 1760 à Paris. Pendant plus d'un siècle, la méthode pédagogique bilingue d'éducation des sourds prend de l'ampleur et se démocratise en France. L'exemple français s'importe même à l'étranger. Le congrès de Milan en 1880 met un terme brutal à cette période en interdisant purement et simplement l'utilisation de la LSF au profit de méthodes dites oralistes. Cette interdiction concerne les institutions spécialisées pour enfants sourds mais aussi la vie publique. Ce n'est que dans les années 1970 que des actions se mettent en place pour tenter de lever cette interdiction : c'est le Réveil Sourd, mouvement culturel mené par des sourds ayant abouti à la réhabilitation de la langue des signes en France. En parallèle, aux États-Unis dans les années 1960-1970, le linguiste William Stokoe fait figure de pionnier en démarrant des recherches en linguistique des langues des signes (Stokoe, 1960). En France, il faut attendre les années 1980 pour voir émerger des recherches sur la LSF (Cuxac, 1983). C'est encore plus tard, en 1991, que la LSF est à nouveau autorisée officiellement pour l'éducation des enfants sourds. Cette décision permet le retour des programmes bilingues dans les établissements accueillant des jeunes sourds. Les recommandations officielles restent alors prudentes sur l'instruction en LSF alors que le rapport Gillot de 1998 mentionne un illettrisme massif des personnes sourdes, ayant été privées pendant des années d'une instruction de qualité dans leur langue naturelle. Enfin, en 2005, la loi pour l'égalité des droits et des chances des personnes handicapées accorde à la LSF le statut de langue à part entière et surtout redonne la possibilité aux parents d'enfants sourds de choisir le projet éducatif (et donc la langue d'éducation) de leurs enfants. Malheureusement, aujourd'hui, les associations de parents d'enfants sourds dénoncent encore le manque de moyens et les difficultés nombreuses rencontrées dans la scolarisation et la formation professionnelle des jeunes sourds. Dans les faits, l'accès à une scolarité bilingue LSF/français écrit est encore compliqué (Delamotte, 2018).

Si le statut et la place accordés à la LSF aujourd'hui sont le résultat d'un combat mené par les sourds ces cinquante dernières années, ce sont aussi des traces témoignant de la transmission vernaculaire de cette langue et de cette culture Sourde de générations en générations. En effet, la langue des signes représente le socle de la culture Sourde.

L'expression « culture Sourde » désigne ainsi l'ensemble de valeurs et d'activités sociales et/ou associatives partagées par la communauté sourde, c'est-à-dire par les personnes sourdes communiquant en langue des signes. Selon les sourds, les modes de pensée, l'humour, les rapports sociaux et les pratiques culturelles spécifiques à la culture Sourde découlent davantage de la modalité de la langue que de la présence ou de l'absence d'un déficit sensoriel auditif. Pour autant, aujourd'hui, la LSF n'est pas réservée aux personnes sourdes. Elle est notamment de plus en plus présente dans les domaines de l'éducation et de l'enseignement (en milieu ordinaire) et peut être considérée comme un outil clinique de remédiation et de rééducation, notamment dans la pratique orthophonique.

Table des matières

Remerciements	1
Résumé	3
Abstract	4
Glossaire	2
Avant-propos : La LSF, de l'Abbé de l'Épée au statut de langue à part entière	3
INTRODUCTION GENERALE	7
PARTIE THÉORIQUE	9
1. La langue des signes française et ses locuteurs	10
1.1. L'acquisition d'une langue signée	11
1.2. Les locuteurs de la LSF aujourd'hui : qui sont-ils ?	17
2. La linguistique de la Langue des Signes Française	27
2.1. Le système phonologique et les paramètres	27
2.2. Le lexique en LSF.....	35
2.3. La syntaxe d'une langue signée.....	40
3. L'accès lexical : reconnaître et comprendre une unité lexicale de sa langue	51
3.1. L'accès lexical : un mécanisme au cœur de la compréhension du langage	51
3.2. Les facteurs psycholinguistiques qui influencent l'accès au lexique mental	55
3.3. L'apport de la neurophysiologie dans la compréhension des mécanismes de traitement du langage	61
3.4. Les modèles théoriques de la reconnaissance lexicale.....	74
4. Le traitement du langage	84
4.1. Les modèles neurocognitifs du traitement du langage	84
4.2. Les modèles de traitement du langage en LS	90
5. Synthèse des objectifs de recherche	98
PARTIE EXPÉRIMENTALE	100

1. FLexSign - Fréquence Lexicale des Signes : la première base de données lexicale en LSF	101
2. Étude de l'accès lexical en LSF	130
3. Rôle de l'Âge d'acquisition (AoA) sur le traitement du langage : une étude neurophysiologique en LSF	152
DISCUSSION GENERALE	184
1. Résumé de nos résultats	184
2. Interprétation des résultats et réponses aux questions de recherche	187
2.1. Impact de la modalité langagière	187
2.2. Impact de l'AoA et de la privation langagière.....	189
3. Difficultés rencontrées dans l'étude de l'accès lexical en LSF : défis et perspectives	192
3.1. Difficultés et défis méthodologiques de nos travaux.....	192
3.2. Perspectives de recherche : quelles suites à donner ?	196
3.3. Applications cliniques : comment ce travail peut-il faire évoluer la pratique clinique en LSF ?	197
4. Conclusion générale	199
BIBLIOGRAPHIE	201

Introduction générale

La surdité est un déficit sensoriel ayant un impact significatif sur la communication et sur le développement du langage quand elle est présente depuis la naissance ou acquise dans l'enfance. Naturellement, les personnes sourdes perçoivent donc le monde davantage à travers les indices de la modalité visuelle. La communication en langue signée leur permet de développer des compétences langagières dont l'acquisition est sous-tendue par des processus neurolinguistiques, de manière analogue au développement du langage en langue vocale. Le développement et l'architecture du langage en langue signée (LS) est à la fois semblable à celui en langue vocale (LV) mais possède aussi des spécificités liées en partie à la langue et à sa modalité mais également aux locuteurs et au contexte d'acquisition de la langue. En effet, la surdité implique diverses problématiques relatives aux conditions d'acquisition du langage par les locuteurs et aux profils des locuteurs eux-mêmes et ces problématiques sont généralement intriquées. Puisque les recherches en psycholinguistique et neurosciences nécessitent de prendre en compte les locuteurs d'une langue pour formuler, tester et vérifier des hypothèses, l'intrication des problématiques citées ci-avant constitue probablement une des raisons pour lesquelles les LS ont peu fait l'objet de recherches comparativement aux LV.

Si les 60 dernières années ont permis d'aboutir à une bien meilleure compréhension du traitement du langage en LV, – son acquisition, les différents niveaux de traitement langagier, la nature des mécanismes de compréhension et de production du langage, les interactions et les liens entre les différentes régions du cerveau associées au langage –, l'état des connaissances sur le traitement du langage en LS reste encore à approfondir. Dans ce contexte, une meilleure compréhension des similitudes et des différences entre le traitement du langage en LV et en LS semble indispensable afin de proposer des perspectives de recherche plus approfondies qui pourront mener à des ajustements des pratiques clinique et éducative.

Ces différents constats constituent le point de départ de la démarche suivie dans ce travail de thèse. À ce jour, nous disposons de peu de recul dans l'étude des LS en général mais de très peu de recul en Langue des Signes Française (LSF) en particulier. Notre travail de thèse est également motivé par le fait de proposer les premiers travaux sur l'accès lexical en LSF car nous souhaitons apporter des éléments de réponse aux questions suivantes : la modalité

langagière a-t-elle un rôle particulier dans le traitement du langage ? plus précisément, peut-on observer des différences dans le mécanisme d'accès lexical en LV et LS ? Enfin, notre démarche nous a conduit à solliciter des adultes sourds locuteurs de la LSF pour participer à nos recherches. La participation de ces signeurs dont la diversité des profils linguistiques correspond à la réalité de terrain des LS, a soulevé un second axe de recherche qui, au passage, souligne l'intérêt des LS comme objet d'étude des recherches sur le traitement du langage : l'âge d'acquisition de la langue par le locuteur a-t-il un impact sur l'efficacité des mécanismes de traitement langagier et en particulier de l'accès au lexique ? En effet, cette seconde problématique est beaucoup plus difficile à étudier sous l'angle des LV puisque les situations de privation langagière et d'âge d'acquisition tardif du langage sont exceptionnelles.

Pour dégager des éléments de réponse inédits à ces questions, ce travail de thèse, situé au carrefour de la psycholinguistique et des neurosciences du langage, est divisé en deux parties : une première partie théorique composée de 4 chapitres présentant respectivement la LSF et ses locuteurs, les aspects linguistiques de la LSF essentiels pour comprendre nos travaux, le mécanisme d'accès lexical, et un état de l'art sur les modèles de traitement du langage en LV et LS. Une seconde partie, expérimentale, présente trois études. La première porte sur l'élaboration de la première base de données lexicales en LSF, FLexSign. La deuxième étude présente une expérience d'accès lexical en LSF auprès de participants adultes sourds. Enfin, la troisième étude concerne une expérience EEG sur le traitement du langage en LSF. Pour conclure, une discussion générale traitera des différents résultats présentés qui y seront interprétés au regard de la littérature en LV et en LS et des implications cliniques, avec pour but de faire émerger des perspectives de recherche futures.

PARTIE THÉORIQUE

1. La langue des signes française et ses locuteurs

L'existence de langues signées (LS) s'explique par la présence de personnes sourdes ou malentendantes. Or, la surdité existe depuis que l'homme existe, les sourds ont donc vécu à toutes les époques, dans toutes les communautés et sont présents aujourd'hui dans tous les pays. Au sein de chaque communauté, les sourds ont développé un système de communication par signes qui est aujourd'hui reconnu en tant que langue. Si une partie de la population croit à l'existence d'une langue des signes universelle, il n'en est rien. L'héritage des langues signées développées au fil des siècles dans chaque communauté a donné naissance à de très nombreuses langues des signes. Aujourd'hui, de façon similaire aux familles de langues vocales, sont décrites des familles de langues signées (Figure 1). La plupart des pays ont d'ailleurs une langue des signes officielle et si les différences culturelles entre les populations de pays voisins se sont lissées, les langues des signes restent parfois lointaines les unes des autres, chacune ayant sa construction propre. Par exemple, la langue des signes anglaise britannique (British Sign Language, BSL) est très éloignée d'un point de vue linguistique de la Langue des Signes Française (LSF). De la même façon, deux pays partageant une langue vocale identique ou proche, comme l'anglais aux  tats-Unis et au Royaume-Uni, ont deux langues des signes bien différentes, issues de la transmission de la langue par des communautés différentes aux cultures différentes. Depuis environ 60 ans, des chercheurs en linguistique ont commencé par décrire ces langues signées puis d'autres, en psycholinguistique, se sont intéressés au traitement cognitivo-linguistique de ces langues. Alors que beaucoup de connaissances ont déjà été rassemblées en langue vocale, il reste plusieurs questions de recherche à investiguer en langue signée. En France, les recherches sur la Langue des Signes Française (LSF) sont plus récentes.

Avant de présenter des éléments de description linguistique de la LSF, nous présenterons dans ce chapitre tout ce qu'il est nécessaire de comprendre sur la langue et ses locuteurs.

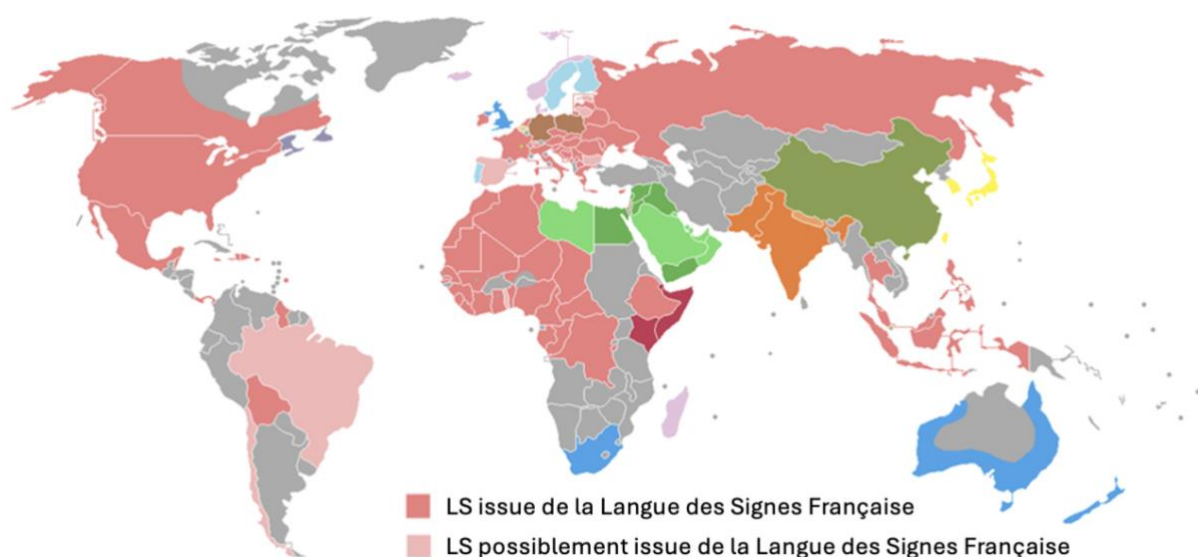


Figure 1. Carte représentant les différentes familles de LS dans le monde (issue du site <http://www.placedelodeon.eu/histoire-langue-signes/>). La légende n'est pas exhaustive. Nous avons mis en valeur les LS ayant, a priori, une origine commune avec la LSF.

1.1. L'acquisition d'une langue signée

Les observations cliniques et de recherche ont démontré que l'acquisition d'une langue à modalité visuo-gestuelle se déroule de la même façon que pour une langue audio-orale (Mayberry & Squires, 2006 ; Hage et al., 2006 ; Petitto & Marentette, 1991 ; Lillo-Martin & Henner, 2021 pour une revue de la littérature). Cela n'est évidemment vrai que si la LS est la première langue de l'enfant et que l'acquisition se fait de façon précoce avec un bon input langagier. Les étapes d'acquisition du langage chez un enfant sourd de parents sourds sont alors identiques à celles observées chez un enfant entendant de parents entendants, c'est-à-dire qu'elles apparaissent dans le même ordre et à des âges similaires. Comparer l'acquisition du langage en LV et en LS renseigne aussi sur les processus généraux d'acquisition de la phonologie, du lexique, de la syntaxe, en production et en réception.

1.1.1. Le développement du langage est déterminé/façonné par le système perceptif

Il existe des éléments spécifiques à la modalité, c'est-à-dire certaines compétences et étapes du développement du langage propres aux LS car plus éloignées voire absentes des LV. La perception visuelle et le regard sont les premiers éléments qui constituent une spécificité de la modalité signée car bien que le regard soit évidemment utilisé par tous les bébés, il est indispensable au développement du langage de l'enfant sourd. Puisque l'input visuel remplace

l'inpuit auditif chez les bébés sourds évoluant dans un environnement signé, les petits doivent apprendre à regarder au bon endroit pour percevoir le langage (Mayberry & Squires, 2006). De la même façon que c'est en entendant qu'un enfant se met à parler, c'est le regard qui permet les premières productions de l'enfant sourd. Nous savons que chez les tout-petits, le babillage est l'expression de la maturation du système phonético-phonologique interne liée à une capacité langagière capable de traiter la parole et les signes. Petitto & Marentette (1991) ont réalisé une étude comparative et longitudinale entre des enfants sourds de parents sourds et des enfants entendants de parents entendants. Malgré les différences évidentes des mécanismes moteurs dépendants de la modalité (orale verbale vs. orale signée), les enfants sourds et entendants produisent des unités de babillage identiques : sans valeur sémantique, non référentiel et qui se produisent de façon cyclique. Meier & Willerman (2013) ajoutent que le babillage manuel se fait dans l'espace de signation et implique au minimum un articulateur proximal (doigts, coude, épaule, etc.). Ces travaux confirment que le babillage existe aussi en LS et qu'il est donc une étape amodale du développement du langage (Meier & Willerman, 2013 ; Davis et al., 2008 ; Petitto & Marentette, 1991).

Si la production des premiers mots bien que variable d'un enfant à l'autre survient environ autour de 10/11 mois, l'apparition des premiers signes est plus précoce, environ 8,5 mois (Lillo-Martin & Henner, 2021 ; Hage et al., 2006 ; Meier & Newport, 1990). Selon Meier & Newport (1990), d'un point de vue purement cognitif, les bébés seraient en effet en mesure de produire des premiers mots signés à partir de 8/9 mois. La différence d'âge serait une conséquence directe de la modalité car le contrôle moteur des mains nécessaire pour articuler des signes se développe plus rapidement que celui des articulateurs vocaux (langue, lèvres, plis vocaux, etc.). En revanche, si un net avantage existe pour l'apparition des premiers signes chez les bébés sourds, le stade des 10 premiers signes est acquis sensiblement au même âge que celui des premiers 10 mots : autour de 12/13 mois (Meier & Newport, 1990 ; Mayberry & Squires, 2006). En effet, plus le vocabulaire se développe, plus l'avantage de la modalité signée s'estompe : Anderson & Reilly (2002) mentionnent un vocabulaire plus conséquent entre 12 et 17 mois pour les petits sourds mais les travaux plus récents de Caselli et al. (2020) ne constatent pas de différences entre la taille du vocabulaire des bébés du même âge en ASL et en anglais et contredisent les déclarations de leurs collègues. Plus tard, l'apparition des premières associations de mots/signes est généralement observée entre 16 et 24 mois (Meier & Newport, 1990 ; Anderson & Reilly, 2002 ; Lillo-Martin et al., 2017). À cette étape, il existe une grande variabilité entre les enfants en général mais on ne retrouve donc pas de différence significative entre LS et LV.

Quant à l'acquisition de la syntaxe, l'ordre des premiers éléments d'une phrase signée est acquis entre 22 et 26 mois par des petits sourds ce qui coïncide avec les observations en LV (en ASL : Pichler, 2008 ; en langue des signes néerlandaise : Coerts, 2000 ; en langue des signes brésilienne : Pizzio, 2006 ; Lillo-Martin & Henner, 2021 pour une review). À partir de l'âge de 2 ans, les éléments plus complexes des LS et constitutifs de la syntaxe signée, comme la morphologie, les marqueurs non-manuels et l'utilisation de l'espace, sont acquis au fur et à mesure du développement (Mayberry & Squires, 2006). Les éléments spécifiques à la modalité sont alors plus nombreux puisque la syntaxe signée présente de grandes différences structurelles avec la syntaxe vocale. Parmi ces éléments spécifiques, il y a notamment les éléments non manuels. L'utilisation des mimiques faciales a par exemple une forte valeur linguistique en LS ce qui n'est pas autant le cas en LV où les mimiques ont certes une valeur pragmatique mais avant tout une valeur affective. Selon Mayberry & Squires (2006), les enfants commencent à utiliser ces marqueurs non-manuels à partir de 2 ans, mais ne parviennent pas à les produire de manière comparable au modèle adulte avant l'âge de 12 ans. L'utilisation de l'espace est aussi un élément modalité-spécifique possédant une importante valeur syntaxique et grammaticale. Son acquisition nécessite de maîtriser un espace en trois dimensions (voir La syntaxe d'une langue signée). Les pronoms personnels en LS (sous forme de pointages dirigés) sont une des premières acquisitions maîtrisées par les enfants sourds. Dans une étude sur les pointages à valeur pronominale en ASL, Pichler et al. (2018) ont constaté la maîtrise des pronoms personnels entre 24 et 28 mois alors qu'en LV, les pronoms personnels sont maîtrisés vers l'âge de 2 ans. L'âge d'acquisition de cette notion est donc semblable dans les deux modalités alors que les constructions syntaxiques sont formées de façon radicalement différente.

En somme, s'il existe bien des spécificités découlant directement de la modalité signée nous pouvons retenir que l'acquisition d'une LS se fait à la même vitesse et en suivant les mêmes étapes que l'acquisition d'une LV, ce qui vient par ailleurs renforcer l'idée que le concept de langue prime sur celui de modalité.

1.1.2. Le Sign Advantage : une acquisition du langage plus facile en LS

De nombreuses recherches évoquent la notion de *Sign Advantage* (Brown, 1980 ; Abrahamsen et al., 1985 ; Meier & Newport, 1990 ; Courtin, 1997 ; Daniels, 2001 ; Karadöller et al., 2022). Le *Sign Advantage* décrit par Abrahamsen et al. (1985) a été observé chez des enfants de moins de 3 ans, porteurs ou non d'un handicap et exposés à la modalité signée pendant 9 mois. Les auteurs décrivent que l'acquisition du langage oral a été facilitée par

l'exposition aux signes. Notamment, le développement du vocabulaire a été observé de façon plus précoce. Dans l'ensemble des travaux sur le sujet, on retrouve deux points mentionnés fréquemment : d'une part, l'iconicité très présente dans la construction du lexique en LS faciliterait l'acquisition du vocabulaire, d'autre part, les contraintes articulatoires et motrices des LS participeraient à l'émergence précoce des signes chez les tout-petits.

L'iconicité réfère à la force du lien entre signifiant et signifié, très présente dans les LS et qui faciliterait l'acquisition du langage (Brown, 1980 ; Casey, 2003 ; Thompson et al., 2012 ; Baus et al., 2013 ; Ortega, 2017 ; Caselli & Pyers, 2017). En LV, l'iconicité contribue aussi à l'émergence précoce des onomatopées (*miam, wouf wouf*) mais elle est trop peu fréquente pour avoir un effet sur le développement précoce du lexique (Meier et al., 2008). En LS, l'iconicité est très présente dans les signes et aurait un effet facilitateur sur le développement du langage. Casey (2003) analyse les données longitudinales de six enfants sourds apprenant l'ASL de façon naturelle auprès de parents sourds. Elle observe que les verbes directionnels (qui marquent l'accord par un déplacement dans l'espace) sont produits plus précocement quand ils possèdent un degré d'iconicité plus fort. Cependant, peu de preuves empiriques étaye l'hypothèse que l'iconicité est la raison pour laquelle les enfants signeurs développent plus précocement leur vocabulaire. Certaines études rapportent même que les premiers signes acquis par des enfants sont pour la plupart peu iconiques. En ASL, le signe [MOTHER] (mère) peut être qualifié d'arbitraire et c'est un des premiers signes acquis par les bébés (Meier et al., 2008). Aussi, pour être sensible à l'iconicité présente dans les signes, il faut avant tout avoir des connaissances sémantiques et générales liées au lexique. Par exemple, en ASL, le signe [MILK] (lait) renvoie à la traite de la vache mais il faut savoir d'où vient le lait pour détecter l'iconicité du signe. Or, les très jeunes enfants n'ont pas cette connaissance (Meier et al., 2008). Par ailleurs, les bénéfices de la LS sur l'acquisition du langage observés dans l'étude de Abrahamsen et al. (1985) ne concerneraient pas le développement de la syntaxe car ils s'estompent au stade de l'acquisition des structures syntaxiques, suggérant que l'avantage des signes serait un phénomène pré-linguistique, c'est-à-dire un avantage sur la période de 0 à 3 ans uniquement.

Concernant l'argument moteur et articulatoire, il est évident qu'une partie des contraintes motrices et articulatoires est spécifique à la modalité signée (Meier & Newport, 1990 ; Meier et al., 2008 ; Caselli & Pyers, 2017). Les enfants signeurs ne sont donc pas contraints de la même façon dans le développement articulatoire et phonologique du langage. En LV, les articulateurs principaux de l'enfant se situent tous au niveau oro-buccal alors qu'en LS, Meier et al. (2008) en relèvent trois : l'épaule, le coude et la main qui apparaissent de plus comme

indépendants les uns des autres. Les travaux sur cette notion de *Sign Advantage* sont finalement peu nombreux mais ils participent à expliquer le bénéfice des LS sur le développement du langage.

1.1.3. Le bilinguisme bimodal

Les personnes bilingues maîtrisant à la fois une LV et une LS présentent une forme unique de bilinguisme appelé bilinguisme bimodal car leurs deux langues fonctionnent grâce à des systèmes sensori-moteurs distincts (Emmorey et al., 2016). Les situations de bilinguisme bimodal chez les personnes sourdes sont très hétérogènes étant donné l'accès inégal à l'acquisition du langage, que ce soit en LV ou en LS : certains profitent d'un bain linguistique signé dès la naissance et acquièrent la LV comme langue seconde, d'autres parviennent à maîtriser la LV avant de rencontrer la LS en langue seconde à un âge tardif, d'autres encore acquièrent la LS comme langue première mais de façon tardive après une période de privation langagière puis la LV langue seconde. Les situations fréquentes de privation de langage précoce qui découlent des difficultés d'accès à une LS dès l'enfance et l'acquisition de fait souvent tardive de la LS dans ce contexte renforcent la diversité des profils linguistiques des sourds, notamment dans l'utilisation et l'exposition à la LS.

Le lien complexe entre modalité et langage est central dans la définition du bilinguisme bimodal et il nous semble important d'apporter quelques éléments de précision. Les différences entre les bilingues unimodaux (LV-LV) et bimodaux (LS-LV) fournissent des informations sur la manière dont le cerveau est organisé pour contrôler, traiter et représenter deux langues. Le bilinguisme bimodal engendre effectivement des spécificités dans la structure et l'organisation des aires cérébrales impliquées dans le traitement du langage par rapport au bilinguisme unimodal. Les recherches menées sur le mélange de codes (*code-blending* ou le fait de traiter simultanément deux langues chez des populations bilingues, c'est-à-dire dans le cas du bilinguisme bimodal, un mot et un signe) suggèrent que le système de production peut tout à fait accéder à deux représentations lexicales de langues de modalité différente sans que ce traitement soit plus coûteux (Emmorey et al., 2012 ; Emmorey et al., 2016 ; Emmorey et al., 2020). En effet, Emmorey et al. (2012) ont comparé les temps de réponse lors de deux tâches de dénomination et de catégorisation sémantique en situation de *code-blending*, ainsi qu'en LS et en LV de façon indépendante. En production, le *code-blending* a facilité l'accès aux signes peu fréquents et n'a donc pas eu d'impact négatif sur la récupération lexicale en LS. En revanche, le traitement simultané de la LS et de la LV a ralenti la programmation de la parole car les bilingues bimodaux ont synchronisé leurs productions

en LV sur le timing de la LS. Concernant la compréhension, la situation de *code-blending* a facilité l'accès lexical dans les deux modalités langagières. Cela signifie que le système de compréhension des bilingues bimodaux est capable d'intégrer simultanément les informations provenant de deux langues de modalité différente (Emmorey et al., 2012 ; Emmorey et al., 2016). Ces études étayaient l'hypothèse d'une intégration inter-linguistique, i.e. un mécanisme de désactivation (ou d'inhibition) de la concurrence entre les modalités qui permettrait le traitement simultané de candidats lexicaux existants en LS et en LV. Plus précisément, le fait qu'il n'y ait pas de chevauchement perceptif entre deux systèmes phonologiques en LS et en LV permet la co-activation des deux langues lors de la compréhension du langage. Les données observées chez des bilingues bimodaux, sourds et entendants, indiquent la présence de liens entre les langues au niveau lexical et sémantique alors qu'il n'existe pas de chevauchement phonologique entre les langues (comme cela est souvent le cas dans le bilinguisme unimodal) (Morford et al., 2011 ; Emmorey et al., 2016).

Bogliotti & Isel (2021) proposent le terme de bilinguisme intramodal pour désigner la situation de bilinguisme LS-LV des sourds non appareillés et qui traitent la LV par le biais de la modalité signée. C'est le cas de nombreuses personnes sourdes natives n'ayant jamais eu accès à une LV : elles ne peuvent donc pas traiter la LV présente dans l'environnement autrement que par les réseaux neuronaux ayant permis l'acquisition du langage en LS. Toutefois, il existe aussi la situation d'enfants sourds évoluant parallèlement dans des environnements en LS et des environnements en LV. Ils se retrouvent à la frontière entre deux communautés, sourde et entendante. Cela peut aussi être le cas pour des enfants entendants de parents sourds (CODA – Child Of Deaf Adults). On parle alors de bilingues bimodaux entendants. La situation spécifique des enfants CODA en fait une population précieuse pour comparer le développement bilingue bimodal du langage chez des enfants sourds en fonction de l'accès précoce ou non à la LS et à la LV (Goodwin & Lillo-Martin, 2019), les individus CODA¹ ayant eu accès aux deux modalités très précocement et très naturellement.

L'acquisition d'une LS s'effectue de façon similaire à celle d'une LV, grâce à un input perceptif visuo-gestuel. Certains chercheurs suggèrent que l'acquisition du langage serait plus facile en LS. C'est la notion de *Sign Advantage*. De plus, les notions de bilinguisme bimodal et de bilinguisme intramodal seront essentielles à prendre en compte dans nos travaux sollicitant des locuteurs sourds signeurs.

¹ CODA : Child Of Deaf Adult

1.2. Les locuteurs de la LSF aujourd'hui : qui sont-ils ?

En 2010, le Plan 2010-2012 en faveur des personnes sourdes ou malentendantes avance le nombre de 80 000 locuteurs de la LSF en France. En comparaison, ce même plan recense environ 480 000 personnes présentant une déficience auditive sévère ou profonde (1 naissance pour 1000 actuellement en France)². Toutes les personnes sourdes ne sont donc pas des locuteurs de la LSF : près de 95 % des enfants qui naissent avec une déficience auditive ont des parents entendants, sans attache particulière dans le monde de la surdité ou de la LS. Et tous les locuteurs ne sont pas sourds, bien qu'ils le soient en majorité. Les locuteurs sont donc principalement des personnes ayant une déficience auditive, leurs familles et les professionnels gravitant autour de personnes déficientes auditives et de la surdité. La participation des locuteurs des LS aux expériences de recherche apparaît donc comme essentielle pour mener des études ciblées sur la compréhension des mécanismes cognitivo-linguistiques sous-jacents au traitement du langage en LS. De façon semblable à ce qui est fait en LV, les profils de locuteurs sont étudiés et peuvent être opposés ou comparés en fonction de différentes caractéristiques : niveau de compétence langagière, fréquence d'utilisation, âge d'acquisition. L'utilisation de l'âge d'acquisition comme critère de regroupement des locuteurs signeurs est très répandue dans les études en LS (Baus et al., 2008 ; Emmorey et al., 2012 ; Twomey et al., 2020 ; Lillo-Martin & Henner, 2021 ; Zorzi et al., 2022). Or, si l'acquisition de la LS est souvent tardive du fait de la problématique d'accès à la langue, les profils de locuteurs ne sont pas pour autant tous identiques. Au contraire, les locuteurs signeurs ont des profils linguistiques très hétérogènes. Nous développons ces points ci-dessous.

1.2.1 L'hétérogénéité des profils de locuteurs signeurs

La plupart des travaux existants en LS tient principalement compte de l'âge d'acquisition (AoA) pour distinguer les locuteurs sourds signeurs (Baus et al., 2008 ; Emmorey et al., 2012 ; Novogrodsky et al., 2017 ; Twomey et al., 2020 ; Zorzi et al., 2022). Ils distinguent ainsi :

- les locuteurs natifs (native signers) ayant comme langue maternelle une LS. Ce sont pour beaucoup des personnes sourdes nées de parents sourds eux-mêmes locuteurs d'une LS.

² Chiffres provenant du Plan 2010-2012 en faveur des personnes sourdes ou malentendantes publié par le Ministère du Travail, des Relations sociales, de la Famille et de la Solidarité.

L'acquisition du langage se fait donc de manière naturelle, de façon similaire à celle d'un enfant entendant né de parents entendants.

- les locuteurs non-natifs (non-native signers) qui n'ont pas eu accès à une LS depuis la naissance. Pour ces locuteurs, l'exposition à la LS se fait généralement après les premières années de vie. La LS peut être – et c'est souvent le cas – leur première langue mais elle est acquise dans un contexte de privation de langage précoce (Lu et al., 2016).

Cette absence fréquente d'exposition précoce à une langue est très rarement rapportée en LV et chez des enfants entendants (cas rares des enfants sauvages, par exemple Genie aux États-Unis (Curtiss, 2014) ou Victor de l'Aveyron en France (Itard, 1994)). Cela accentue le caractère spécifique des profils des locuteurs signeurs. De plus, ce second type de locuteurs est majoritaire du fait de la proportion d'enfants sourds issus de parents entendants (95% des naissances d'enfants sourds). Parmi eux, on retrouve des personnes ayant rencontré la LS à l'entrée dans un établissement spécialisé pour enfants ou adolescents sourds, à l'adolescence au sein d'un groupe d'amis, à l'âge adulte dans le milieu associatif, dans la communauté sourde signante, etc..

Parmi les locuteurs non-natifs, il convient encore de distinguer deux profils :

- les locuteurs non-natifs ayant eu un accès tôt dans l'enfance à la LS, on parle de signeurs précoces (early signers) : ils sont parfois aussi qualifiés de native-like car leur âge d'acquisition est relativement proche d'un locuteur natif et le développement et leur maîtrise de la langue est rapporté s'effectuant alors de façon similaire aux sourds signeurs natifs (Mayberry, 2011 ; Lillo-Martin & Henner, 2021).
- les locuteurs non-natifs ayant rencontré et acquis la LS tard dans l'enfance ou bien plus tard, à l'adolescence ou à l'âge adulte, on parle alors de locuteurs tardifs (late signers) (Lillo-Martin & Henner, 2021 ; Cheng et al., 2019 ; Twomey et al., 2020 ; Morford & Hänel-Faulhaber, 2011). Un exemple concret figure dans l'étude de Cheng et al. (2019) pour laquelle les trois participants sourds signeurs tardifs ont commencé à être exposés à l'ASL à l'âge de 13, 14 et 20 ans. Les auteurs précisent bien que l'ASL est leur première langue étant donné qu'aucun d'entre eux n'a pu bénéficier d'un accès au langage avant la rencontre avec la LS.

L'accès et l'exposition à une langue et à un environnement linguistique adapté de façon précoce pourrait être considéré comme déterminant pour les populations d'enfants sourds et cela fait ressortir une problématique inhérente aux locuteurs des LS.

1.2.2. La problématique de l'accès à une langue

Dans les domaines de la recherche et de la clinique en surdité (Noël-P troff, 2012), l'accès à une langue apparaît comme une problématique spécifiquement associée au déficit sensoriel auditif. Comme nous l'avons dit plus haut, les enfants diagnostiqués avec une perte auditive naissant majoritairement dans des foyers de personnes entendantes, la langue vocale du pays ou de la famille (français ou autre) est la langue principale utilisée. L'enfant sourd n'est donc pas en mesure de l'acquérir de manière optimale en fonction de l'intensité de sa perte auditive et de l'efficacité de sa réhabilitation. Il n'a pas de possibilité d'acquérir une langue de façon précoce et se retrouve donc dans une situation de privation de langage précoce, c'est-à-dire, sans langue solide, sans possibilité de développer une communication efficace et fonctionnelle (Lieberman et al., 2015 ; Hall, 2017). Lorsque ce même enfant rencontre plus tard une LS, à 10, 15 ou 20 ans, il découvre alors une langue entièrement accessible et s'en saisit pour communiquer dans différents milieux (amis,  cole, travail, famille...). Cette personne une fois devenue adulte peut posséder un niveau excellent en LS et l'utiliser au quotidien dans tous les environnements rencontrés, elle restera considérée comme un locuteur tardif de la langue en question puisque l'acquisition aura eu lieu bien après la période pré et péri-linguistique. Dans les cas de la surdité, l'acquisition tardive d'une LS est donc fréquemment associée à une privation de langage précoce. Cette situation est la conséquence directe de la problématique de l'accès à la LS et est encore plus courante pour les générations nées avant 1991, année de l'autorisation de la LSF pour l'instruction des enfants sourds et malentendants en France.

1.2.3. L'âge d'acquisition : un facteur-clé pour le développement du langage

Nous avons vu que l'acquisition du langage en LS suit les mêmes étapes qu'en LV. Cependant, cela se complique lorsque l'enfant sourd n'a pas accès de façon précoce à un input langagier de qualité. Nous avons vu qu'il était courant de distinguer les locuteurs selon leur AoA. Cependant, il est aussi possible de les distinguer selon d'autres informations relatives à l'expérience linguistique, comme par exemple la fréquence d'exposition, facteur bien connu dans les études sur le bilinguisme (Emmorey et al., 2008 ; Grosjean, 2015 ; Lillo-Martin et al., 2016 ; Armon-Lotem et al., 2019). Tous les signeurs n'utilisent pas la LS à la même fréquence. Si certains peuvent s'exprimer dans une autre langue (vocale ou signée) et s'adapter aux différents environnements dans lesquels ils évoluent, les situations et les contextes d'utilisation de la langue peuvent varier : un sourd peut s'exprimer en LS avec sa famille et ses amis mais en français dans la cadre de son travail alors qu'un autre peut

s'exprimer en LS dans son environnement professionnel mais pas avec sa famille entendante. La fréquence d'utilisation est donc un paramètre important à mesurer puisqu'il reflète aussi le temps d'exposition à la langue dans la vie quotidienne. Un locuteur signeur, même natif, peut avoir une fréquence d'exposition à la LS non régulière s'il n'utilise la langue que dans certains contextes peu fréquents : pour communiquer avec certains membres de la famille ou amis, pour communiquer dans certaines situations de la vie quotidienne, dans des environnements familiers mais pas quotidiens (club sportif, évènement de société, milieu associatif, etc.). Finalement, un locuteur signeur peut être amené à utiliser la LV de façon majoritaire s'il la maîtrise. En fonction de l'environnement du locuteur, cela peut permettre de communiquer avec un plus grand nombre de personnes appartenant à des environnements non signeurs par exemple dans le milieu professionnel ou familial (si famille entendante). Ajoutons que la mesure de la fréquence d'exposition diffère de celle du temps total d'exposition (en années). Mayberry (2010) distingue la fréquence d'exposition – le fait qu'un locuteur sourd soit plus ou moins exposé à la LS au quotidien –, du temps d'exposition – le nombre d'années depuis l'acquisition de la LS – et de l'âge de la première exposition – l'âge auquel le locuteur a commencé à profiter d'un environnement langagier signé. Concernant ce dernier indicateur, Henner et al. (2016) souligne que l'âge de la première exposition à la LS pour des enfants sourds de parents entendants coïncide généralement avec l'âge d'entrée dans un établissement spécialisé accueillant du public sourd signeur.

Mayberry (2010) invite ainsi à comparer deux locuteurs sourds : un locuteur A, âgé de 15 ans, né de parents sourds, et un locuteur B, âgé de 30 ans, né et ayant grandi dans un environnement entendant jusqu'à son entrée en lycée spécialisé. Le locuteur A a bénéficié d'une exposition native à la LS : son temps d'exposition en années est de 15 ans mais l'âge de la première exposition correspond à sa naissance. Le locuteur B a commencé son acquisition du langage à l'âge de 15 ans : son temps d'exposition est également de 15 années mais l'âge de la première exposition se situe à l'adolescence. C'est précisément ce décalage d'âge au moment de la première exposition à la langue qui serait responsable des différences de traitement et de compétences langagières.

D'autre part, il est aussi intéressant de connaître l'environnement dans lequel la langue a été acquise par le locuteur. L'expérience d'un locuteur sourd ayant acquis une LS depuis la naissance par ses parents sourds est différente de celle d'un enfant sourd ayant appris de ses parents entendants ou de quelqu'un l'ayant appris à l'âge adulte grâce à la communauté sourde et aux cercles sociaux.

La qualité de l'input langagier peut varier ce qui a nécessairement un impact sur la maîtrise de la langue. Schick et al. (2005) apporte un éclairage pertinent sur ce qu'est un input langagier de bonne qualité en LS. Pour cela, il faut réunir deux conditions, qui affectent de manière identique la qualité d'un input en langue vocale pour des enfants entendants :

- l'apport langagier doit être adapté aux capacités attentionnelles de l'enfant et à ses centres d'intérêt ;
- le langage proposé à l'enfant doit être clair et stable et éviter une trop grande variabilité des signes.

Ces deux stratégies sont plus naturellement employées par les mères sourdes d'enfants sourds, mais les auteurs nuancent tout de même ce propos : le statut auditif de la mère ne détermine pas la qualité de l'input langagier et certaines mères entendantes peuvent fournir un input très adapté. Il y a une grande variabilité dans la qualité de la LS fournie par les mères et plus généralement les parents d'enfants sourds, qu'ils soient eux-mêmes sourds ou entendants, variabilité tout à fait semblable à celle que l'on peut trouver chez des parents entendants d'enfants normo-entendants. Sur la qualité de l'input langagier, Lu et al. (2016) ajoutent qu'il est difficile de comparer des enfants sourds de parents sourds et des enfants sourds de parents entendant, les premiers étant exposés à la langue native de leurs parents et les autres, à une langue qui n'est pas la langue native de leurs parents. Leur étude explore en particulier le développement du vocabulaire et l'évolution de la phonologie chez ces deux types de populations en fonction de l'input langagier des parents. Leurs résultats évoquent des différences dans la construction du système phonologique et du lexique entre enfants de parents sourds et entendants, alors que les conditions d'acquisition étaient identiques dans les deux groupes (âge d'acquisition et input parental). Les liens sémantiques étaient moins développés dans le vocabulaire des enfants de parents entendants et la phonologie moins aboutie chez ces mêmes enfants (davantage de configurations manuelles maîtrisées par les enfants de parents sourds). Les différences observées seraient directement à mettre en lien avec l'expérience linguistique des deux groupes de parents, sourds vs. entendants.

Nous avons vu que plusieurs paramètres sont à prendre en compte et se combinent pour former des profils multiples, à regarder sous plusieurs angles. L'hétérogénéité de ces profils peut constituer un obstacle dans le choix de participants pour des expériences de recherche, en particulier lorsqu'il faut établir des groupes comparables. C'est pourquoi il peut être intéressant de regrouper tous ces facteurs pour obtenir un seul indice global qui renseigne sur toutes les informations biographiques liées à l'acquisition et au développement du langage des personnes sourdes. C'est le but de l'Indice de Fonctionnement Linguistique (IFL) présenté

dans la thèse de Puissant-Schontz (2020) et de l'Indice de Potentiel Langagier (IPL) de Bogliotti (2023). L'idée est que la compétence langagière est dépendante de plusieurs facteurs internes et externes au locuteur, et que ces facteurs sont plus révélateurs lorsqu'ils sont analysés conjointement plutôt que lorsqu'ils sont examinés individuellement. Ces facteurs peuvent être de type physiologique (internes) ou de type psycholinguistique, socio-éducatif ou socio-culturel et démographique (externes). Seule une approche multifactorielle permettrait de refléter la variabilité inter-individuelle des locuteurs.

1.2.4. Les conséquences de l'acquisition tardive et les bénéfices de l'exposition précoce

La problématique de l'acquisition tardive du langage est donc inhérente aux populations sourdes locutrices des LS, découlant directement des difficultés d'accès à une langue, inconnue ou mal maîtrisée de la part des parents entendants. Cela a pour conséquence une hétérogénéité dans l'âge auquel les locuteurs sourds (nourrissons, enfants, adolescents, et parfois jeunes adultes) développent le langage, variant énormément en fonction des situations et des environnements linguistiques et familiaux de chacun. La notion de période critique d'acquisition du langage indépendamment de la modalité est fondamentale (Mayberry, 2010). Elle a été formulée par Lenneberg (1967) qui émet l'hypothèse qu'il existe une période de la vie au cours de laquelle le langage est acquis de manière plus naturelle et plus précise. Selon Lenneberg (1967), en dehors de cette période, qui irait de l'âge de 2 ans jusqu'à la puberté, les systèmes cognitifs responsables de l'acquisition du langage sont beaucoup moins sensibles à l'input langagier environnemental, ce qui a pour conséquence une compétence langagière plus fragile. Cette hypothèse a entraîné une large série d'études sur le même sujet (Krashen, 1973 ; Ruben, 1997 ; Werker & Hensch, 2015 pour une revue récente). Aujourd'hui, l'existence de cette période critique d'acquisition est avérée et correspond à la période de l'enfance depuis la naissance. Il existe un consensus sur le fait que cette période critique d'acquisition du langage concerne également les LS et est un phénomène amodal (Hall, 2017 ; Mayberry & Kluender, 2018 ; Lillo-Martin, 2018).

Au niveau comportemental, les connaissances actuelles argumentent très clairement les avantages d'une exposition précoce au langage, indépendamment de la modalité (Mayberry & Eichen, 1991 ; Wilbur, 2000 ; Mayberry, 2010 ; Malaia & Wilbur, 2010). Dans l'ensemble, les auteurs suggèrent que l'âge d'acquisition a une influence sur l'efficacité avec laquelle les signes sont traités au niveau lexical, phonologique et syntaxique. Et cela concerne à la fois les compétences langagières en production et en compréhension (Newport, 1990 ; Mayberry &

Eichen, 1991 ; Emmorey et al., 1995 ; Boudreault & Mayberry, 2006 ; Henner et al., 2016 ; Novogrodsky et al., 2017 ; Hall, 2017). Sur le plan phonologique, le traitement du lieu d'articulation du signe (POA) est par exemple sensible à l'AoA de la première langue mais pas à la modalité langagière (Mayberry & Witcher, 2005). La tâche de décision lexicale combinée à un amorçage phonologique ciblant le lieu d'articulation du signe (c'est-à-dire l'EMPLACEMENT du signe) proposée dans l'étude de Mayberry & Witcher (2005) a mis en évidence un effet de l'amorçage phonologique chez des signeurs natifs (sourds et entendants) ainsi que chez des entendants apprenants tardifs mais pas chez des sourds apprenants tardifs. Ces résultats suggèrent que le traitement lexical des signes implique un traitement phonologique sous-jacent et que c'est cette capacité sous-jacente qui est sensible à l'AoA de la première langue. Les conséquences de l'acquisition tardive sur le traitement lexical et phonologique en LS sont donc visibles chez des enfants (Bogliotti et al., 2020) ainsi que chez des adultes signeurs tardifs (Mayberry & Witcher, 2005 ; Lieberman et al., 2015). Concernant la syntaxe, des études démontrent que l'acquisition tardive de la LS affecte le développement de la compétence syntaxique dans la langue première (Mayberry & Eichen, 1991 ; Boudreault & Mayberry, 2006 ; Henner et al., 2016 ; Novogrodsky et al., 2017 ; Karadöller et al., 2017) mais aussi dans la langue seconde (Wilbur, 2000 ; Mayberry & Lock, 2003). Wilbur (2000) indique que le niveau de maîtrise des structures syntaxiques d'étudiants sourds âgés de 18 ans est équivalent à celui d'enfants entendants âgés de 10 ans. Les capacités à répéter des phrases, qui recrutent la mémoire, la compréhension et le traitement syntaxique et dans une moindre mesure la production, sont particulièrement impactées par l'AoA (Mayberry & Eichen, 1991). Le nombre d'erreurs dans la répétition de phrases (simultanée ou séquentielle) reflétant les compétences de traitement et de mémoire, est d'ailleurs corrélé à l'AoA de la première langue. Le traitement des phrases complexes et de la notion d'aspect grammatical sont également sensibles à l'AoA (Novogrodsky et al., 2017). Les travaux de Karadöller et al. (2017) révèlent que l'encodage et la production des relations spatiales, très présentes dans les structures syntaxiques en LS, sont moins bien maîtrisés par des signeurs tardifs (enfants et adultes). Ils observent aussi que les signeurs tardifs emploient des formes plus simples de classificateurs (unités morphosyntaxiques dans lesquelles la configuration de la main varie en fonction du contexte) et leurs descriptions spatiales de scènes sont plus sommaires. Enfin, l'AoA a également un impact sur l'acquisition de la littéracie par les enfants sourds (Wilbur, 2000 ; Hrastinski & Wilbur, 2016). Dans une population de collégiens scolarisés en ASL dans un établissement spécialisé, de meilleurs résultats en compréhension de lecture, maîtrise de la LV et mathématiques sont positivement corrélés aux capacités de langage en LS, et donc, à l'AoA (Hrastinski & Wilbur, 2016). Cela suggère qu'une exposition précoce à la langue signée peut

conduire à des niveaux élevés de maîtrise de la L1 (signée), d'une L2 (vocale) et de la littéracie.

Au niveau neuronal, les bénéfices d'une exposition précoce au langage sont directement à mettre en lien avec une acquisition solide d'une première et d'une deuxième langue (pour une revue, voir Malaia & Wilbur, 2010). Un grand nombre de travaux évoquent les adaptations fonctionnelles du cerveau humain aux stimuli linguistiques, quelle que soit la modalité, auditive ou visuelle. Bien que les études de neuro-imagerie montrent que la modalité de la langue maternelle entraîne certaines spécificités dans le développement et l'utilisation des différentes régions du cerveau, elles démontrent également que l'accès à un input linguistique de bonne qualité dans la modalité visuelle ou auditive au début de la vie est hautement corrélé à un bon développement de réseaux neuronaux spécialisés dans les tâches linguistiques (Neville et al., 1997 ; Bavelier et al., 2001 ; Newman et al., 2002 ; Cheng et al., 2019 ; Twomey et al., 2020). Bavelier et al. (2001) ont comparé les réponses neurales de sourds signeurs natifs, d'entendants signeurs natifs et d'entendants non-signeurs. Lors de tâches de discrimination de mouvement et de changement de luminosité en IRMf, ils ont constaté que les régions cérébrales du cortex visuel étaient recrutées de la même manière dans les trois groupes. La seule différence observée concernait une zone précise du cortex visuel responsable du traitement du mouvement qui était plus active dans l'hémisphère gauche des signeurs natifs qu'ils soient sourds ou entendants. La modalité de la première langue ne semble donc pas impacter le développement et le fonctionnement du cortex visuel. D'autre part, Cheng et al. (2019) ont étudié les effets de la privation précoce de langage en modalité signée sur la structure corticale et la connectivité des réseaux de neurones auprès d'une population de signeurs sourds ou entendants ayant ou non bénéficié d'un accès précoce au langage (parlé ou signé). Les résultats obtenus à partir de techniques d'IRM révèlent que : 1) la modalité de la première langue n'a pas d'effet sur la structure corticale des régions responsables du traitement du langage, rejoignant ainsi les conclusions de Bavelier et al. (2001). Cela s'explique car les groupes de sourds et entendants ayant eu accès à une langue de façon précoce (ASL ou anglais) ont présenté une latéralité identique à gauche pour les réseaux impliqués dans le traitement du langage ; et 2) l'accès et l'exposition précoce à une première langue a une influence directe sur le développement des aires cérébrales puisqu'une altération de la structure corticale a été observée chez les participants sourds n'ayant pas bénéficié d'une langue précoce. Cette altération concerne plus précisément la voie dorsale gauche du faisceau arqué qui relie les aires de Broca (production du langage) et de Wernicke (réception du langage). Cela démontre bien que l'âge d'exposition à une première langue prime sur la

modalité de celle-ci pour un développement optimal des aires cérébrales impliquées dans le traitement du langage.

La langue des signes et ses locuteurs : synthèse et questionnement

Nous avons vu que les locuteurs signeurs ont des profils linguistiques très variés. La problématique de l'accès à une langue a pour conséquence une acquisition souvent tardive de la LS. Le contexte d'acquisition tardive influence de manière négative le développement des aires cérébrales responsables du traitement du langage et cela crée également une différence importante en comparaison avec les LV pour lesquelles cette situation est très rare. Aussi, la spécificité de la diversité des potentiels langagiers des sourds signeurs (regroupant tous les aspects biographiques liés à l'acquisition et au développement du langage) nous offre la possibilité de comparer la qualité du traitement du langage dans des contextes d'acquisition opposés : précoce et tardif. De plus, cette comparaison peut se faire dans la langue première des signeurs, ce qui est beaucoup plus compliqué, voire impossible, à étudier en LV.

Ces observations constituent en partie le point de départ de nos réflexions : dans quelle mesure l'âge et le contexte d'acquisition d'une langue impactent le traitement du langage – et plus particulièrement l'accès lexical ? Si des différences sont observées en termes d'efficacité des mécanismes de traitement langagier, sont-elles dues à la spécificité de la modalité langagière, au contexte d'acquisition tardive de la langue ou bien à une combinaison des deux ? Nous avons choisi de répondre à ces questions par le biais d'expériences comportementales et EEG menées en Langue des Signes Française (LSF).

2. La linguistique de la Langue des Signes Française

Les langues des signes sont exprimées avec le corps, notamment les mains, les bras et le visage. La compréhension de ces langues fait appel au système perceptif visuel. Comme toutes les langues, les LS ont des règles linguistiques qui régissent la structure des unités lexicales, des phrases et du discours. Ainsi, toutes les LS possèdent un lexique, une phonologie, une syntaxe et une sémantique. Leur description linguistique est une tâche complexe et laborieuse. C'est seulement depuis 1960 que des linguistes ont commencé à s'y intéresser. Stokoe (1960) fut le premier à tenter de décrire la phonologie des LS, et précisément celle de l'American Sign Language (ASL). Avant cette date, la linguistique s'intéressait presque uniquement aux LV et la plupart des travaux de descriptions linguistiques (phonétique, phonologique, lexique ou morphosyntaxe) a été menée à partir de l'étude des LV. Les LS sont des langues à modalité visuo-gestuelle et non audio-phonatoires comme le sont les LV. De fait, il semble évident que les modèles linguistiques diffèrent au moins sous certains aspects de par la différence de modalité entre ces langues.

Dans cette partie, nous avons choisi de détailler certains aspects du cadre linguistique dans lequel s'inscrivent les LS et plus particulièrement la LSF. L'ensemble des éléments présentés seront à mettre en lien avec le matériel linguistique manipulé dans les différentes expériences abordées dans la partie expérimentale.

2.1. Le système phonologique et les paramètres

Concernant la phonétique et la phonologie des LS, il est légitime de s'interroger sur la forme que peuvent prendre les éléments phonétiques du fait de la modalité gestuelle. Rappelons que la phonétique est la branche de la linguistique qui étudie les sons de la parole sous un angle articulatoire et moteur alors que la phonologie est l'étude de l'usage et la fonction des sons dans la parole, et c'est davantage dans cette perspective fonctionnelle qu'il faut envisager l'analyse de la LS. La phonétique et la phonologie étudient le matériel articulatoire et sa fonction dans la langue ; il faut donc se détacher de l'aspect sonore qui était la caractéristique de toutes les langues étudiées avant le focus sur les LS. Aussi, afin de pouvoir mieux comprendre les spécificités phonétiques et phonologiques d'une langue visuo-gestuelle, il nous faut comprendre ce que peut être une unité minimale non signifiante dans

ces langues. En LV, le phonème /i/ est une unité minimale non porteuse de sens qu'il est nécessaire de combiner avec au moins un autre phonème, par exemple /p/, pour obtenir l'unité lexicale, /pi/ « pie ». Pour les LS, il y a clairement un consensus sur le fait que les signes peuvent être décomposés en unités minimales et en sous-unités phonologiques et phonétiques (Millet, 2019 ; Brentari, 2019 ; Boutora, 2008 ; Cuxac, 2004 ; Van der Kooij, 2002). En revanche, ces unités et sous-unités ont la particularité de s'exprimer uniquement par les mains et le corps. Concernant la terminologie à employer, Stokoe (1960) a d'abord parlé de chérèmes pour faire référence à ces unités minimales en LS. Mais l'expression a été rejetée par Klima & Bellugi (1979). Le terme paramètre est aujourd'hui largement employé pour désigner ces unités minimales non signifiantes. Il est aussi possible de rencontrer le terme de phonème gestuel (Boutora, 2008 ; Millet, 2019). Un signe est donc la combinaison de paramètres manuels et non manuels : ces paramètres sont ainsi des traits phonologiques distinctifs. Le changement d'un seul paramètre dans un signe peut donc être à l'origine d'un changement de signe : une paire minimale. Néanmoins, le nombre de paires minimales en LS est plus réduit qu'en LV du fait du nombre plus important de combinaisons possibles entre paramètres manuels et non manuels (Millet, 2019 ; van der Kooij, 2002).

2.1.1. La configuration

La CONFIGURATION manuelle correspond à toute forme que la main peut prendre pour réaliser des signes (Millet, 2019). Le poing fermé correspond à une configuration, au même titre que la main ouverte avec tous les doigts arqués (Figure 2). Le nombre de configurations différentes est limité, notamment par les contraintes phonotactiques de la langue : par exemple, tous les doigts pliés sauf l'annulaire ne constitue pas une configuration acceptable en LSF. Plusieurs critères sont retenus pour décrire les différentes configurations possibles : la sélection des doigts, leur position, la position du pouce et les doigts non sélectionnés (Boutora, 2008). Ces critères proviennent de résultats d'expériences d'abord menées en ASL (Emmorey et al., 2003), puis en LSF (Boutora, 2008). Ces expériences avaient pour objectifs de comprendre la frontière entre phonétique et phonologie en LS et de comparer la notion de paramètre en LS avec celle de phonème en LV. Ces travaux ont utilisé un continuum de stimuli signés afin de mettre en évidence la perception catégorielle des phonèmes en LS, de façon identique à ce qui avait été décrit en LV par Liberman et al. (1957). Cela a permis ensuite de faire l'inventaire des configurations manuelles existantes dans différentes LS, et notamment en LSF. On recense aujourd'hui une cinquantaine de configurations manuelles en LSF (Bouvet, 1992 ; Boutora, 2008 ; Millet, 2019).

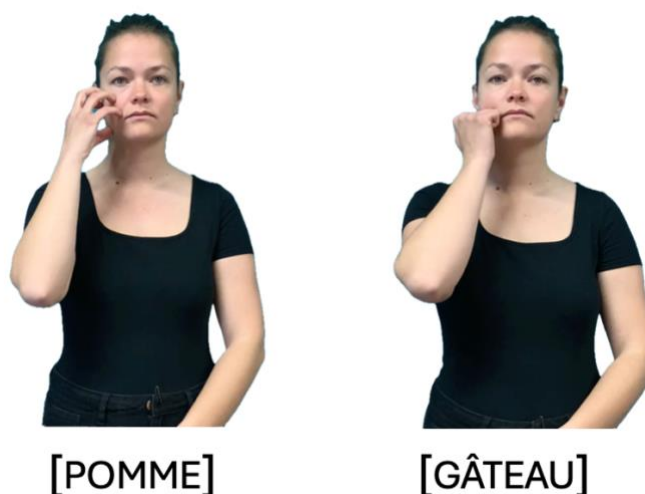


Figure 2. Deux signes en LSF qui diffèrent de par la configuration de la main

Par ailleurs, Boutora (2008) explique que la CONFIGURATION serait le paramètre véhiculant la plus forte valeur phonologique. En effet, la perception de la forme de la main est facilement identifiable visuellement. Si le statut d'unité phonologique de la CONFIGURATION fait largement consensus, nous verrons qu'elle possède aussi une valeur morphosyntaxique en lien avec le paramètre MOUVEMENT. Les classificateurs et proformes sont l'illustration de la valeur (morpho-)syntaxique que peuvent avoir la configuration : ici, la configuration diffère pour représenter une personne ou un animal (Figure 3). Enfin, le choix conventionnel des configurations est dans certains cas lié à la dimension iconique des signes ou aux contraintes de hiérarchie sémantique (Stokoe, 1991 ; Cuxac, 2004 ; van der Kooij, 2002 ; Demey et al., 2008 ; Boutora, 2008) (voir 2.2.2. L'iconicité : le point de départ perceptif du lexique signé).



Figure 3. Les proformes utilisé en LSF pour désigner une personne à gauche et un animal à droite

2.1.2. L'emplacement

L'EMPLACEMENT est un paramètre manuel qui renvoie à l'endroit où le signe est réalisé. Il existe un grand nombre d'emplacements sur plusieurs parties du corps ou du visage :

- Sur le visage : front, nez, bouche, joue, menton, oreilles
- Sur le torse : cou, épaules, bras, avant-bras, ventre
- Sur les mains, par contact entre les deux mains

Millet (2019) préfère employer le terme d'ANCRAGE qui est, selon elle, moins vague que le terme EMBLACEMENT. L'ANCRAGE se réfère donc à l'espace dans lequel le signe lexical est réalisé. Millet (2019) définit deux types d'ancrage : corporel et spatial. L'ancrage corporel est davantage porteur d'iconicité que l'ancrage spatial où les signes sont réalisés dans l'espace neutre. Le paramètre d'ancrage permet d'expliquer les relations syntaxiques entre les signes : les signes ancrés dans l'espace neutre peuvent être déplacés et subir des variations de configuration en lien avec la cohérence morpho-syntaxique. Ce n'est pas le cas des signes à ancrage corporel qui sont fixes. Au niveau terminologique, on retrouve des termes proches dans la typologie des constructions prédicatives en LSF de Puissant-Schontz (2020) avec les termes *Ancré* et *Flottant* qui renvoient respectivement aux signes dont l'emplacement est fixe, souvent en contact avec le corps, et aux signes dont l'emplacement peut varier en fonction des constructions grammaticales. Enfin, contrairement au paramètre CONFIGURATION, l'étude d'Emmorey et al. (2003) en ASL nous apprend que l'EMPLACEMENT n'est pas un paramètre perçu de façon catégorielle.

2.1.3. L'orientation

C'est Battison (1974) qui fut le premier à donner à l'orientation un statut de paramètre et donc une fonction linguistique. Stokoe (1960) ne le mentionnait pas comme un aspect à part entière.

Battison (1974) a cependant mis en évidence des paires minimales de signes en ASL ne se distinguant que par l'orientation de la main. Depuis, on considère donc que l'ORIENTATION est un paramètre manuel au même titre que la CONFIGURATION, l'EMPLACEMENT et le MOUVEMENT. En LSF, on retrouve donc des paires minimales se distinguant par l'ORIENTATION (Figure 4).

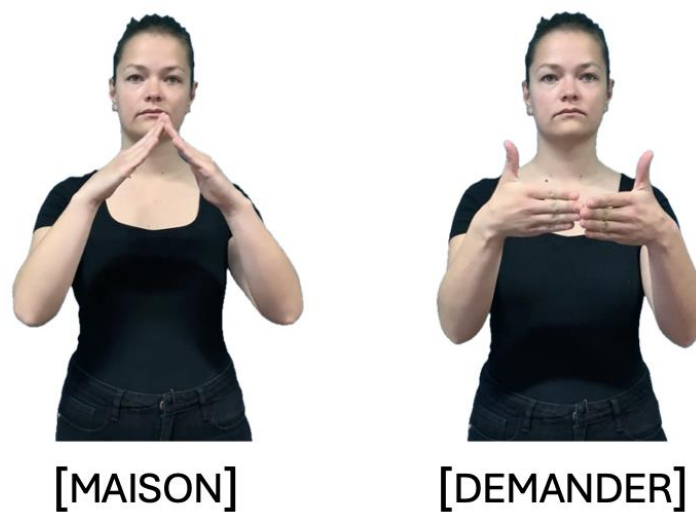


Figure 4. Deux signes en LSF qui diffèrent de par l'orientation des mains

C'est précisément l'orientation de la paume de la main qui constitue le paramètre ORIENTATION. Il existe six principales directions pour l'orientation de la paume : en avant ou en arrière, vers la gauche ou vers la droite, face au sol ou face au ciel. Les travaux de Crasborn & van der Kooij (1997) soutiennent que le paramètre ORIENTATION peut être considéré d'une façon absolue ou d'une façon relative : dans le premier cas, l'orientation est une direction absolue dans l'espace vers laquelle pointent les doigts et la paume ; dans le second, elle est définie par la relation entre la main et le lieu d'articulation, autrement dit l'emplacement. Cette deuxième définition de l'orientation, sur laquelle se fondent également les travaux de Fenlon et al. (2017), serait plus en accord avec la variation phonétique (variation des configurations par exemple).

2.1.4. Le mouvement

Le paramètre MOUVEMENT se caractérise par différentes propriétés. On distingue le mouvement de trajectoire, qui implique le mouvement de la main et du bras, et le mouvement interne, qui implique le mouvement du poignet et des doigts. Différents types de mouvements sont possibles : rotation, contact, déplacement, oscillation, torsion, ondulation, avec ou sans répétitions, etc. Des modifications de mouvement d'un signe peuvent être à l'origine de distinctions sémantiques ou syntaxiques fines et de nuances (vitesse, rythme notamment.). Ajoutons que la vitesse, l'amplitude ou la direction avec laquelle s'effectue le mouvement sont autant d'éléments pouvant être porteurs de sens : par exemple le mouvement peut être bref et accéléré pour transmettre qu'une action s'est déroulée rapidement (Figure 5A), et à l'inverse ralenti et répété plusieurs fois pour indiquer que l'action était longue ou pénible (Figure 5B).

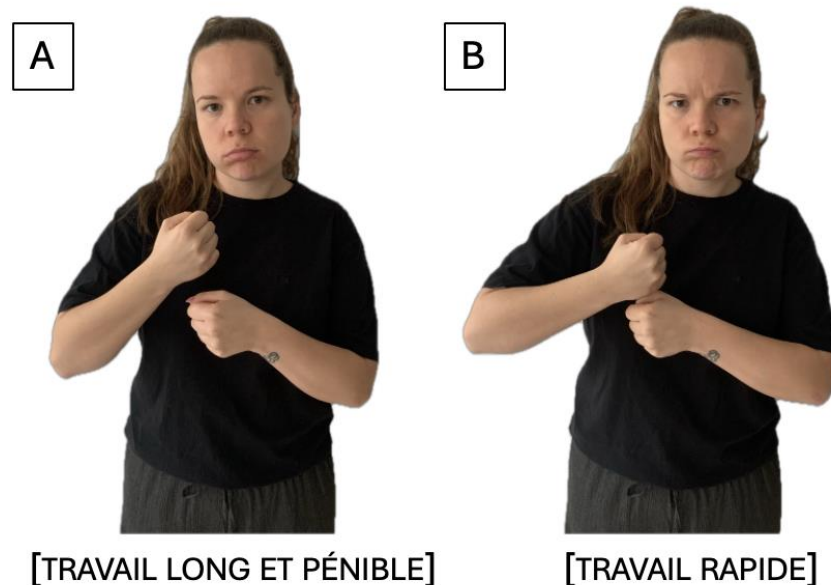


Figure 5. Signes LSF représentant l'action de travailler mais en exprimant différentes nuances : à gauche, signe lent avec 3 à 4 répétitions du mouvement et à droite, signe rapide avec seulement 2 répétitions du mouvement.

Ce paramètre MOUVEMENT est plus complexe à décrire car si l'étude des autres paramètres manuels est possible en segmentant les signes en éléments figés, telles des images photographiques ou représentations dessinées, le mouvement n'est plus visible dès lors que le signe est segmenté, et ainsi ôté de sa dimension temporelle (Liddell, 1990). Par ailleurs, tout comme les paramètres CONFIGURATION, EMBLACEMENT et ORIENTATION, il possède une valeur iconique : Cuxac (2000) prend l'exemple du signe [APERITIF] où l'iconicité ne transparait que dans les paramètres EMBLACEMENT (la bouche) et MOUVEMENT (déplacement vers la bouche). Mais le MOUVEMENT a aussi et surtout une fonction

d'*articulateur geste/sens* : c'est uniquement lorsque tous les éléments figés se combinent avec le mouvement que l'on peut produire un signe. (Millet, 2004). En effet, Millet (2004) considère que le MOUVEMENT est le paramètre qui permet de différencier une simple posture d'un signe linguistique. Sans mouvement, le signe n'est pas réalisable et ne peut être inscrit ni dans l'espace ni dans le temps. Or, Millet (2004) nous rappelle que le lien entre spatialité et temporalité est essentiel dans l'élaboration du discours en LS et c'est le mouvement qui permet de faire ce lien et qui actualise le sens.

2.1.5. Arrangement manuel et contraintes phonotactiques

Un signe peut s'effectuer soit à une seule main (signe unimanuel) soit à deux mains (signe bimanuel) : cela s'appelle l'arrangement manuel. Comme en LV, il existe des contraintes phonotactiques en LS. Selon Battison (1974), ces contraintes sont liées au paramètre MOUVEMENT et concernent les signes bimanuels. On distingue deux types de contraintes phonotactiques en LSF :

- la contrainte de symétrie qui implique que les paramètres des deux mains utilisées doivent être identiques, c'est-à-dire même EMBLEMATIQUE, même CONFIGURATION, même MOUVEMENT et ORIENTATION identique ou symétrique. En revanche, le MOUVEMENT peut être effectué de façon simultanée ou alternative pour chacune des mains (Boutora, 2008).
- la contrainte de dominance, dans les cas où les deux mains n'ont pas la même configuration, l'une dite active effectue le mouvement tandis que l'autre reste passive.

Ces contraintes phonotactiques semblent correspondre à un principe d'économie articulatoire et perceptive (Boutora, 2008).

2.1.6. Les paramètres non-manuels

À ces quatre paramètres manuels, il faut ajouter les paramètres non-manuels. Plusieurs auteurs suggèrent qu'ils font partie intégrante de la description phonologique d'un signe au même titre que les paramètres manuels décrits plus haut (Pfau & Quer, 2010 ; Crasborn et al., 2008 ; Reilly, 2006). Il est possible de distinguer : les expressions faciales, les mouvements de la tête et du corps, les mouvements labiaux et le regard.

Les expressions du visage sont essentielles pour la compréhension du message en LS. Elles participent à transmettre les émotions et peuvent avoir une fonction sémantique (Pfau & Quer, 2010 ; Reilly, 2006 ; Cuxac, 2000). En effet, certains signes en LSF ne se distinguent que par

l'expression du visage : [SERIEUX] et [TRISTE]. Pour ce second signe, l'expression du visage renvoie au sentiment de tristesse. C'est parce qu'il existe de telles paires minimales que l'on peut considérer que les paramètres non manuels font partie de la phonologie des LS au même titre que les paramètres manuels. On peut aussi considérer que l'articulation faciale a un rôle syntaxique puisqu'elle sert aussi à distinguer une affirmation d'une question, de façon semblable à l'intonation en langue vocale (Pfau & Quer, 2010). Tous les mots interrogatifs [QUOI], [QUI], [POURQUOI], etc. nécessitent une expression faciale interrogative intégrant les yeux, les sourcils associés à des mouvements de tête et un ajustement de la posture.

Les mouvements du corps ou de la tête peuvent donc également porter une signification et une fonction lexico-sémantique. Pfau & Quer (2010) donnent l'exemple du signe [SLEEP] (dormir) en ASL que l'on peut transposer dans de très nombreuses langues des signes comme en LSF avec le signe [DORMIR]. Dans ces signes, la tête vient en contact avec la ou les mains pour donner tout son sens au signe. Sans cet élément non manuel, la bonne compréhension du signe est impactée. Les mouvements de tête sont très utilisés pour les signes qui expriment la négativité et de ce fait, il est également possible de leur attribuer une fonction syntaxique (Pfau & Quer, 2010). En LSF, le signe [AUCUN] implique un mouvement de tête semblable à celui du [NON], de légères secousses de gauche à droite. Certains signes en LSF comme dans d'autres langues impliquent des mouvements du buste ou un changement de posture. Pfau & Quer (2010) soulignent que c'est le cas pour les signes qui contiennent une notion d'inclusion ou d'exclusion pour lesquels on retrouve des mouvements d'inclinaison vers l'avant ou vers l'arrière.

Les mouvements labiaux représentent un autre paramètre non-manuel essentiel : ce sont des mouvements de bouche, lèvres et langue, parfois sonores, qui se superposent aux signes (Bogliotti & Isel, 2021 ; Crasborn et al., 2008). Concernant la terminologie, dans les travaux en anglais, le terme *mouth action* renvoie à la fois au *mouthing* (labialisation) et aux *mouth gestures* (gestes labiaux). Parallèlement, en français, le terme de mouvements labiaux englobe les gestes labiaux et à la labialisation. Nous allons voir que leur fonction est double : sémantique et/ou morpho-syntaxique selon le type de mouvements labiaux.

À la différence de la labialisation, les gestes labiaux ne sont pas empreints des LV. Ce sont des éléments pouvant être assimilés à des syllabes non vocalisées, produites une ou plusieurs fois ou à des expirations d'air (Bogliotti & Isel, 2021 ; Crasborn et al., 2008). Ils ne contiennent aucune valeur sémantique et sont considérés comme un écho du mouvement de la main par Woll & Sieratzki (1998). En revanche, un type de gestes labiaux possède une valeur sémantique, il s'agit de l'énonciation : lorsque la bouche mime l'action du signe (mâcher un

chewing-gum) (Bogliotti & Isel, 2021). Contrairement aux gestes labiaux, la labialisation émane directement des LV puisqu'elle correspond à l'articulation silencieuse ou non d'un mot ou de syllabes s'apparentant à un mot (Crasborn et al., 2008). Les labialisations sont partie intégrante de la structure morpho-syntaxique des langues signées et comportent une fonction sémantique de spécification lexicale (par exemple entre un nom et un verbe) (Crasborn et al., 2008).

Enfin, le regard constitue un élément non-manuel dont l'utilisation et le rôle linguistique sont spécifiques aux LS. Il a de nombreuses fonctions importantes dans plusieurs domaines (Mohr, 2014). Au niveau lexical, le regard est à l'origine de distinctions lexicales en BSL pour les signes [GOD] et [HEAVEN] par exemple (Mohr, 2014). Le regard constitue donc un trait phonologique à part entière au même titre que les paramètres CONFIGURATION ou EMPLACEMENT. Au niveau morpho-syntaxique, le regard peut être utilisé pour exprimer les contrastes linguistiques, y compris la marque d'accord, et ce, de manière indépendante des paramètres manuels (Thompson, 2006 ; Pfau & Quer, 2010 ; Mohr, 2014). En d'autres termes, le regard peut être considéré comme un marqueur d'accord au même titre que la morphologie flexionnelle dans la syntaxe des LV. Le regard est aussi utilisé pour distinguer les différents pronoms personnels les uns des autres (Thompson, 2006 ; Pfau & Quer, 2010). Enfin, la langue des signes étant perçue visuellement, la direction du regard et les mouvements des yeux permettent également au signeur de mesurer l'assimilation des informations linguistiques par son interlocuteur en temps réel, ce qui remplit une fonction socio-pragmatique essentielle pour la régulation de la relation (Emmorey et al., 2009).

En somme, le système phonologique des LS est fondé sur la notion de paramètre. En LSF, on retrouve donc quatre paramètres manuels – CONFIGURATION, EMPLACEMENT, ORIENTATION et MOUVEMENT – et quatre paramètres non-manuels – les expressions faciales, les mouvements de la tête et du corps, les mouvements labiaux et le regard. Ces paramètres se combinent en respectant des contraintes phonotactiques pour former les signes. La modalité visuo-spatiale et notamment le caractère spécifique du système phonologique des LS peut-elle en partie expliquer les différences de traitement du langage dont l'accès au lexique chez les signeurs ?

2.2. Le lexique en LSF

Nous venons d'exposer qu'une unité lexicale en LS peut être décomposée en sous-unités non significatives, dont l'équivalent le plus proche pourrait être le phonème en LV. Le système

phonologique d'une LS renvoie donc au principe commun à toutes les langues : celui de la double articulation, entre unités minimales porteuses de sens et unités minimales non porteuses de sens (Millet, 2019).

2.2.1. Modèles descriptifs des LS

Par leur description des paramètres des LS, Stokoe (1960) puis Klima & Bellugi (1979) ont précisément cherché à démontrer la validité de ce principe de double articulation en modalité signée. Ces travaux ont permis d'attester que les LS contiennent tout autant que les LV une dimension phonologique. Les modèles linguistiques en LS qui s'appuient sur la description des paramètres phonologiques sont dits paramétriques. Mais il existe aussi des modèles non paramétriques, notamment les modèles iconiques. L'iconicité est une notion centrale de la construction et de l'organisation du lexique en LSF et est généralement définie de façon très concrète comme le lien formel entre un signe et le concept qu'il représente (Figure 6).

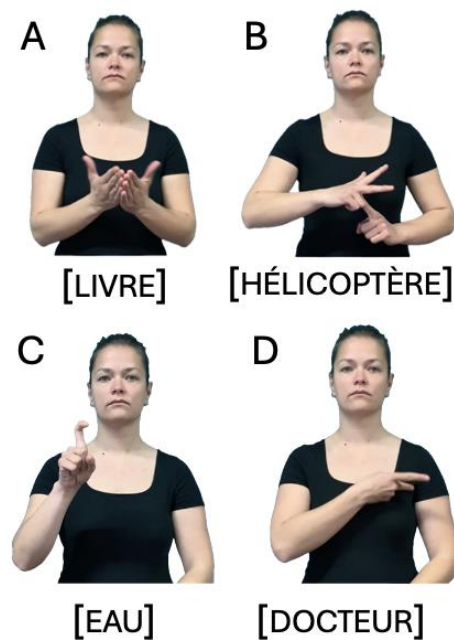


Figure 6. En LSF, les signes (A) et (B) sont très iconiques comparés aux signes (C) et (D) qui sont peu ou pas iconiques.

La théorie de l'iconicité, formulée par le français Cuxac, (Cuxac, 1996 ; 2000) postule que chaque signe peut être décomposé en paramètres porteurs de sens et réfute que les LS ne seraient pas doublement articulées (Millet, 2019). Mais selon lui, la place capitale de l'iconicité en LS ne remet pas en cause son statut de langue à part entière. À l'époque, la théorie linguistique de Saussure (1972) qui met en avant le caractère arbitraire d'un signe linguistique s'oppose à celle des LS car iconicité et caractère arbitraire sont deux notions paraissant

comme intriquées, l'une variant inversement par rapport à l'autre. Plus un mot serait iconique, moins il serait arbitraire. En réalité, ce n'est pas nécessairement le cas : l'iconicité est le degré de ressemblance entre la phonologie d'un signe (combinaison de paramètres) et le concept qu'il représente tandis que le caractère arbitraire intervient dans le choix du ou des éléments saillants pertinents pour représenter visuellement ce concept. L'exemple du signe [VACHE] illustre bien cette nuance (Figure 7) : [VACHE] renvoie aisément au concept qu'il représente et cela en fait un signe hautement iconique, mais d'autres caractéristiques auraient pu être sélectionnées pour renvoyer à l'animal (taches ou pis, plutôt que cornes). Iconicité et caractère arbitraire ne s'opposent donc pas nécessairement. Comme dit Perniss et al. (2010), il est nécessaire de trouver un équilibre entre deux contraintes fondamentales : d'une part, le fait de préserver un lien entre la langue et notre expérience, notamment visuelle, ce qui implique de l'iconicité, et, d'autre part, la contrainte d'un système de communication efficace, qui renvoie à la fonction d'utilisation de la langue et pour lequel l'arbitraire impose certains éléments.



[VACHE]

Figure 7. Le signe [VACHE] en LSF est un signe hautement iconique

La théorie de Cuxac considère l'iconicité comme l'unique principe structurant le lexique en LS, au détriment du niveau phonologique tandis que le Modèle de construction analogique de l'iconicité linguistique de Taub (2001) s'inscrit dans le cadre de la linguistique cognitive et amène à considérer l'iconicité comme la relation entre nos modèles mentaux de l'image et du référent. Ces modèles sont issus de nos expériences sensorielles concrètes, communes à tous les humains, et des expériences culturelles et sociales propres à chacun. Cette conception de l'iconicité est semblable à celle de Perniss et al. (2010). Selon Taub (2001), la création de signes iconiques commence donc par le concept, suivi d'une image visuelle basée sur ce concept, puis l'image est schématisée pour s'adapter à la phonologie de la LS cible, ce

qui conduit à l'encodage de cette image (icone) dans un signe. Dans ce modèle, l'arbitraire a également un rôle et à deux niveaux : 1) le passage de la schématisation à l'encodage doit respecter les contraintes phonétiques de la langue et 2) le processus de lexicalisation implique qu'une fois qu'un signe lexical est devenu conventionnel, il est possible que les locuteurs de cette langue perdent de vue l'origine iconique du signe (Figure 8). En somme, les signes sont porteurs d'iconicité car les LS sont construites à partir d'input visuel, mais, la forte iconicité d'un signe témoignant d'un lien robuste entre forme et sens ne suffit pas à rendre le signe transparent et compréhensible.

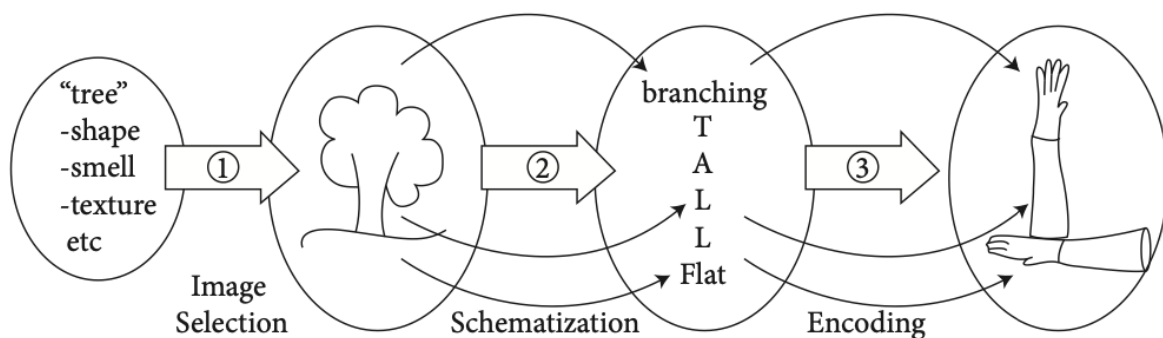


Figure 8. Schématisation du modèle de construction analogique de l'iconicité linguistique de Taub (2001), extrait de Demey et al. (2008).

Aujourd'hui, il n'existe toujours pas de consensus sur un modèle unique. Chacun s'appuyant sur des conceptions différentes de ce qu'est l'iconicité linguistique en LS, comme le souligne Ortega (2017), la multiplicité des théories et des définitions de l'iconicité rend parfois difficile le recoupement et la comparaison des travaux portant sur l'iconicité.

2.2.2. L'iconicité : le point de départ perceptif du lexique signé

L'iconicité est une notion inhérente à la modalité visuo-gestuelle car, de façon évidente, il est beaucoup moins facile de véhiculer l'iconicité par la modalité audio-orale dans laquelle la voix ne permet d'imiter que du son. Les onomatopées sont qualifiées d'iconiques mais le lexique des LV est d'une manière générale considéré comme largement arbitraire, y compris la syntaxe qui se forme par des règles linguistiques formelles non iconiques (Millet, 2019). Or, il semble que le corps puisse plus aisément imiter le réel. C'est ainsi qu'il est possible d'iconiciser l'expérience que l'on a du monde qui nous entoure, à la fois au niveau sémantique en symbolisant les éléments lexicaux, et au niveau syntaxique en construisant des relations entre ces éléments. Les entendants et les sourds imiteraient par exemple de la même façon l'action de manger, de dormir ou de pleurer. Les sourds ont donc naturellement utilisé ce canal

gestuel pour communiquer et ont systématisé puis standardisé la gestualité pour arriver au niveau symbolique et conventionnel des signes (Millet, 2019). L'iconicité, et la capacité à rendre compte du réel, est donc le point de départ de la création du lexique des LS. L'iconicité découle aussi du perceptif. Les sourds structurent naturellement leur pensée en images. Ces images réelles sont donc à l'origine de la création de signes. Selon certains points de vue, un signe est avant tout un geste. D'ailleurs, une des principales critiques adressées aux LS est qu'elle est purement figurative et ne pourrait donc pas représenter l'abstraction. Cette idée est sans fondements ; tous les concepts peuvent être exprimés en LS, et avec des signes, qui à la différence des gestes, ne sont pas universels. Klima & Bellugi (1979) ont d'ailleurs démontré que la plupart des signes ne sont pas facilement compris pas les humains, comme le sont les gestes. En effet, dans leur étude en ASL, les personnes entendantes interrogées n'ont pas été capables de transcrire correctement plus de 10% des signes présentés. De façon similaire, en LS, Pizzuto & Volterra (2000) ont montré que tous les signes iconiques proposés n'étaient pas correctement interprétés par des participants, entendants ou sourds, d'origine européenne mais non italienne. Cela prouve que le caractère iconique des signes est une notion intrinsèque aux LS mais aussi directement liée à une culture et à l'expérience des locuteurs. Or, l'expérience du locuteur sourd est avant tout construite grâce à sa perception visuelle. Le canal perceptif visuel est donc dans un sens un point de départ de la notion d'iconicité qui elle-même est un point de départ de la construction et de l'organisation du lexique puisqu'elle permet l'encodage d'image visuelle en signe (Taub, 2001).

En ce qui concerne l'organisation du lexique, Perlman et al. (2018) ont découvert que l'iconicité était distribuée selon des champs sémantiques larges et spécifiques. L'analyse comparative du vocabulaire de quatre langues (ASL, BSL, anglais et espagnol) a par exemple montré que les actions manuelles semblent particulièrement iconiques en LS alors qu'en LV, ce serait plutôt les adjectifs qui contiendraient une part d'iconicité. Ces résultats suggèrent que l'iconicité est un paramètre structurant le lexique en LV comme en LS. L'iconicité est aussi une notion à considérer sur un continuum où le degré de relation entre la forme et le sens est plus ou moins fort. (Ortega, 2017 ; Perniss et al., 2010 ; Klima & Bellugi, 1979). Klima & Bellugi (1979) avaient proposé quatre degrés d'iconicité : transparent / translucide / obscur / opaque. Les signes transparents sont les plus faciles à relier au concept alors que les signes opaques n'ont pas de lien évident avec leur référent. C'est d'ailleurs pour cela que l'iconicité est mesurée sur un spectre plutôt que comme une caractéristique présente/absent : des travaux sur l'iconicité de différentes langues signées ont proposé des échelles d'évaluation graduée – échelles de Likert allant de 1 à 5 ou de 1 à 7 – pour mesurer le degré d'iconicité des signes

(en ASL : Caselli & Pyers, 2017 ; en BSL : Thompson et al., 2012, Vinson et al., 2008). Les signes sont donc plus ou moins iconiques et plus ou moins arbitraires. Dans le cadre des évaluations subjectives faites par les locuteurs, comme nous l'avons évoqué précédemment, le degré d'iconicité des signes peut varier en fonction de l'expérience socio-culturelle de chaque individu.

Plusieurs modèles présentent des théories concernant l'organisation du lexique en LS. L'iconicité est sans conteste une notion structurante, abordée dans la plupart de ces modèles. L'organisation du lexique signé semble en dépendre en partie, au même titre que la fréquence lexicale structure le lexique des LV. Il serait donc particulièrement intéressant de tenter de mesurer à quel point cette iconicité structure l'organisation lexicale chez les signeurs, natifs ou non en LSF.

2.3. La syntaxe d'une langue signée

La plupart des théories linguistiques de la syntaxe signée ont été pensées à partir des LV. Chomsky, l'un des premiers théoriciens de la syntaxe, ne s'appuyait pas sur les LS pour développer ses idées d'une grammaire universelle et du caractère inné de certains mécanismes d'apprentissage du langage. Si les LS étaient mentionnées, c'était en supposant que le fonctionnement de la syntaxe était sans doute similaire à celui des LV (Lillo-Martin, 2021). Or, l'étude des LS et des locuteurs sourds fournit un cadre unique afin de comprendre comment les enfants acquièrent le langage au-delà de l'input dont ils disposent, input qui peut souvent être absent, très limité et/ou de mauvaise qualité. Les descriptions linguistiques faites dans différentes LS ont permis d'attester que la syntaxe signée est riche et complexe et possède deux spécificités majeures qui sont des notions structurantes et incontournables : l'iconicité et l'utilisation de l'espace – parfois désignée sous le terme de *spatialité* (Millet, 2019). Ces contraintes, et la façon qu'elles ont de se combiner, permettent de transmettre des informations sémantiques et syntaxiques de façon simultanée. On peut alors distinguer trois notions majeures constitutives de la syntaxe d'une LS : la simultanéité des informations, l'utilisation de l'espace en trois dimensions et l'iconicité.

2.3.1. Des théories de la syntaxe qui mettent en avant des spécificités liées à la modalité

Un aspect de la syntaxe signée est établi par tous : le discours s'organise à la fois dans le temps mais aussi et surtout dans l'espace. Ce point contraste fortement avec les LV et c'est ce qui rend plus complexe l'analyse d'un niveau syntaxique au sens classique, sans lien avec

les autres niveaux d'analyse. Ainsi on peut dire qu'en LSF comme dans d'autres LS, il est difficile de distinguer une unité lexicale d'une structure purement syntaxique. Cela dit, il est possible de distinguer deux grands types de théories de la syntaxe en LS. Les travaux de Stokoe (1960) puis de Klima & Bellugi (1979) qui s'inscrivent dans une approche linguistique structuraliste, abordent la syntaxe par sa dimension spatiale, incontestablement liée à la modalité. Les phrases sont considérées comme des combinaisons de signes subissant des variations morphologiques (comme des flexions verbales par exemple) et remplissant des rôles syntaxiques définis. Par certains de ces aspects, les théories structurales rejoignent celles des LV et convergent vers des règles syntaxiques communes, quelle que soit la modalité empruntée. On y retrouve des unités pouvant être décomposées en sous-unités possédant des fonctions grammaticales – syntaxiques – précises. Cependant, on parlerait davantage d'un complexe sémantico-syntaxique tant la modalité accentue l'intrication des niveaux linguistiques. La spatialisation est donc bien sûr considérée dans les théories structurales mais ces dernières sont bien différentes des modèles dits sémiologiques, notamment les travaux de Cuxac (Cuxac, 1996, 2000 ; Cuxac & Pizzuto, 2010), où les spécificités de la modalité visuo-gestuelle – visuo-spatiale – occupent une place centrale dans l'organisation de la syntaxe. Dans ces modèles, on cherche principalement à théoriser l'iconicité afin de rendre compte de l'organisation linguistique des LS (Cuxac, 2000 et sa théorie de l'iconicité ; Sallandre, 2003 avec une grammaire de l'iconicité). Cuxac (2013) souligne que les LS permettent de dire en donnant à voir et en montrant. Ainsi, dans cette démarche, il décrit des Structures de Grande Iconicité (SGI) appelés aussi transferts qui permettent de se « mettre dans la peau du personnage » de façon structurée, codifiée et hautement iconique. Enfin, la théorie des dynamiques iconiques de Millet (2019) se situe au carrefour entre structuralisme et modèles sémiologiques. Le système syntaxique et les variations morphologiques y sont décrits selon un point de vue fonctionnel et en incluant la notion de pertinence. L'auteure s'applique à décrire la façon dont les signes sont agencés, combinés entre eux pour former des phrases tout en prenant en compte la modalité, l'iconicité, la spatialité, la multilinéarité et la simultanéité. La notion de globalité rejoint celle de perception : on ne perçoit pas des morceaux, comme on ne peut percevoir le paramètre d'un signe de façon isolée, mais on perçoit la globalité et le sens nous parvient uniquement lorsque la globalité est énoncée, à la fois sur un plan spatial et temporel. C'est cette fois une caractéristique foncièrement opposée aux LV dans laquelle la séquentialité, résultant de la modalité audio-phonatoire, permet de ne percevoir qu'une partie. Finalement, cette notion de perception nous apparaît comme intrinsèquement liée à la modalité et conduit à ne pas pouvoir toujours calquer les descriptions de la syntaxe des LS sur celles des LV. Concernant les

différentes conceptions de la syntaxe signée, il est évident que chacune des théories décrites ont contribué à mieux comprendre son fonctionnement et son organisation.

2.3.2. La simultanéité des informations

À première vue, l'aspect qui distingue le plus les LS des LV est la possibilité de transmettre plusieurs informations de façon simultanée là où les LV exploitent davantage la séquentialité (Boutora, 2008 ; Millet, 2019). Il y a deux explications à cela. D'une part, les différents articulateurs (manuels et non-manuels) peuvent être actifs en même temps et peuvent être articulés de façon plus ou moins indépendante (Loos et al., 2022 ; Aronoff et al., 2005 ; Meier, 2002). Ainsi, chacune des mains, le torse, la direction du regard et les différents muscles du visage peuvent encoder différents types d'informations simultanément, que ce soit au niveau phonologique ou au niveau de la structure de l'énoncé dans l'espace. En revanche, comme le soulignent Loos et al. (2022), l'implication de plusieurs articulateurs n'est pas nécessaire pour créer de la simultanéité comme le montre l'emploi des classificateurs et proformes (voir 2.3.6. Les proformes et classificateurs) : la configuration manuelle renseigne sur les propriétés du référent et l'emplacement et le mouvement du signe apportent des informations spatiales et syntaxiques simultanément (Figure 9).

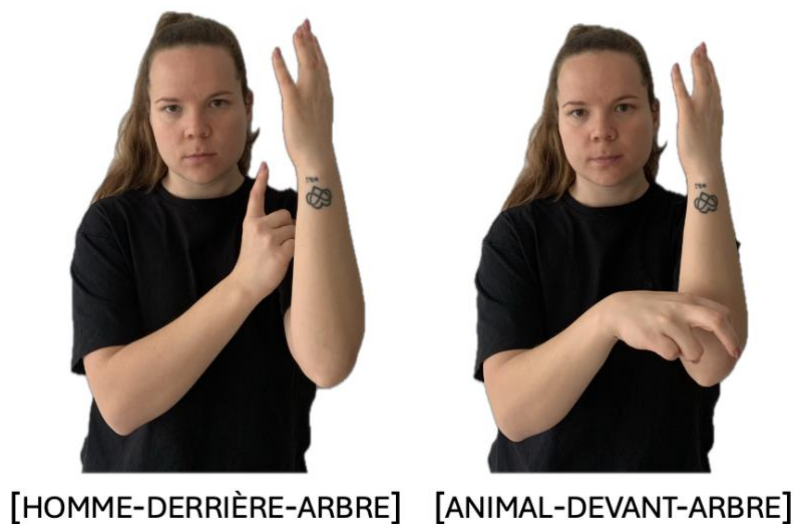


Figure 9. Deux structures en LSF illustrant la simultanéité des informations syntaxiques et sémantiques et pouvant se traduire par « L'homme est derrière l'arbre » à gauche et « L'animal est devant l'arbre » à droite.

D'autre part, la modalité visuo-gestuelle et les représentations iconiques permettent aussi au locuteur de s'exprimer sur différents niveaux linguistiques simultanément (lexique et syntaxe par exemple). La Figure 9 et la Figure 10 illustrent chacune le phénomène de simultanéité des informations sémantiques et syntaxiques induit par les possibilités structurelles liées à la

modalité visuo-spatiale. La Figure 9 donne un exemple de structure où une combinaison de paramètres (CONFIGURATION et EMBLACEMENT notamment) traduit les différents niveaux linguistiques (syntaxe, lexicale et sémantique). Dans la phrase LSF illustrée dans la Figure 10, c'est une combinaison ordonnée de signes qui porte des informations simultanées : deux personnages [PAPA] et [MAMAN] ont été placés au début de la phrase puis un troisième personnage [ENFANT] est introduit par la suite. La modalité signée permet ici d'exprimer la place et le rôle de trois personnages (dernière image) de façon simultanée et non séquentielle comme cela aurait été le cas en LV. Millet (2019) utilise d'ailleurs l'expression de *sémantico-syntaxe* pour insister sur l'intrication des niveaux syntaxiques et sémantiques.



Figure 10. Phrase en LSF illustrant la simultanéité des informations sémantiques et syntaxiques. Traduction : Papa et Maman sont allongés et l'enfant vient se glisser entre eux.

Néanmoins, la simultanéité n'empêche pas la séquentialité, et Aronoff et al. (2005) ont observé des structures morphologiques séquentielles en LS américaine (ASL) et en LS israélienne (ISL). L'exemple du signe [TEACHER] (professeur) en ASL illustre ce concept. Le signe [TEACHER] est en effet une structure complexe, morphologique et séquentielle, comparable à un élément bisyllabique dont l'une de deux syllabes est un élément morphologique flexionnel. Il se réalise en signant d'abord l'unité [TEACH] (apprendre) puis le suffixe [AGENTIVE] (agent/personnel). Chacun des deux éléments – syllabes – possède sa propre configuration de main et son propre lieu d'articulation (Figure 11).



Figure 11. Représentation schématisée du signe [TEACHER] (professeur) en ASL, tiré de Aronoff et al. (2005).

En outre, Aronoff et al. (2005) ont constaté que les constructions morphologiques séquentielles diffèrent beaucoup d'une langue à l'autre mais également d'un locuteur à l'autre. Ces structures séquentielles sont également sans rapport avec la cognition spatiale contrairement aux structures simultanées et Aronoff et al. (2005) les qualifient d'arbitraires.

2.3.3. La spécificité d'un espace de signation en 3 dimensions

Comme nous l'avons évoqué plus haut, l'utilisation de l'espace est une notion centrale de la syntaxe en LSF et des LS en général puisque la modalité visuo-gestuelle impose à la phrase de s'articuler dans l'espace. L'espace de signation possède des limites spatiales, contraintes par les articulateurs (mains, corps, tête). Les limites verticales sont la tête et la taille du locuteur et les limites latérales vont d'un bout à l'autre des bras étendus. Le caractère structurant de l'utilisation de l'espace dans la syntaxe signée provient du fait que la spatialité module le sens. En s'exprimant, les locuteurs utilisent l'espace en fonction de leurs intentions communicatives (Perniss, 2021). Cependant, il existe plusieurs façons d'exploiter l'espace de signation. Dans cette partie, nous nous intéresserons particulièrement aux référents et espaces pré-sémantisés, à la directionnalité des verbes ainsi qu'aux proformes.

2.3.4. Les référents et espaces pré-sémantisés

En LSF, les locuteurs utilisent l'espace de signation pour construire les relations syntaxiques qui se jouent entre les différents éléments du discours. C'est dans cet espace de signation délimité que le locuteur a la possibilité de placer des référents et des espaces préalablement

sémantisés. Des référents peuvent donc être placés dans l'espace autour du locuteur pour évoquer un objet, un lieu ou une personne. Mais il faut comprendre qu'il n'y a pas d'espace absolu : Millet (2019) utilise le terme de *locus* prédéterminés pour faire référence à la globalité des espaces pouvant occuper cette fonction syntaxique. Chaque locus utilisé par le locuteur est contraint par les règles syntaxiques relatives à la situation et à la cohérence du discours. Une fois le référent assigné à un locus, celui-ci pourra être à nouveau désigné plus tard dans le discours par un simple pointage : le locuteur et l'interlocuteur comprendront parfaitement ce à quoi fait référence le pointage car l'espace (locus) aura précédemment été associé à son référent. L'exemple de la Figure 10 illustre parfaitement l'utilisation des espaces pré-sémantisés et des référents spatiaux : la locutrice introduit les personnages (1^{ère} et 2^{ème} étapes), elle place les classificateurs pour le père et la mère dans l'espace de signation (3^{ème} étape). Puis, en introduisant le personnage de l'enfant (4^{ème} étape), la locutrice maintient la référence papa avec le locus vide du père qui constitue un espace pré-sémantisé. Enfin, un dernier classificateur représente l'enfant se glissant entre ses deux parents (5^{ème} étape) en maintenant toujours l'espace pré-sémantisé du père.

C'est Klima & Bellugi (1979) qui ont d'abord évoqué et décrit ces espaces que Millet nomme espaces pré-sémantisés. Millet (2004) met d'ailleurs l'espace au premier plan des relations syntaxiques et décrit la spatialisation comme le « phénomène par lequel le mouvement inscrit le paramètre EMPLACEMENT dans la logique des relations syntaxiques ». Elle définit également 6 zones spatiales dans lequel ces espaces et référents peuvent être placés. Chaque zone possède une valeur grammaticale établie. C'est aussi dans ce cadre que l'on peut comprendre la valeur syntaxique des trajectoires en LSF, notamment dans le cas des flexions verbales.

2.3.5. La directionnalité des verbes

En LSF et dans d'autres LS (en ASL : Liddell, 2003 ; en BSL : Fenlon et al., 2018 ; en LS allemande : Perniss, 2007), certains verbes sont dits directionnels car les pronoms personnels signés que Boutora (2008) appelle des marqueurs de personnes sont intégrés à la réalisation du signe du verbe. La trajectoire de début et de fin du signe peut varier et sert à distribuer les relations actanciennes (agent-patient) du verbe. Voici un exemple avec le verbe [TELEPHONER] (Figure 12).

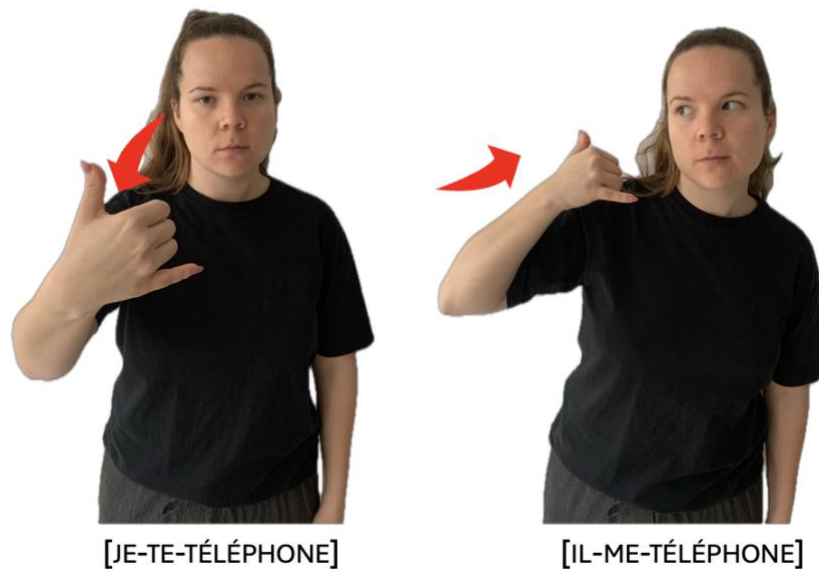


Figure 12. Deux constructions verbales directionnelles avec le verbe [TELEPHONER]

Lors de la réalisation de ces signes, la trajectoire s'effectue d'un locus à un autre et c'est ce qui permet de sémantiser l'action (Millet, 2019). Là encore, cela renvoie à l'intrication des niveaux sémantiques et syntaxiques. Millet (2019) évoque une « distribution des rôles sémantiques dans une syntaxe spatiale ». C'est en partie ce qui l'amène à la notion de *sémantico-syntaxe*. Les modifications dans la réalisation du verbe peuvent concerner la trajectoire mais aussi d'autres paramètres comme un changement d'orientation de la main. C'est le cas pour le verbe [REGARDER] pour lequel la variation d'orientation dépend également du sémantisme du verbe (Boutora, 2008 ; Millet, 2019) (Figure 13).



Figure 13. Deux constructions verbales directionnelles avec le verbe [REGARDER]

De plus, les verbes directionnels peuvent parfois incorporer un objet. Boutora (2008) utilise l'exemple du verbe [DONNER] (Figure 14). La configuration de la main s'adapte à l'objet qui est donné.

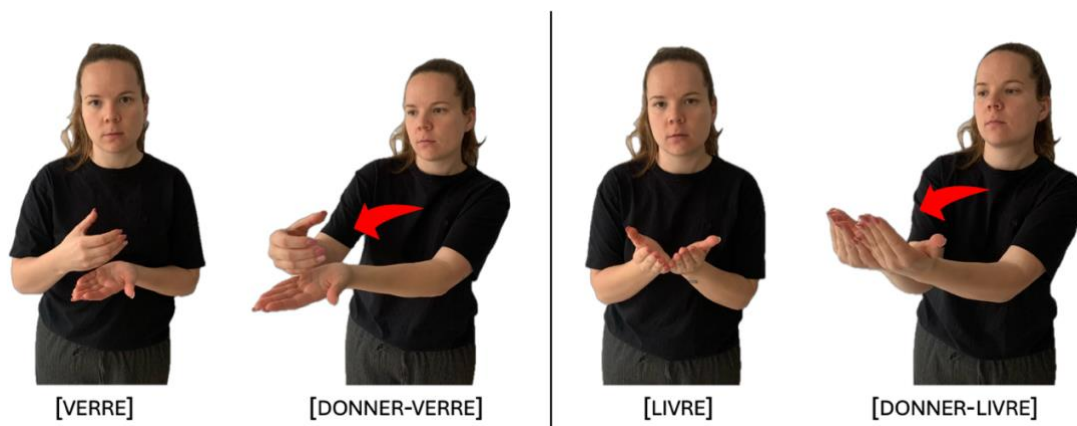


Figure 14. Deux constructions verbales directionnelles du verbe [DONNER] avec deux objets incorporés pouvant se traduire par « donner un verre » et « donner un livre »

Cette incorporation de la forme de main dans un signe assure une fonction iconique bien sûr mais aussi syntaxique. C'est l'objet du dernier point suivant concernant la syntaxe signée.

2.3.6. Les proformes et classificateurs

C'est au début des années 1970 que Kegl & Wilbur (1976) ont introduit la notion de *classifier*³ dans les LS. Le terme était utilisé pour faire référence à ces constructions verbales complexes et modulables, typiques des LS, dans lesquelles la forme de la main est modifiée pour mieux correspondre visuellement à l'objet à laquelle elle se réfère. En LSF, on retrouve la notion de proforme – configuration manuelle à valeur morphologique – et la notion de classificateur qui regrouperait les proformes et les spécificateurs de taille/forme.

Le terme de *proforme*⁴ est utilisé pour désigner une unité morphologique qui prend la forme d'une configuration manuelle conventionnelle pour représenter un élément précédemment introduit dans le discours. Un animal, un objet et une personne sont par exemple représentés par des proformes différents. De plus, un même animal ou une même personne dans des positions différentes sera exprimé par un proforme différent mais bien défini. Par exemple, des formes manuelles différentes sont utilisées pour parler d'un être humain selon s'il se trouve en position debout, assis ou couché (Cuxac, 2000). Millet (2019) explique que les proformes ont

³ En français, on peut traduire ce terme par « classificateur ».

⁴ Dans la littérature, le terme proforme est parfois utilisé au masculin (Collomb et al., 2018 ; Cuxac, 2000) ou au féminin (Millet, 2006, 2019). Nous utiliserons la forme masculine dans ce manuscrit.

une valeur pronominale et qu'ils permettent de reprendre des éléments lexicaux tout en disposant d'un statut syntaxique par leur positionnement dans l'espace. Ils peuvent remplacer une proposition entière (Millet, 2019 ; Millet, 2006). Pour Cuxac (2000), le proforme est principalement utilisé dans les structures de grande iconicité et dans les situations de transfert. Dans ces situations de transfert, le locuteur se met dans le rôle du personnage quel qu'il soit (objet, personne ou animal, animé ou inanimé) et exprime un point de vue interne en s'adaptant au contexte iconique. Millet (2006) ajoute que ces structures sont essentielles pour asseoir la cohérence narrative. Ces situations de transfert personnel et l'utilisation des proformes sont quasiment inhérentes au récit narratif en LSF.

La notion de *classificateur* englobe selon Millet (2006) les proformes de personnes – ou proformes corporelles – et les spécificateurs de taille et/ou de forme, qu'elle nomme proformes manuels. Ces spécificateurs permettent d'adapter la forme du signe pour se conformer au contexte iconique. Il s'agit donc d'une variation morphologique de l'unité lexicale afin de préciser le sens. Ces spécificateurs sont par exemple beaucoup utilisés dans l'expression des verbes de déplacement (Millet, 2006) ou encore pour décrire un rapport de localisation (Millet, 2019). Pour le verbe [AVANCER], il est facile de visualiser des façons différentes d'avancer selon si le sujet est une personne, une voiture, un éléphant ou un oiseau. Or, la configuration et la forme de la main peuvent s'adapter pour représenter l'action le plus précisément et le plus fidèlement possible par rapport au réel. De la même façon, dans les exemples illustrés par la Figure 15, un spécificateur de taille et de forme est utilisé pour représenter l'objet posé sur la table. La forme de main change et s'adapte s'il s'agit d'un ballon, d'un livre ou d'un verre du fait des variations des caractéristiques visuelles et iconiques de ces différents objets.

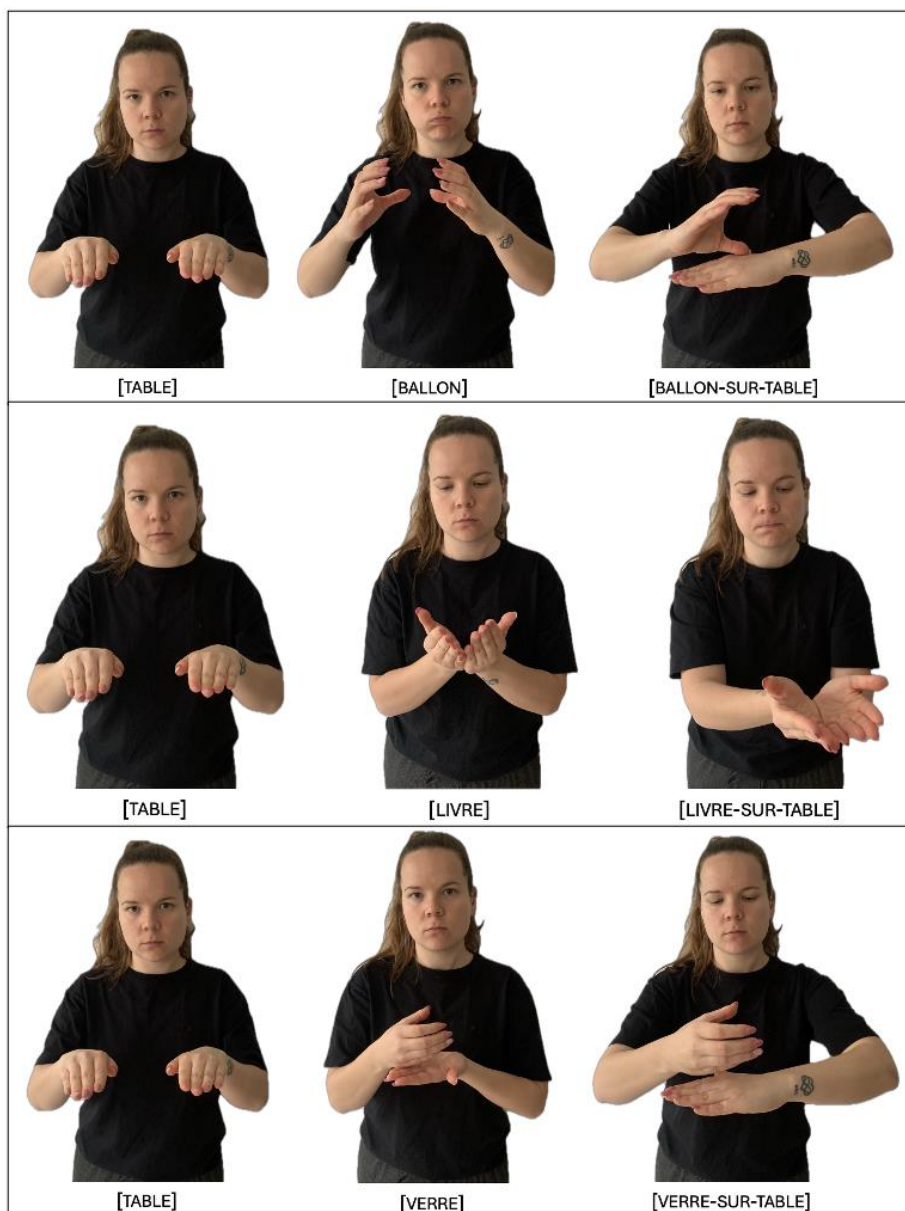


Figure 15. Différentes constructions sémantico-syntaxiques qui utilisent des spécificateurs de taille et de forme pour représenter l'objet posé sur la table, respectivement un ballon, un livre et un verre

La syntaxe signée possède deux spécificités majeures par rapport à la syntaxe des LV : l'utilisation de l'espace et l'iconicité. Les constructions syntaxiques en LSF renvoient donc à ces spécificités notamment : les référents et les espaces pré-sémantisés qui permettent la simultanéité des informations, la directionnalité des verbes, et l'utilisation fréquente des proformes et classificateurs. Le fait que ces notions syntaxiques soient si spécifiques à la modalité signée suscite des interrogations quant au traitement syntaxique de la langue.

La linguistique de la LSF : synthèse et questionnement

Nous venons de décrire que la LSF, et les LS en général, sont construites selon un cadre linguistique contraint par la modalité visuo-gestuelle. Le système phonologique, dans lequel les paramètres manuels et non manuels représentent l'équivalent des phonèmes en LV, le lexique, façonné par la notion d'iconicité, ainsi que la syntaxe, dont les différentes structures s'articulent toutes dans l'espace tri-dimensionnel, possèdent des spécificités inhérentes à la modalité. Alors que les LV se réalisent principalement de façon séquentielle, son après son, phonème après phonème, les LS utilisent la simultanéité que ce soit au niveau phonologique avec la combinaison de plusieurs paramètres, au niveau lexical car les LS sont basées sur le réel ou au niveau syntaxique avec les procédés de directionnalité et de référents. Si nous connaissons les descriptions qui ont été faites des mécanismes de traitement du langage basées sur l'étude des LV, langues à modalité audio-orale, nous souhaitons explorer ces mêmes mécanismes à partir de l'étude d'une LS, en modalité visuo-gestuelle. Le cadre linguistique que nous venons de décrire a pour fonction de compiler des informations essentielles à la compréhension des expériences que nous présentons dans la partie expérimentale.

3. L'accès lexical : reconnaître et comprendre une unité lexicale de sa langue

3.1. L'accès lexical : un mécanisme au cœur de la compréhension du langage

3.1.1. De l'unité lexicale au lexique

Une unité lexicale est considérée comme l'unité minimale porteuse de sens qui existe au sein d'un système linguistique. Cela renvoie donc directement à la notion de mot ou de signe selon la modalité du système linguistique. Chaque système, chaque langue possède ses propres unités lexicales. Voiture est une unité lexicale du français, car en est une en anglais, *macchina* en italien et le signe [VOITURE] est une unité lexicale de la LSF. L'ensemble des unités lexicales dans une langue donnée forment ce que l'on désigne communément sous le terme « lexique » (Nicolas, 2003). C'est cet ensemble que l'on retrouve par exemple dans un dictionnaire. Le lexique d'un locuteur dans sa langue maternelle est estimé entre 50 000 et 75 000 unités lexicales en moyenne (Oldfield, 1966 ; Aitchison, 1987). Ce nombre est bien sûr très variable, notamment selon les langues et selon les individus. Nous n'avons pas tous les mêmes connaissances et par conséquent, notre lexique diffère d'un individu à l'autre : un médecin aura dans son lexique beaucoup de vocabulaire spécifique au domaine médical là où un avocat aura davantage de lexique en lien avec le domaine juridique. Quoi qu'il en soit, chacune de ces unités appartenant à notre lexique est stockée dans notre cerveau. En effet, le cerveau humain est l'organe responsable de l'acquisition et du fonctionnement du langage et nous utilisons ces unités lexicales pour communiquer. Dans l'ordre, il nous faut d'abord identifier et reconnaître l'unité comme faisant partie de sa langue puis la comprendre et/ou pouvoir en produire en réponse. Évidemment, les mots ne sont pas rangés dans notre cerveau comme dans un dictionnaire. À partir de là, la question est donc de comprendre comment est organisé ce lexique : quelles sont les stratégies développées par le cerveau humain pour nous permettre d'identifier, reconnaître, comprendre et produire les différents éléments du lexique.

3.1.2. La découverte de l'organisation de réseaux corticaux responsables du traitement lexical

Depuis plusieurs décennies maintenant, les chercheurs défendent l'existence d'un système et de processus cérébraux dédiés à la compréhension rapide et efficace d'un mot-cible, c'est-à-dire à la reconnaissance et à la récupération du sens d'une unité de sa langue (Treisman, 1960 ; Oldfield & Wingfield, 1965 ; Grosjean, 1980 ; Marslen-Wilson, 1991 ; Brysbaert et al., 2011). L'existence de ce système d'organisation du lexique a été mise en évidence par des

résultats empiriques issus de recherches dans des domaines variés et ayant abouti pour certains, à des propositions de modèles théoriques. Le cadre des recherches inclut des observations cliniques en aphasiologie, des expériences psycholinguistiques avec l'utilisation de paradigmes comportementaux, l'utilisation de l'imagerie chez des sujets neurotypiques et des patients présentant des troubles du langage (aphasies par exemple) en neuroanatomie, l'utilisation de l'électrophysiologie (EEG), etc. Les différentes découvertes issues de ces travaux ont permis de mieux définir les mécanismes de compréhension du mot et l'organisation des réseaux neuronaux responsables du traitement lexical (Gow et al., 2012). En psycholinguistique, l'expression *lexique mental* ou *lexique interne* désigne ce système d'organisation neuronale. Le lexique mental contiendrait des représentations de nature diverse (orthographique, phonologique, sémantique, etc.) qui optimisent la reconnaissance des mots. En fonction de ce qui est perçu et de la modalité utilisée, les représentations associées permettent d'activer la bonne cible jusqu'à la compréhension et/ou la production. L'étude de Treisman (1960) est la première étude psycholinguistique mettant en évidence ce système. Dans ses travaux consacrés à l'attention auditive, l'auteure a demandé à des participants de répéter des stimuli sonores (précisément des mots) uniquement quand ils étaient perçus par une seule oreille dite attentive, et d'ignorer les stimuli arrivant par l'autre oreille dite non attentive. Or, certaines erreurs observées chez les participants au cours de cette expérimentation – telles que répéter le mot perçu par l'oreille non attentive – ont conduit Treisman à penser que le signal auditif perçu activait automatiquement les éléments du lexique mental. L'activation d'une unité lexicale est étroitement liée au système perceptif et à l'organisation corticale sous-jacente.

Avec ce même objectif de démontrer l'existence d'une organisation corticale du lexique, Oldfield & Wingfield (1965) ont mené des expérimentations en utilisant une tâche de dénomination d'images. Ils ont démontré qu'il existait des variations dans les temps de réponse, et que ces variations étaient corrélées à des différences dans les caractéristiques des mots eux-mêmes. Ils ont par exemple observé une très forte corrélation entre le temps de réponse pour dénommer un mot et la fréquence d'usage de ce mot : plus le mot est fréquent, plus il est facile et rapide de le dénommer. Concernant l'organisation lexicale, Oldfield (1966) postule l'existence d'un système interne dans lequel chaque unité du lexique serait associée à un ensemble de propriétés sémantiques spécifiques (fréquence lexicale, catégorie sémantique, caractère concret/abstrait, caractère imagé, etc.). Le locuteur accéderait à une unité en parcourant l'ensemble du lexique et en vérifiant chacune de ces propriétés. Oldfield (1966) postule que la présence ou l'absence d'un trait sémantique (par exemple, la concrétude) permettrait de diviser par deux le nombre de candidats pouvant correspondre à

la cible et qu'il suffirait de réaliser cette même opération 16 fois (sur 16 traits sémantiques différents) pour isoler la cible parmi tout le lexique, estimé à 75 000 mots. Mais ce système ne prendrait pas en compte la fréquence du mot alors que les résultats observés dans Oldfield & Wingfield (1965) attestent que la fréquence des mots est un prédicteur puissant de l'accès lexical.

Étant donné que ces mécanismes cognitifs d'accès lexical et de reconnaissance du mot sont des processus extrêmement rapides, mesurables en millisecondes, il est nécessaire d'utiliser des techniques adaptées pour pouvoir les étudier, et les comprendre et identifier des facteurs pouvant impacter la qualité et la rapidité de ces mécanismes. Parmi les différentes tâches proposées dans l'étude du traitement lexical, on retrouve notamment des tâches de décision lexicale, de dénomination orale, d'amorçage (étude princeps : Meyer et Schvaneveldt, 1971), de gating (étude princeps : Grosjean, 1980). Ces différentes tâches peuvent se dérouler on-line, c'est-à-dire qu'il est possible d'observer le traitement en temps réel, ou off-line, lors desquelles le traitement ne peut être observé qu'en différé, après que le traitement lexical a déjà eu lieu (Nicolas, 2003).

3.1.3. La décision lexicale

Une tâche psycholinguistique largement utilisée pour étudier l'organisation lexicale et ses effets sur le traitement du mot, est la tâche de décision lexicale. Cette tâche consiste à demander au participant si un stimulus, qui peut être présenté visuellement (suite de lettres) ou auditivement (suite de phonèmes), correspond ou non à une unité lexicale de sa langue. Le plus souvent, le sujet doit répondre manuellement en utilisant les touches d'un clavier correspondant à la réponse oui ou à la réponse non. Le temps que le sujet a mis pour répondre et la nature de la réponse (correcte ou incorrecte) sont enregistrés. L'ensemble des stimuli doit donc contenir des éléments du lexique et également des éléments non-existants dans le lexique de la langue cible (des pseudo-mots ou des non-mots). Les stimuli sont présentés dans un ordre aléatoire afin que le sujet soit confronté à des items appelant des réponses différentes. Cette tâche présente plusieurs avantages : elle est facile à concevoir, nécessite peu de matériel, et sa consigne est simple (Goldinger, 1996). Elle est très largement utilisée pour étudier les mécanismes de reconnaissance du mot écrit (lecture) et concernant le lexique mental, elle permet de mettre en évidence certains facteurs psycholinguistiques ayant un impact sur la qualité de l'accès aux mots (Goldinger, 1996 ; Nicolas, 2003). En revanche, la tâche de décision lexicale ne permet pas de contrôler ce qui a réellement été identifié par le sujet (erreurs de lecture possibles). La tâche est également critiquée car l'activité cognitive de décision lexicale pourrait masquer les effets liés au processus de traitement lexical pur

(Nicolas, 2003). Néanmoins, ce paradigme de décision lexicale a permis de démontrer de nombreux effets facilitateurs dans l'accès lexical, tel que :

- l'effet de fréquence des mots⁵ (McCusker et al., 1979 ; Marslen-Wilson, 1991 ; Brysbaert et al., 2011)
- l'effet de fréquence et de densité du voisinage phonologique⁶ (Luce, 1986 ; Luce & Pisoni, 1998 ; Meade et al., 2018)
- l'effet d'amorçage sémantique⁷ (Radeau, 1983 ; Holcomb & Neville, 1990 ; Yap et al., 2013)
- l'effet du point d'unicité⁸ (Marslen-Wilson, 1991).

Certains de ces effets ont été très largement validés et sont très facilement reproductibles (effet de fréquence de mots, amorçage sémantique) mais d'autres comme les effets de voisinage notamment sont davantage contestés. Un dernier avantage à ce paradigme de décision lexicale est qu'il est accessible à des populations variées : enfants (Van den Boer et al., 2012), adultes (González-Nosti et al., 2014), patients (ici patients aphasiques, Dial & Martin, 2017) et adaptable en modalité signée avec des personnes sourdes signeuses (Bosworth & Emmorey, 2010).

⁵ L'effet de fréquence des mots implique que les mots très fréquents sont traités plus rapidement et plus efficacement que les mots peu fréquents.

⁶ Le voisinage phonologique d'un mot renvoie à l'ensemble des mots qui peuvent être formés par l'ajout, la substitution ou la suppression d'un phonème dans le mot. L'effet du voisinage phonologique implique que les mots possédant un voisinage nombreux et de haute fréquence sont traités plus lentement que les mots dont les voisins sont peu nombreux et de basse fréquence.

⁷ L'effet d'amorçage sémantique renvoie au fait qu'un mot est traité plus rapidement et plus efficacement lorsqu'il est précédé d'un mot sémantiquement lié ou apparenté.

⁸ Le point d'unicité d'un mot est défini comme le phonème à partir duquel ce mot diverge de tous les autres mots de la langue. Ce point spécifique influence l'efficacité avec laquelle les mots sont reconnus.

Accès lexical : synthèse et questionnement

Nous retenons de ce chapitre que le lexique interne correspond à l'ensemble des représentations associées à chaque unité lexicale que nous connaissons. Des réseaux neuronaux spécifiques responsables du traitement lexical ont été observés et identifiés. À partir de l'étude des LV, le rôle de ces réseaux formant une organisation corticale du lexique a beaucoup été étudié et mis en lien avec une compréhension efficiente du langage et en particulier du mot. Qu'en est-il pour les LS ? Ces observations sont-elles transposables aux langues à modalité visuo-gestuelle ? C'est un des objectifs de notre recherche : observer et décrire les mécanismes d'accès au lexique en LS.

3.2. Les facteurs psycholinguistiques qui influencent l'accès au lexique mental

L'objectif des psycholinguistes est de comprendre quels sont les facteurs influençant le traitement du langage, indépendamment de la modalité de la langue étudiée (en LV : Brysbaert et al., 2011 ; Adorni & Proverbio, 2012 ; Barber et al., 2013 ; en LS : Bosworth & Emmorey, 2010 ; Johnston, 2012 ; McGarry et al., 2023). Certains paramètres sont bien connus pour influencer la vitesse ou la précision des mécanismes de traitement. Nous détaillons ici le rôle de la fréquence lexicale, la familiarité, la concrétude et l'iconicité.

3.2.1. L'effet de fréquence

L'effet de fréquence lexicale sur le traitement de l'accès au mot a été mis en évidence par Howes & Solomon (1951) qui ont montré que les mots fréquents sont reconnus plus rapidement et plus précisément que les mots rares. C'est aujourd'hui l'un des effets les mieux établis en psycholinguistique et en psychologie cognitive (pour une revue, Brysbaert et al., 2018). La robustesse de cet effet de fréquence a été démontrée en utilisant des méthodes comportementales (Oldfield & Wingfield, 1965 ; Monsell et al., 1989 ; Alario et al., 2004 ; Bonin, 2007 ; Burani et al., 2007) mais aussi des méthodes d'évaluation neurophysiologiques comme l'EEG (Kutas & Hillyard, 1984 ; Van Petten and Kutas, 1990 ; Holcomb & Neville, 1991 ; Radeau et al., 1998). Cet effet de fréquence est considéré comme robuste car il a été observé dans de très nombreuses langues : en anglais (Monsell et al., 1989), en français (Ferrand et al., 2011 ; Cuetos et al., 2010), en espagnol (Cuetos et al., 2010), en italien (Burani et al., 2007) mais également en LS (en Langue des Signes américaine, ASL : Carreiras et al., 2008 ; Emmorey et al., 2020). Cet effet peut être mis en évidence grâce à différents types de tâches : décision lexicale (Monsell et al., 1989 ; Ferrand et al., 2011), lecture (Burani et al., 2007), dénomination orale (Monsell et al., 1989 ; Burani et al., 2007 ; Ferrand et al., 2011), catégorisation sémantique (Monsell et al., 1989 ; Emmorey et al., 2020) catégorisation

syntaxique (Monsell et al., 1989). C'est également une raison pour laquelle il est considéré comme un effet puissant dans l'accès lexical.

Pour l'étudier, il faut généralement commencer par recueillir des données de fréquence lexicale par le biais de corpus oraux ou écrits, comprenant de grandes quantités de données. Cependant, le concept de fréquence lexicale n'est pas univoque et doit être bien défini. On peut ainsi distinguer :

- la fréquence objective qui renvoie au nombre d'occurrences d'un mot dans des corpus écrits ou oraux : par exemple, en français, la base de données LEXIQUE 3 (New et al., 2005) ou le corpus de sous-titres SUBTLEX(US) de Brysbaert et New (2009).
- la fréquence subjective ou familiarité qui est définie par les locuteurs, à qui l'on demande d'évaluer la fréquence à laquelle ils reçoivent et produisent un mot donné dans leur langue quotidienne.

La fréquence (objective) est donc à distinguer de la familiarité (fréquence subjective) pour laquelle on retrouve cependant des effets semblables.

3.2.2. L'effet de familiarité

La familiarité est donc la mesure subjective de la fréquence à laquelle un mot est rencontré et utilisé par ses interlocuteurs. Elle est hautement corrélée à la fréquence lexicale (en LV : Ferrand et al., 2008 ; Thompson & Desrochers, 2009 ; Wang & Chen, 2020 et en LS : Fenlon et al., 2014). Si l'effet de fréquence lexicale est très robuste, des études ont démontré un effet de familiarité sur l'accès lexical indépendant de l'effet de fréquence (Gernsbacher, 1984 ; Connine et al., 1990 ; Emmorey, 1991 ; Newman & German, 2005 ; Stadthagen-Gonzalez & Davis, 2006). Les mots jugés très familiers sont traités plus rapidement dans une tâche de décision lexicale que les mots jugés moins familiers (en anglais : Newman & German, 2005 ; Stadthagen-Gonzalez & Davis, 2006). C'est également le cas en LS (en ASL : Emmorey, 1991). L'utilisation de la familiarité est une méthode fiable qui présente des avantages par rapport à la mesure de la fréquence lexicale objective, notamment car elle prend en compte le profil des locuteurs. Dans le cadre de l'étude de populations bilingues ou de locuteurs non-natifs, la familiarité serait un élément plus pertinent à utiliser car elle rend mieux compte de la fréquence d'exposition à un mot pour l'ensemble des locuteurs, y compris les locuteurs non-natifs, là où les mesures de fréquence lexicale objectives sont davantage adaptées à des locuteurs natifs et sont moins bien corrélées à l'âge d'acquisition de la langue (Wang & Chen, 2020). Gernsbacher (1984) a également démontré que la mesure de familiarité rendait mieux compte des interactions entre la fréquence lexicale et d'autres propriétés du lexique, telles que

la concrétude ou la polysémie, ce qui constitue un autre avantage de cette mesure. Enfin, Balota et al. (2001) rapportent que les évaluations de familiarité sont très homogènes entre plusieurs groupes de participants, ce qui renforce la fiabilité de cette mesure.

3.2.3. L'effet de concrétude

La concrétude est une propriété sémantique définie comme "le degré auquel les mots se réfèrent à des individus, des lieux ou des objets qui peuvent être perçus avec n'importe lequel de nos cinq sens" (Bonin et al., 2003). Son influence sur l'accès lexical est le sujet de nombreuses recherches. Ces recherches ont démontré que les mots concrets étaient reconnus plus rapidement que les mots abstraits lors de différentes tâches cognitives, telles que la décision lexicale ou la catégorisation sémantique (Goh et al., 2016). La relation plus forte entre les représentations sémantiques et lexico-phonologiques des mots concrets engendrerait une reconnaissance plus rapide et de meilleure qualité.

Deux théories divergentes tentent d'expliquer cet effet de concrétude : d'une part, la théorie du double codage (Paivio, 1991) et d'autre part, le modèle de la disponibilité du contexte (Schwanenflugel, 1991). Selon Paivio (1991), l'effet facilitateur de la concrétude provient d'une double représentation mentale des mots concrets, à la fois verbale et visuelle, alors que les mots abstraits ne génèrent qu'une représentation verbale. Plus précisément, le double codage des mots concrets dans le système sémantique verbal et dans le système sémantique non verbal (c'est-à-dire visuel) accélère l'activation des mots concrets par rapport aux mots abstraits, qui n'activent que le système sémantique verbal. Dans ce modèle, les pseudo-mots sont considérés comme ayant peu ou pas d'effet d'activation sémantique. Schwanenflugel (1991) postule que le traitement d'un mot abstrait est rendu plus difficile et plus lent par la plus grande difficulté à récupérer les informations générales et les connaissances liées au mot par rapport au traitement d'un mot concret. Sa théorie repose principalement sur l'importance des connaissances générales et du contexte, qui, selon les expériences menées, suffisent à l'individu pour traiter un mot abstrait aussi rapidement qu'un mot concret (Schwanenflugel et al., 1988 ; Schwanenflugel & Stowe, 1989). Comme ces deux théories coexistent, des études plus récentes se sont penchées sur l'effet de concrétude (Adorni & Proverbio, 2012 ; Barber et al., 2013 ; Welcome et al., 2011). Nous pouvons aujourd'hui dire que la présentation verbale et visuelle d'un mot concret et les connaissances générales sont tous deux des paramètres importants pour l'accès aux mots et leur reconnaissance.

3.2.4. L'effet d'iconicité

Nous avons défini la notion d'iconicité dans le chapitre précédent (voir 2.2.2. L'iconicité : le point de départ perceptif du lexique signé). Cette notion doit impérativement être prise en compte en LS, du fait de l'importance de cette propriété dans la création lexicale, et donc possiblement dans l'accès au lexique en LS. Des études sur l'iconicité en LS ont observé un effet d'iconicité dans des tâches sémantiques que certains auteurs appellent *iconicity advantage* (Thompson et al., 2009 ; McGarry et al., 2023). Ces travaux ont permis de comprendre que l'iconicité correspond à une relation structurée entre deux représentations mentales – forme phonologique et concept sémantique lié – qui se chevauchent plus ou moins (Emmorey, 2014 ; Trettenbrein et al., 2021). La ressemblance entre la forme et le sens d'un signe ne résulterait pas d'un fait objectif mais plutôt d'un processus d'interprétation du signe par rapport au réel (Taub, 2001).

Plusieurs études ont utilisé un paradigme de dénomination d'images (*picture-naming*) pour mettre en évidence cet avantage de l'iconicité (Pretato et al., 2018 ; McGarry et al., 2021 ; Gimeno-Martinez & Baus, 2022 ; Sehyr & Emmorey, 2022 ; McGarry et al., 2023). Deux hypothèses ont été émises pour expliquer cet effet :

- une hypothèse visuelle qui suppose que les signes iconiques sont traités plus rapidement car ils partagent davantage de traits visuels avec les images utilisées dans la tâche de dénomination que les signes non iconiques (McGarry et al., 2021)
- une hypothèse sémantique qui suggère que la reconnaissance lexicale active de façon plus importante les réseaux sémantiques car les caractéristiques sémantiques sensori-motrices seraient plus nombreuses et plus robustes pour des signes iconiques. (McGarry et al., 2021).

L'hypothèse sémantique est évoquée dans les études proposant une tâche manipulant l'interférence en LS (tâche type Stroop), dans lesquelles les participants ont été plus rapides pour donner la couleur des images dont les signes associés étaient plus iconiques (Pretato et al., 2018). Ces résultats suggèrent que l'avantage de l'iconicité provient davantage des réseaux sémantiques et en particulier des liens entre sémantique et phonologie, que de la ressemblance visuelle entre image et signe. Des résultats similaires ont été observés avec la même population de bilingues bimodaux LS-LV signeurs tardifs (Baus & Costa, 2015) et également avec des populations de signeurs natifs (Navarrete et al., 2017 ; Vinson, et al., 2015). D'autres travaux vont plutôt dans le sens de l'hypothèse visuelle (Gimeno-Martinez & Baus, 2022 ; McGarry et al., 2023), suggérant que l'effet facilitateur de l'iconicité dépend de la tâche utilisée. En effet, l'effet de l'iconicité a été majoritairement observé dans des tâches

utilisant un format de stimuli qui se superpose facilement aux caractéristiques sensori-motrices encodées dans la forme phonologique des signes iconiques (McGarry et al., 2021 ; McGarry et al., 2023). Les images ont cet avantage (Figure 16).



Figure 16. Signe LSF [HELICOPTERE]

Avec une tâche utilisant des images, Gimeno-Martinez & Baus, (2022) ont observé une corrélation entre iconicité et fréquence des signes au niveau comportemental. Dans une tâche de dénomination d'images, l'effet de l'iconicité (Temps de Réaction – TR – plus rapides) était plus important pour les signes peu fréquents par rapport aux signes très fréquents, c'est-à-dire que les locuteurs semblaient utiliser l'iconicité lorsque la récupération lexicale est plus complexe. Gimeno-Martinez & Baus (2022) avancent que l'iconicité possède un effet facilitateur dans la récupération lexicale, mais uniquement si les représentations sémantiques sont suffisamment mobilisées par la tâche. L'iconicité interviendrait davantage lors d'expériences utilisant un matériel visuel comme des images. McGarry et al. (2023) rapportent des résultats similaires avec des sourds signeurs natifs et précoces en utilisant conjointement les mesures comportementales et électroencéphalographiques. L'accès lexical serait plus rapide (TR réduits) et moins complexe (onde N400, reflétant le traitement de l'accès au lexique, moins intense) pour des signes iconiques. Cet effet d'iconicité est observé lors d'une tâche de dénomination proposant des images mais pas dans une tâche de traduction, sans stimuli visuel imagé. Bosworth & Emmorey (2010) ont observé que l'iconicité n'avait pas en revanche d'impact sur l'activation sémantique, c'est-à-dire que les signes iconiques n'étaient pas reconnus plus rapidement ou plus précisément que les signes non iconiques.

Finalement, l'effet d'iconicité semble dépendre de plusieurs facteurs : le type de tâche utilisé (Bosworth & Emmorey, 2010 ; Gimeno-Martinez & Baus, 2022 ; McGarry et al., 2023) et le

profil des signeurs, notamment en fonction de l'âge d'acquisition de la LS (Baus et al., 2013 ; Ortega, 2017 ; Pretato et al., 2018). Baus et al. (2013) suggéraient que l'iconicité était bénéfique pour les apprenants novices car elle faciliterait la mémorisation des signes dans les premières étapes de l'apprentissage de la LS chez l'adulte. De même, des travaux dans plusieurs LS ont conclu que l'effet facilitateur de l'iconicité serait observable uniquement dans le cadre d'une acquisition tardive de la LS ou pour des apprenants L2 (Vinson et al., 2015 en BSL ; Pretato et al., 2018 en Langue des Signes Italienne, LIS. ; Ortega, 2017 pour une revue). Plus la LS est acquise tardivement, plus le locuteur utilise l'iconicité pour faciliter le traitement du langage, notamment en production. En revanche, selon Vinson et al. (2015), l'iconicité affecte le traitement du langage de manière générale et non de façon spécifique pour certaines tâches. Il semble que le lien d'image fort qui peut exister entre le signe et le concept facilite l'encodage du lexique par les apprenants L2 des LS et en compréhension, les traits phonologiques iconiques facilitent la récupération des caractéristiques conceptuelles des objets correspondants ce qui concorde avec la théorie de l'iconicité de Taub (2001).

Les facteurs psycholinguistiques qui influencent l'accès lexical : synthèse et questionnement

À partir de l'étude des LV, certains facteurs ayant un impact sur la qualité et la rapidité de l'accès au mot ont été identifiés. Ces facteurs, que nous appelons facteurs psycholinguistiques, sont notamment la fréquence lexicale, la familiarité, la concrétude et, de façon plus spécifique aux LS, l'iconicité. L'implication de ces facteurs sur l'accès lexical n'a, à notre connaissance, jamais été démontrée en LSF et cela constitue un des objectifs de ce travail de thèse. Aussi, l'étude de ces facteurs et notamment l'étude du facteur iconicité pour lequel plusieurs explications co-existent actuellement, nous permettra de mieux comprendre le rôle de la modalité langagière sur l'accès lexical. Plus précisément, les effets de certains facteurs sur l'accès au mot sont-ils observables dans le cas de l'accès au signe ?

3.3. L'apport de la neurophysiologie dans la compréhension des mécanismes de traitement du langage

C'est en 1929 que le neurologue allemand Hans Berger a découvert qu'il était possible de mesurer l'activité électrique du cerveau humain en plaçant une électrode sur le cuir chevelu, en amplifiant le signal obtenu et en observant les variations de tension électrique dans le temps (Berger, 1929). Cette méthode est appelée électroencéphalographie (EEG). Plusieurs expériences ont montré que l'EEG pouvait être modulé par des événements extérieurs, notamment par des processus neurocognitifs (Kutas & Hillyard, 1980 ; Osterhout & Holcomb, 1992). Une des difficultés rencontrées avec les données EEG brutes est cependant de comprendre quels signaux neurobiologiques sont liés à quels processus neurocognitifs car les informations recueillies reflètent une activité simultanée d'un très grand nombre de processus. En plus de cela, des interférences électromagnétiques peuvent être présentes et venir bruyé le signal. Pour contourner ces problèmes méthodologiques, l'usage est de calculer la moyenne des signaux observés sur un temps donné, en réponse à un événement identifié (présentation d'un son, d'une image, d'un mot, etc.). Par ce procédé, l'activité non liée à l'événement (comme l'activité cérébrale aléatoire, l'activité musculaire ou les réponses au bruit ambiant) est masquée tandis que le signal recherché est amplifié et devient plus facilement observable et interprétable. Cette procédure conduit donc à faire ressortir des ERP (Event-Related Potentials), c'est-à-dire un potentiel électrique qui traduit un changement de voltage lié à un mécanisme cognitif particulier. On notera que si la résolution temporelle de l'EEG est excellente, sa résolution spatiale est limitée et ce, pour deux raisons principales : la présence d'interférences entre toutes les sources d'activités neuronales captées en simultanément à la surface du crâne et le faible rapport signal/bruit. Des techniques de reconstruction de source se développent toutefois depuis une vingtaine d'années pour pallier cette limitation. Elles consistent à modéliser la boîte crânienne et le cerveau ainsi que les caractéristiques de propagation des différents tissus et d'inférer mathématiquement, à partir du modèle, l'origine du signal. L'EEG est parfois couplée à l'IRM pour mieux observer les localisations de l'activité cérébrale.

3.3.1. Les ERP en jeu dans le traitement du langage

L'EEG est particulièrement utilisée pour étudier les mécanismes de traitement du langage car elle possède plusieurs avantages (Kaan 2007 ; Pélissier, 2020). Tout d'abord, l'EEG permet un enregistrement des données en temps réel et en continu pendant le traitement d'un stimulus, depuis sa présentation jusqu'à l'activation d'une réponse (traitement on-line). C'est une des différences majeures avec les expériences comportementales où les données sont

enregistrées après le traitement du stimulus, au moment de la réponse produite par le participant. L'EEG donne ainsi accès au déroulement des mécanismes de traitement dans le temps et non uniquement à leurs conséquences (réponse à un stimulus). L'EEG présente à cet égard une excellente résolution temporelle (de l'ordre de la centaine de millisecondes) ce qui permet d'étudier des processus cognitifs rapides tels qu'impliqués dans le traitement du langage. Cette haute résolution temporelle permet également d'observer différents processus qui se déroulent de façon simultanée, ce qui est courant dans le cas du traitement du langage. Par exemple, lors de la compréhension d'une phrase, le traitement acoustique perceptif, phonologique, sémantique et syntaxique sont des étapes qui se déroulent sur une très courte période (de l'ordre de 1000 millisecondes), en quasi-simultané. Enfin, un dernier avantage est qu'une réponse comportementale n'est pas nécessaire pour interpréter les données bien qu'il soit possible et fréquent d'en recueillir une. L'EEG peut donc être utilisé auprès de populations pour lesquelles il est difficile ou impossible d'obtenir une réponse, comme cela peut être le cas des bébés, ou encore dans des situations où la réponse motrice affecterait le traitement des données (i.e. études axées sur l'attention).

Plusieurs composantes ERP présentent un intérêt particulier pour l'étude du traitement du langage (Tableau 1). Les ERP sont traditionnellement désignés en fonction de leur polarité⁹ positive (P) ou négative (N) et de la latence de leur pic (e.g. N400, P600). Dans le domaine du langage, plusieurs ERP sont définis en fonction de leur localisation (e.g. Left Anterior Negativity ou LAN ; P600 postérieure). Les différentes ondes du PE peuvent être modulées par de nombreux facteurs, exogènes (dépendants de la stimulation) et/ou endogènes (dépendants de la tâche ou de l'état interne du sujet) et ont fait l'objet d'un très grand nombre d'études depuis une soixantaine d'années. La table ci-dessous résume les principaux ERP étudiés dans le domaine du langage et les processus cognitifs associés.

⁹ La polarité n'est pas informative au niveau cognitif. Elle est arbitraire dans le sens où elle dépend d'un point de référence généralement situé au niveau des mastoïdes, derrière les oreilles.



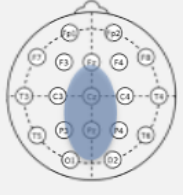
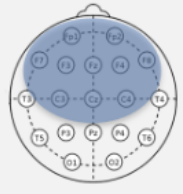

Onde	Processus	Latence	Distribution
ELAN (Early Left Anterior Negativity)	Violation syntaxique (Friederici, 2002)	100 – 300 ms	
LAN (Left Anterior Negativity)	Violation morphosyntaxique (Gunter et al., 2000 ; Angrilli et al., 2002)	300 – 500 ms	
N400	Violation sémantique (Kutas & Hillyard, 1980)	300 – 500 ms (pic autour de 400 ms)	
P600 frontale	Réanalyse et réparation / Résolution d'ambiguïtés / Traitement de la complexité syntaxique (Friederici et al., 2002 ; Kaan & Swaab, 2003)	600 – 1000 ms	
P600 centro-postérieure	Réanalyse et réparation des informations syntaxiques (Osterhout & Holcomb, 1992)	600 – 1000 ms	

Tableau 1. Principaux ERP étudiés dans le traitement du langage

3.3.2. Les composantes du traitement syntaxique : LAN et ELAN

La LAN – *Left-Anterior Negativity* – est une négativité antérieure gauche dont le pic d'intensité est situé entre 300 et 500 ms après la présentation d'un mot. Elle est maximale sur les sites antérieurs gauche bien que parfois observée sur les sites antérieurs bilatéraux. La LAN a été identifiée en réponse à des violations de catégories de mots (Rossi et al., 2005) ou à des violations morphosyntaxiques (Friederici et al., 2004 ; Molinaro et al., 2011), en particulier des violations grammaticales de l'accord sujet-verbe en contexte de phrases (Angrilli et al., 2002)

ou de l'accord en genre (Gunter et al., 2000). Certains évoquent également un lien avec la charge en mémoire de travail (Fiebach et al., 2002 ; Foucart & Frenck-Mestre, 2012). Par ailleurs, la LAN n'a pas été trouvée dans certains contextes où elle était attendue : absence de négativité sur la fenêtre temporelle 300-500 ms en réponse à une violation grammaticale du genre de l'adjectif qualificatif (Foucart & Frenck-Mestre, 2012).

À la différence de la LAN associée principalement à la détection d'erreurs morphosyntaxiques, la composante ELAN – *Early Left-Anterior Negativity* – serait associée à la détection d'erreurs syntaxiques pures, comme la violation de l'ordre des mots dans une phrase et également des catégories de mots. Friederici (2002) fait un parallèle étroit entre ses deux composantes et qualifie ELAN de LAN très précoce. En effet, le pic d'amplitude de l'ELAN a été observé dans les régions frontales préférentiellement à gauche, autour de 150 ms et plus largement entre 100 et 300 ms après la présentation d'un stimulus (Deutsch & Bentin, 2001 ; Friederici, 2002 ; Steinhauer & Drury, 2012 ; Alekseeva et al., 2020). Ainsi, dans son modèle neurocognitif du traitement du langage, Friederici (2002) défend l'idée que le traitement de la structure de la phrase à partir des indices syntaxiques de la catégorie de mots intervient entre 100 et 300 ms dans ce qu'elle appelle la phase 1. ELAN reflèterait donc les perturbations survenant pendant cette première étape d'analyse précoce de la structure de la phrase, notamment dans le cas de violations de catégorie de mots (Friederici, 2002). Dans ce qui est appelé la phase 2 par Friederici (2002), des violations morphosyntaxiques et/ou des conflits lexico-sémantiques peuvent provoquer les composantes LAN ou N400 mais cela ne se passe qu'après la vérification de la structure de phrase et implique que l'ELAN prime généralement sur les ondes plus tardives (LAN et N400) lorsqu'une violation syntaxique est détectée de façon précoce. Autrement dit, on ne retrouve généralement pas de co-occurrence de ELAN avec LAN ou N400 (Friederici, 2002 ; Steinhauer & Drury, 2012). Ce processus d'analyse syntaxique précoce est un mécanisme hautement automatique. Dans les cas où une anomalie en lien avec la structure de phrase (et notamment la catégorie de mots) est détectée, la réponse automatique ELAN est observée mais des processus de réanalyse et de réparation plus contrôlés génèrent également de façon plus tardive une positivité autour de 600 ms (P600) (Steinhauer & Drury, 2012 ; Alekseeva et al., 2020).

LAN et ELAN sont donc toutes deux des composantes antérieures, localisées notamment sur les aires frontales. Cela s'explique par le rôle fonctionnel de cette zone neuroanatomique. En effet, les régions antérieures sont plus précisément associées au traitement neurolinguistique de la syntaxe et de la morphosyntaxe (voir Les modèles neurocognitifs du traitement du langage). En LS, ces deux ondes antérieures ont également été observées en réponse à des violations syntaxiques pour ELAN (Capek et al., 2009) et morphosyntaxiques pour LAN (Capek

et al., 2009 ; Hänel-Faulhaber et al., 2014) et plus précisément dans le cadre de violation syntaxique de l'accord verbal.

3.3.3. N400 et accès lexical

Une onde-réponse très étudiée dans le traitement du langage est la N400 : il s'agit d'une large négativité dont la distribution, ou localisation, est centro-pariétale dont le pic d'intensité se situe autour de 400 ms après la présentation du stimulus. La N400 est généralement associée au traitement lexico-sémantique et donc, à la violation sémantique d'une phrase. Kutas & Hillyard (1980) ont identifié les premiers cette N400 avec une expérience opposant des phrases sémantiquement correctes à des phrases présentant une anomalie de nature sémantique. La tâche proposée était une tâche de compréhension de phrases et l'incongruité sémantique portait sur le dernier mot des phrases, comme dans l'exemple de la Figure 17 '*He spread the warm bread with *socks*' (Il a tartiné le pain chaud avec des *chaussettes). Une négativité était alors observée en réponse au traitement du dernier mot de la phrase qui était sémantiquement incongru. Plus ce dernier mot était inattendu et incongruent, plus la négativité était intense.

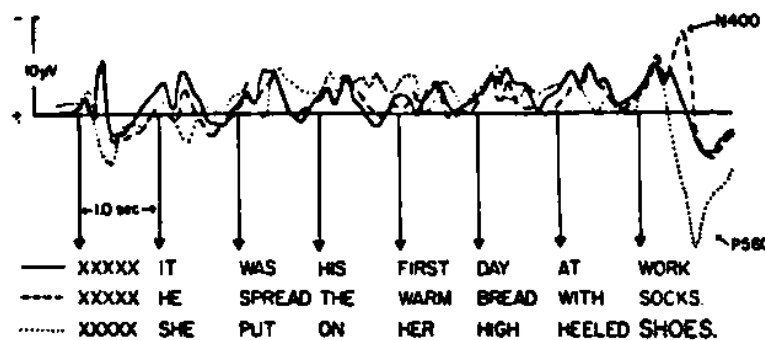


Figure 17. Première représentation de la N400 issue de Kutas & Hillyard (1980).

Le pic de cette négativité survenait environ 400 ms après la présentation du mot-cible (Kutas & Hillyard, 1980). Depuis, de nombreuses études ont reproduit de telles expériences pour mettre en évidence la N400 associée à la détection d'anomalies sémantiques et ce, dans différentes langues telles que le néerlandais, le français, l'allemand et l'italien, ainsi que dans différentes modalités, auditive ou visuelle (Balconi & Pozzoli, 2004 ; Isel et al., 2007 ; Kutas & Federmeier, 2009 ; Kyriaki et al., 2020). La N400 a aussi été observée lors du traitement d'une langue à modalité signée (ASL : Kutas, Neville & Holcomb, 1987 ; Kutas & Van Petten, 1994 ; Hänel-Faulhaber et al., 2014). On retrouve également une réponse N400 dans des expériences d'amorçage sémantique (Kutas & Federmeier, 2011). Les études ont largement montré que la reconnaissance de la cible est plus rapide lorsque le stimulus principal a une relation sémantique (ou associative) avec le mot cible : c'est ce qu'on appelle l'effet

d'amorçage sémantique (Franklin et al., 2007). La N400 est donc élicitée dans des contextes d'anomalies sémantiques mais aussi lors du traitement de paires de mots non reliés, ce qui indique que l'effet peut apparaître en dehors d'un contexte de phrases. L'effet N400 qui est un phénomène robuste et facilement observable, apparaît toujours en lien avec le traitement de l'accès au mot. Ainsi, au niveau cognitif, la N400 est considérée comme un biomarqueur de l'accès lexical. Concernant l'implémentation de cette étape de traitement, deux hypothèses sont débattues depuis longtemps : la première hypothèse qui soutient que les processus mis en jeu sont contrôlés, c'est-à-dire activés intentionnellement, et qu'ils impliquent des ressources attentionnelles, et la seconde qui suggère que les processus seraient plutôt automatiques, et que l'attention et la conscience à la tâche ne seraient pas nécessaires. À ce sujet, en ce qui concerne les processus attentionnels, des travaux ont permis d'observer qu'ils pouvaient plus ou moins moduler l'intensité de la N400 (Wang et al., 2017 ; Holcomb, 1988). Holcomb (1988) a notamment constaté que l'amplitude de la N400 était plus grande si l'on donnait au participant l'instruction spécifique de se concentrer sur l'amorce. Cependant, de plus en plus de données suggèrent que des effets N400 peuvent être observés même lorsque la tâche proposée et les stimuli utilisés ne suscitent qu'une faible prise de conscience, comme pour des stimuli masqués (Deacon et al., 2000 ; Kiefer et Brendel, 2006), pendant le clignement attentionnel¹⁰ (Peressotti et al., 2012), ou encore pendant certains stades du sommeil (Diezig et al., 2023).

Concernant la distribution de la N400, la plupart des études rapportent un effet très largement distribué sur le scalp, c'est-à-dire avec une localisation étendue à une grande partie de la surface du crâne (Kutas & Hillyard, 1980 ; Kutas & Van Petten, 1994 ; Isel et al., 2007 ; Kutas & Federmeier, 2011 ; Kyriaki et al., 2020). On retrouve cependant la mention de quelques régions où l'effet est maximal : les sites centro-pariétaux (Kutas & Hillyard, 1980) ou fronto-centraux (Hänel-Faulhaber et al., 2014).

Finalement, l'ensemble des études citées permettent de conclure que l'onde N400 reflète l'intégration sémantique d'un mot dans son contexte (accès lexical), et notamment un traitement sémantique précoce qui implique l'accès aux connaissances sémantiques (Kutas, Neville & Holcomb, 1987 ; Kaan, 2007 ; Kutas & Federmeier, 2009 ; Pélissier, 2020).

¹⁰ Le clignement attentionnel (*attentional blink*) peut survenir lorsque, lors de la présentation rapide d'une suite de stimuli visuels (mots, suite de lettres, symboles), l'intervalle entre deux stimuli est trop court. Il a été mis en évidence au travers d'expériences proposant une tâche de présentation visuelle rapide et sérielle (RSVP) (Raymond et al., 1992).

3.3.4. P600 centro-postérieure associée au traitement syntaxique

Les violations (morpho)syntaxiques génèrent le plus souvent un schéma biphasique chez les locuteurs natifs d'une langue : (E)LAN suivie de P600 (Osterhout & Holcomb, 1992 ; Friederici, 2002) (Figure 18).

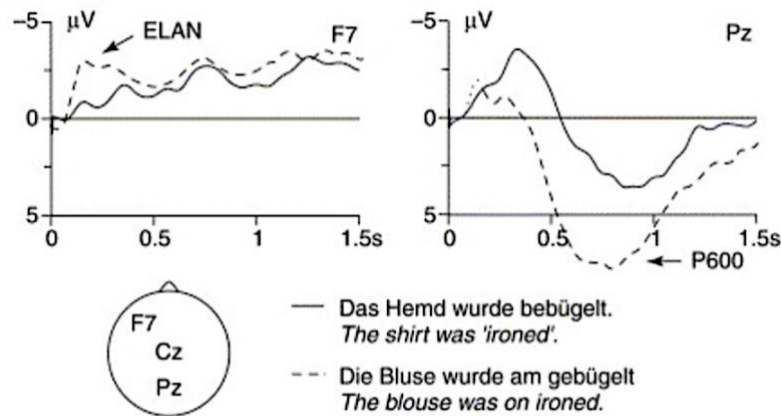


Figure 18. Schéma biphasique ELAN/P600 en réponse à une violation syntaxique issue de Friederici (2002).

On suppose que ce schéma reflète la succession de deux étapes distinctes du traitement syntaxique : (1) la détection automatique et implicite de l'incongruité morphosyntaxique et (2) les processus de réanalyse plus conscients et contrôlés engagés pour réparer l'input en vue d'une meilleure interprétation (Pélissier, 2020). Cette onde tardive P600 se traduit par une positivité dont le pic se situe entre 600 et 1000 ms post-stimuli, et reflète la seconde étape du traitement syntaxique. L'effet est principalement observé sur les sites centro-pariétaux (Friederici et al., 2002 ; Van Herten et al., 2005 ; Puhacheuskaya, 2021) et postérieurs (Kaan & Swaab, 2003 ; Chen et al., 2007 ; Capek et al., 2009 ; Molinaro et al., 2011 ; Isel & Kail, 2018). Cet effet P600 est robuste et survient en réponse à différents types de violations morphosyntaxiques impliquant par exemple la structure de la phrase (Friederici et al., 2002 ; Steinhauer & Drury, 2012), les accords (Rossi et al., 2005 ; Chen et al., 2007 ; Molinaro et al., 2011 ; Batterink & Neville, 2013 ; Isel & Kail, 2018), la catégorie de mots (Rossi et al., 2005 ; Batterink & Neville, 2013). Il a été observé dans différentes langues (l'anglais, le néerlandais, le français) et dans des situations expérimentales à la méthodologie variable (rythme de présentation des mots, modalité de présentation, type de stimuli et tâche proposée). Dans tous ces types de violation, l'effet P600 est présenté comme reflétant un mécanisme d'analyse et de réparation des informations syntaxiques de la phrase suivant la détection d'une incongruité (Osterhout & Holcomb, 1992).

Dès les premières observations de la présence d'effet P600 dans les cas de violations sémantiques (Van Herten et al., 2005 ; Kim & Osterhout, 2005), le statut unique de la P600 comme trace de la réanalyse syntaxique a été remis en question (Puhacheuskaya, 2021). Plusieurs chercheurs ont interprété cet effet P600 plus largement qu'un effet de réanalyse purement syntaxique : par exemple, Van de Meerendonk et al. (2009) suggèrent que la P600 traduirait en réalité le recrutement important des ressources attentionnelles et exécutives en lien avec la réanalyse globale du message entrant. Plus précisément, ils expliquent que l'effet P600 n'est pas exclusivement généré par des processus d'analyse syntaxique mais plutôt par une forte violation des attentes sur tous les niveaux du traitement cognitivo-linguistique, contredisant ainsi l'hypothèse de la P600 associée spécifiquement au traitement syntaxique. Les auteurs en déduisent également que le traitement du langage n'est pas un processus entièrement automatisé et qu'il fait appel au contrôle exécutif. Ce mécanisme de contrôle exécutif et attentionnel n'est pas actif en permanence et se déclenche uniquement quand un conflit est détecté dans le message entrant.

Plusieurs autres équipes (Kolk et al., 2003 ; Van Herten et al., 2005 ; Kim & Osterhout, 2005 ; Kuperberg et al., 2007) ont présenté des phrases syntaxiquement correctes mais avec une attribution de rôle thématique peu plausible (*The cat that fled from the mice* pouvant se traduire par *Le chat qui s'est enfui de la souris*). Ces modèles de phrases sollicitent de façon indépendante et contradictoire le système d'analyse syntaxique et les connaissances sémantiques et pragmatiques. Pour accéder au sens, Van Herten et al. (2005) ont supposé que les participants utiliseraient une stratégie de plausibilité et interpréteraient la phrase en combinant les éléments lexicaux de la manière la plus plausible. Plus précisément, les participants s'appuieraient de façon plus importante sur des indices sémantiques, possiblement au détriment des indices syntaxiques, pour obtenir le sens global de la phrase au lieu de procéder à une analyse syntaxique complète (Zheng & Lemhöfer, 2019). Ces phrases, qualifiées d'illusions sémantiques (Brouwer et al., 2012 ; Puhacheuskaya, 2021), proposent systématiquement une violation de l'arrangement des rôles thématiques mais Van Herten et al. (2005) ont de plus fait varier le nombre de l'agent et du patient. Ils ont observé un effet P600 avec une distribution centro-pariétale pour toutes les phrases, indépendamment des variations en nombre ce qui leur a permis de conclure, de façon analogue aux travaux de Kolk et al. (2003) que la présence de la P600 n'était pas uniquement la conséquence d'une erreur syntaxique mais pouvait aussi refléter un processus de contrôle et de réanalyse du sens de la phrase et notamment de sa plausibilité. Ces résultats ont particulièrement bousculé les principes des modèles de traitement du langage dit *syntax-first* selon lesquels le traitement de

la syntaxe précède celui de la sémantique dans le processus de compréhension d'une phrase (Bornkessel-Schlesewsky & Schlewsky, 2008).

En LS, l'effet P600 centro-postérieur a également été observé dans certains travaux, suggérant que le processus de réanalyse syntaxique serait amodal (Capek et al., 2009 ; Hänel-Faulhaber et al., 2014). Cependant, dans l'étude d'Hänel-Faulhaber et al. (2014), la composante P600 a été observée entre 1000 et 1300 ms post-stimuli, soit beaucoup plus tardivement que dans le reste de la littérature en LV ou en LS. Cette différence est expliquée par les auteurs par un effet de coarticulation, i.e les durées plus ou moins longues des transitions entre les signes. À ce sujet, Meier (2002) rapporte que la durée d'un signe est en moyenne deux fois plus longue que celle d'un mot ce qui implique également que la coarticulation signée soit plus lente que la coarticulation vocale : les déplacements des mains dans l'espace allongent les temps de coarticulation par rapport aux déplacements des articulateurs oro-buccaux des LV. Cette contrainte spécifique à la LS a conduit l'équipe d'Hänel-Faulhaber et al. (2014) à redéfinir le début du signe comme étant le premier changement d'emplacement détectable par rapport au signe précédent. Sachant que l'emplacement serait détectable avant la configuration manuelle dans le décours temporel de la perception d'un signe (Emmorey & Corina, 1990), ce choix méthodologique a été pris par l'équipe afin d'anticiper la réalisation complète du signe (configuration, mouvement, orientation) pour ne pas perdre d'informations phonologiques et sémantiques. Cet ajustement aurait pour conséquence de décaler la latence de la réponse P600 puisque le début du signe est fixé de façon plus précoce que dans les autres études LS, dans lesquelles le point de départ du signe coïncide souvent avec la première configuration détectable (Capek et al., 2009) ou avec la configuration du signe combinée à l'emplacement-cible (Emmorey et al., 2020).

3.3.5. P600 frontale associée à la réanalyse et à la complexité

La P600 découverte par Osterhout & Holcomb (1992) associée au traitement syntaxique a surtout été détectée au niveau des régions centro-postérieures. Cependant, des effets P600 ont également été observés avec une distribution frontale. Si Friederici et al. (2002) distinguent le mécanisme de réanalyse syntaxique associé à une P600 frontale, et le processus de réparation syntaxique reflété par une P600 centro-pariétale, d'autres chercheurs émettent différentes hypothèses sur la P600 frontale, attribuée à des mécanismes cognitifs distincts et plus spécifiques. La P600 distribuée sur les régions frontales pourrait être reflétée par le traitement de phrases plausibles mais peu attendues (ou peu prévisibles) (Kutas, 1993 ; Delong et al., 2011). C'est le cas de la phrase : *The baby weighed six pounds at noon*, que

l'on peut traduire par « Le bébé pesait six livres à midi » et où la fin la plus prédictible serait *at birth* « à la naissance » (Kutas, 1993). Pour ce type de phrases, la P600 frontale refléterait l'inhibition des candidats prédits dans le lobe frontal lors d'un mécanisme de complétion de phrase par anticipation, alors que la P600 centro-pariétale serait davantage liée à la réanalyse de la phrase. Les substrats neuroanatomiques correspondant pourraient participer à expliquer ces différences : le lobe frontal serait davantage recruté pour les processus exécutifs comme l'inhibition et le contrôle impliqués dans l'anticipation d'un mot très attendu par rapport au contexte ou l'inhibition du mot anticipé pour intégrer le mot effectivement proposé, alors que les réseaux neuronaux responsables de la compréhension du matériel langagier seraient situés dans les aires temporo-pariétales (voir Les modèles neurocognitifs du traitement du langage).

Certains chercheurs ont émis l'hypothèse que la distribution frontale de la P600 pourrait refléter le traitement de la complexité syntaxique du message (Friederici et al., 2002 ; Kaan & Swaab, 2003). Friederici et al. (2002) ont postulé que la composante P600 frontale n'apparaissait pas uniquement dans le cadre d'une réanalyse/réparation des éléments ambigus d'une phrase, mais qu'elle était également observée en lien avec l'augmentation de la complexité. Dans une étude comparant des structures de phrases simples et complexes, le traitement des structures complexes a généré une P600 frontale alors que ce n'était pas le cas pour les structures simples. Toutes les phrases ayant été créées dans l'objectif de fournir un stimulus correct sur les plans sémantique et syntaxique et sans élément ambigu, ces résultats permettent effectivement de conclure à un lien entre la complexité syntaxique et la composante P600, et en particulier la distribution frontale de la P600. Parallèlement, les travaux de Kaan et al. (2000) indiquent que la complexité syntaxique génèrerait une P600 postérieure (assimilable à la composante P600 centro-postérieure décrite plus haut) et non frontale. Dans leurs travaux, Kaan et al. (2000) ont constaté une P600 avec une distribution postérieure en réponse au traitement de mots complexes complétant des phrases syntaxiquement correctes avec des niveaux de complexité variable (c'est-à-dire contenant des propositions relatives introduites par le plus complexe *who* – qui, ou le moins complexe *whether* – si). Kaan & Swaab (2003) suggèrent qu'une augmentation de la complexité en général est un phénomène insuffisant pour générer la positivité frontale décrite par Friederici et al. (2002). Après des expériences, Kaan & Swaab (2003) observent deux composantes P600 qu'ils distinguent :

- une P600 entre 500 et 1100 msec avec une distribution postérieure qui peut être associée à des difficultés de traitement syntaxique liées à la fois à la réparation et à la

réanalyse, ainsi qu'à la gestion de certains types de complexité directement liés à la structure de la phrase.

- une P600 frontale entre 500 et 900 msec qui n'est pas en lien direct avec les processus de réanalyse syntaxique mais qui serait associée à la résolution d'ambiguïtés, et donc à la complexité du message.

Dans la continuité de ces travaux, Regel et al. (2014) ont analysé les composantes P600 observées en réponse à des violations syntaxiques, pragmatiques (phrases contenant de l'ironie) et syntaxico-pragmatiques. Ils en ont conclu que les réponses P600 associées à chaque violation présentaient des distributions différentes : une P600 largement distribuée en réponse à une violation syntaxique pure, ce qui pourrait correspondre à la P600 postérieure de Kaan & Swaab (2003) et une P600 visible principalement sur les régions centrales accentuées dans l'hémisphère droit et centro-pariétales dans les deux hémisphères en réponse à la présentation de phrases syntaxiquement et pragmatiquement correctes mais contenant de l'ironie. Regel et al. (2014) en déduisent donc un effet P600 lié au traitement d'une phrase pragmatiquement complexe, ce qui pourrait aussi rejoindre les observations de Kaan & Swaab (2003) sur la complexité du message par la résolution d'ambiguïtés, l'ironie pouvant être perçue comme un élément ambigu.

3.3.6. Le schéma N400/P600 ou l'intrication des niveaux syntaxique et sémantique

Nous avons vu que l'onde N400 reflète un mécanisme d'accès lexical (Kutas, Neville & Holcomb, 1987 ; Kaan, 2007 ; Kutas & Federmeier, 2009 ; Pélissier, 2020). Parallèlement, la P600 reflète divers mécanismes de réanalyse/réparation syntaxique, de réanalyse/réparation globale, de complexité syntaxique du discours et de violations d'attentes en lien avec la plausibilité (Kaan et al., 2000 ; Friederici et al., 2002 ; Kaan & Swaab, 2003 ; Regel et al., 2014 ; Zheng & Lemhöfer, 2019). Parallèlement, l'implication de la N400 lors de violations syntaxiques suggère également que les locuteurs d'une langue peuvent s'appuyer sur des indices lexico-sémantiques en complément des stratégies basées sur des règles pour traiter la syntaxe. La N400 a par exemple été observée en réponse à certains types d'incongruité syntaxique comme la violation de la catégorie d'un mot (Guo et al. 2009) ou l'accord sujet-verbe (Xue et al. 2013 ; Tanner & van Hell 2014) ou encore l'accord de l'adjectif (Hagoort, 2003).

L'approche *Retrieval – Integration* de Brouwer et al. (2012) apporte un regard intéressant sur le déroulement du traitement du langage et notamment sur l'intrication des composantes N400/P600. Selon eux, et de façon similaire aux observations initiales de Kutas & Hillyard

(1980), Osterhout & Holcomb (1992) et Friederici (2002), les composantes N400 et P600 reflètent deux étapes de traitement distinctes et successives. La composante N400 correspond à une phase de récupération (*retrieval*) pendant laquelle les propriétés syntaxiques et sémantiques de chaque élément du message sont récupérées depuis la mémoire à long terme pour être analysées. La phase N400 traduit donc une étape de détection et de récupération et non une étape de traitement ou de réparation. La composante P600 correspond quant à elle à l'intégration des informations lexicales, sémantiques et syntaxiques et son amplitude dépend de la présence ou non d'un conflit empêchant la représentation cohérente du message. Ce conflit peut être la violation de règles syntaxiques, une incongruence sémantique ou encore un référent introduit dans une phrase et qui n'a pas été présenté préalablement, ce qui nécessite une inférence pour comprendre le sens (Burkhardt, 2006). Le nombre d'anomalies et leur complexité rendent l'intégration de l'input plus difficile et génèrent par conséquent une plus grande amplitude de la P600. La P600 serait également très sensible à la tâche en lien avec le recrutement plus important des ressources attentionnelles nécessaires pour effectuer une tâche coûteuse en charge cognitive. Brouwer et al. (2012) considèrent enfin que le schéma N400/P600 se produit pour chaque élément d'une phrase et l'étape finale de la phase de récupération N400 sert d'étape initiale pour la phase d'intégration P600.

La neurophysiologie et la compréhension des mécanismes de traitement du langage : synthèse et questionnement

Ce chapitre met en lumière que le traitement d'un mot, peu importe la modalité, se déroule sur une très courte période (généralement de l'ordre de 1000 ms). Du fait de ses avantages techniques, l'utilisation de l'EEG a permis de mettre en évidence plusieurs ondes fondamentales dans la compréhension des mécanismes de traitement du langage : ELAN et LAN, des ondes antérieures responsables d'une analyse syntaxique et morpho-syntaxique ; N400, associée au traitement lexico-sémantique ; deux composantes P600, une à la distribution centro-postérieure responsable d'une réanalyse syntaxique tardive et une observée sur les régions frontales, dont le rôle fonctionnel est encore débattu mais qui pourrait refléter la complexité (syntaxique ou pragmatique) du message. Ces composantes neurophysiologiques ont d'abord été identifiées à partir de travaux en LV. À ce jour, en LS, les données sont rares concernant l'existence de composantes similaires, voire identiques, associées au traitement d'un signe. Cependant, des premiers travaux dans certaines LS (ASL, DGS notamment) ont conduit à la description des mêmes ondes N400 pour le traitement sémantique et ELAN, LAN et P600 pour le traitement syntaxique (Capek et al., 2009 ; Hanël-Faulhaber et al., 2014). L'observation d'ondes similaires en réponse au traitement de phrases signées en LSF constitue un des axes de notre travail. Nous souhaitons apporter de nouvelles données neurophysiologiques dans une LS pour laquelle aucune investigation de ce type n'a été menée et ainsi, éclaircir les rôles de la P600 encore flous et vérifier l'impact de la coarticulation signée sur le déroulement temporel du traitement d'un signe.

3.4. Les modèles théoriques de la reconnaissance lexicale

Suite aux découvertes d'Oldfield (1966) et de Treisman (1960), on distingue aujourd'hui deux grandes familles de modèles d'accès au lexique :

1. les modèles d'activation, d'inspiration biologique, qui postulent l'existence d'un système qui détecte et analyse les propriétés des unités du lexique. C'est par exemple le cas du modèle logogène de Morton (1969).
2. et les modèles de recherche, en lien avec les travaux sur l'intelligence artificielle, qui considèrent le lexique comme une base de donnée et qui font un parallèle entre la reconnaissance d'un mot et un algorithme de recherche parmi toutes les entrées possibles dans un dictionnaire (Segui, 2015). C'est notamment le cas du modèle de recherche de Forster (1976).

Il existe un grand nombre de caractéristiques associées à chacun des modèles existants : on parle ainsi de modèle passif ou actif, autonome ou interactif et sériel ou parallèle. Nicolas (2003) explique d'ailleurs que ces trois dimensions permettent de distinguer la plupart des modèles d'accès au lexique. Les modèles dits passifs (modèle logogène de Morton, 1969 ; modèle de McClelland et Rumelhart, 1981) évoquent des mécanismes d'accès direct qui découlent d'une activation passive des représentations lexicales stockées en mémoire. Au contraire, les modèles actifs (modèle de Forster, 1976 ; modèle Cohort de Marslen-Wilson & Welsh, 1978) suggèrent des mécanismes de recherche où l'accès au mot est le résultat d'une recherche de la cible parmi un ensemble de candidats. Les modèles dits autonomes (modèle de Forster, 1976 ; Marslen-Wilson, 1987) sont des modèles dans lesquelles les informations ascendantes (bottom-up, qui proviennent du stimulus) ont une place centrale alors que les modèles interactifs (modèle logogène de Morton, 1969 ; modèle Cohort de Marslen-Wilson & Welsh, 1978 ; McClelland et Rumelhart, 1981) considèrent autant les informations ascendantes que descendantes (top-down, qui émanent du contexte, de l'environnement et des connaissances générales). Les modèles autonomes n'admettent pas le mécanisme de rétroaction ce qui implique que les mécanismes de traitement langagier sont considérés comme étant indépendants les uns des autres (le système lexical n'interagit pas avec les systèmes syntaxique ou sémantique). On retrouve dans les modèles interactifs des échanges entre les systèmes, des interactions. Enfin, les modèles sériels (modèle de Forster, 1976), par opposition aux modèles parallèles (modèle logogène de Morton, 1969 ; modèle Cohort de Marslen-Wilson & Welsh, 1978), impliquent un traitement séquentiel, dans lesquels la reconnaissance du mot précède l'analyse syntaxique qui elle-même précède le traitement sémantique (Nicolas, 2003).

3.4.1. Les principaux modèles en langue vocale

Le modèle de Morton (1969 ; 1982) (Figure 19) est un modèle passif et interactif construit sur la notion de logogène (i.e. modèle logogène). Selon Morton (1969 ; 1982), un logogène correspond à l'ensemble des représentations associées à un mot et qui s'active de façon passive lors de l'identification de ce mot. L'activation du logogène est dite passive car c'est l'accumulation d'informations de nature sensorielle (informations ascendantes) et cognitive (informations descendantes) qui permet la reconnaissance du mot. Quand le nombre d'informations accumulées est suffisant, le mot est reconnu. Il s'agit donc d'un phénomène interactif où les informations ascendantes et descendantes interfèrent et dont le déroulement ne s'opère pas de façon séquentielle mais en parallèle.

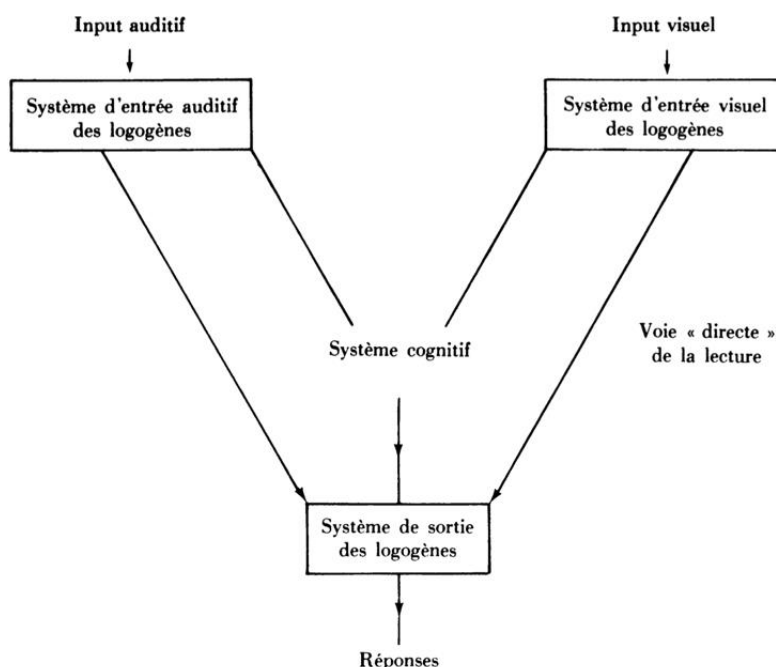


Figure 19. Illustration schématisée et simplifiée du modèle logogène de Morton (1969 ; 1982) issue de Morton et al., (1984).

Le modèle original (Morton, 1969) a évolué pour intégrer les nouvelles observations issues des résultats expérimentaux et pour s'adapter à des tâches plus variées et plus complexes que la décision lexicale. On retrouve notamment une distinction entre les logogènes d'entrée et de sortie¹¹ ainsi qu'une distinction entre les systèmes d'entrée auditif et visuel¹² (Morton,

¹¹ Un logogène d'entrée correspond à l'ensemble des représentations associées à une unité lexicale perçue – ici, entendue – ; un logogène de sortie est l'équivalent pour une unité lexicale produite.

¹² Dans ce modèle conçu en LV, le système d'entrée auditif correspond à une perception auditive d'un mot alors que le système d'entrée visuel implique une présentation visuelle du mot, sous sa forme écrite par exemple.

1984). La présence de voies directes (d'entrée à la sortie sans passer par le système cognitif) implique la possibilité d'identifier des mots écrits sans les comprendre ou de répéter des non-mots. Ces éléments du modèle concourent à expliquer les dysfonctionnements observés dans certains troubles du langage à l'oral ou à l'écrit. Ce modèle logogène mentionne également des effets facilitateurs du contexte et de la fréquence lexicale. Le contexte permettrait une pré-activation du logogène ce qui impliquerait une moindre quantité d'informations nécessaires pour la reconnaissance du mot. Pour expliquer l'effet de fréquence, Morton (1982) suppose que les logogènes correspondants aux mots fréquents ont des seuils d'activation plus bas que les logogènes correspondants aux mots rares (Hamon, 1996 ; Nicolas, 2003).

Le modèle de recherche de Forster (1976 ; 1979) (Figure 20) est en opposition avec celui de Morton (1969 ; 1982). En effet, le modèle de Forster (1976) est un modèle dans lequel l'accès du mot est obtenu par une recherche active impliquant un traitement séquentiel des informations. C'est également un modèle autonome dans lequel les processeurs lexical, syntaxique et de message (sémantique) sont spécifiques et ne peuvent interagir qu'avec le processeur précédent : le processeur de message interagit avec le processeur syntaxique mais pas avec le processeur lexical.

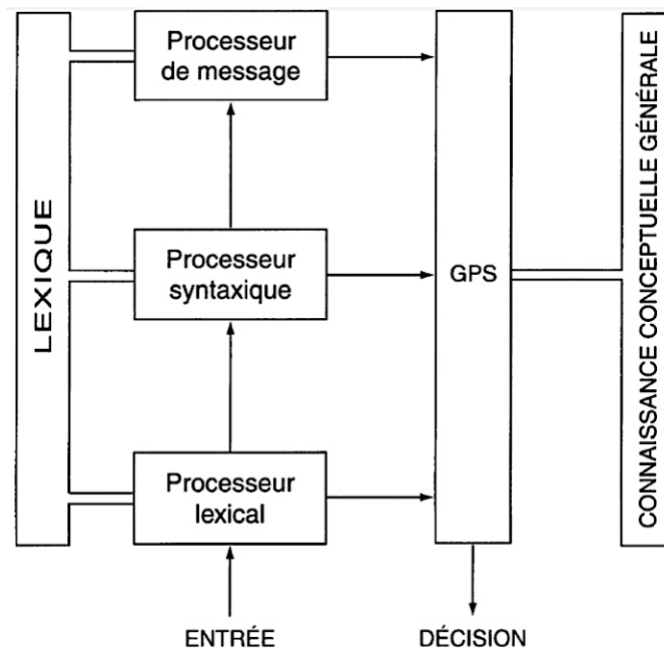


Figure 20. Modèle de recherche de Forster d'après Forster (1979) extrait de Nicolas (2003).

La recherche active du candidat lexical cible se fait par le processeur lexical dans le lexique en fonction des informations fournies par l'entrée. Concernant la sortie, le G.P.S (General

Problem Solver) reflète le système de réponse menant à la décision et ne peut pas être influencé par le contexte ou les éléments de connaissance générale du sujet. Il y a donc très peu d'interactions et pas de rétroaction dans ce modèle. Les effets de contexte ou de fréquence lexicale ne sont pas compatibles avec ce modèle qui n'admet pas l'interaction des processeurs (Nicolas, 2003).

Dans le modèle Cohort de Marslen-Wilson & Welsh (1978), les auteurs présentent l'identification des mots comme un phénomène parallèle et interactif mais distinguent les processus en fonction de la modalité dans laquelle le mot est perçu (modalité auditive ou visuelle). La modalité auditive impose une présentation qui se déroule dans le temps alors que la modalité visuelle permet une présentation instantanée du stimulus. En modalité auditive, les premiers sons du mot entendu activent l'ensemble des candidats lexicaux qui commencent par ces premiers phonèmes (la cohorte) puis, au fur et à mesure des phonèmes entendus, la liste des compétiteurs se réduit de manière active jusqu'à la reconnaissance du mot-cible. Ce modèle admet des interactions entre le contexte et les informations entrantes (niveau perceptif sensoriel auditif), ces interactions ne permettent non pas une présélection de candidats potentiels mais une élimination des candidats impossibles. La reconnaissance du mot se fait lorsque le point d'unicité, c'est-à-dire le moment précis à partir duquel la liste des candidats n'est plus réduite qu'à un seul mot, est atteint. Au contraire, le point de divergence est le point à partir duquel un mot est exclu de la liste des candidats car il ne correspond plus aux informations entrantes. Ces données ont pu être obtenues notamment grâce à des expériences de gating où l'on présente au participant des morceaux de plus en plus longs d'un mot (Grosjean, 1980). Dans un deuxième temps, le modèle a été amélioré (Cohort II de Marslen-Wilson, 1987) en une version plus autonome du modèle Cohort. Dans cette nouvelle proposition, les informations descendantes provenant du contexte n'interviennent plus qu'à la phase finale d'intégration afin de vérifier la compatibilité du mot-cible par rapport au contexte sémantique et syntaxique. De plus, l'activation du mot ne se fait plus sur un mode binaire (activé versus non activé), mais plutôt sur un continuum en fonction de l'appariement entre les informations perceptives entrantes et le mot-cible (Nicolas, 2003).

Le modèle de McClelland & Rumelhart (1981) dit modèle d'activation interactive est un modèle connexionniste qui conçoit l'accès lexical comme un processus passif de détection du mot-cible grâce aux informations entrantes, de façon similaire au modèle logogène de Morton (1969). Cependant, dans ce modèle, la reconnaissance du mot est possible à la fois par un processus d'activation d'une représentation correspondant à l'input (informations entrantes) et par un processus d'inhibition des représentations ne correspondant pas aux informations entrantes. On retrouve un mécanisme d'interaction entre les informations, ascendantes et

descendantes et cela permet d'ailleurs d'activer ou d'inhiber les représentations des compétiteurs.

Dans le modèle TRACE de McClelland & Elman (1986) (Figure 21), une place importante est accordée à la restriction de la sélection grâce aux informations acoustiques et phonémiques (rôle des traits distinctifs du signal de parole) : c'est la notion d'inhibition. Selon McClelland & Elman (1986), la compétition se déroule en deux étapes-clés :

1. l'activation lexicale des candidats potentiels à la sélection
2. l'inhibition des compétiteurs

La perception sensori-auditive est au cœur de la première étape d'activation : lors de la production d'une unité lexicale, des candidats lexicaux sont activés par l'entrée sensorielle auditive, de façon similaire au modèle de Marslen-Wilson & Welsh (1978). Puis, au fur et à mesure de la perception du mot-cible, le mécanisme d'inhibition prend le relais, ce qui permet d'exclure les candidats ne correspondant pas à la séquence de phonèmes perçue. Un fois arrivé au point d'unicité du mot, où il n'y a plus qu'un seul candidat possible, la cible est reconnue alors même qu'elle peut ne pas avoir fini d'être perçue dans son entièreté.

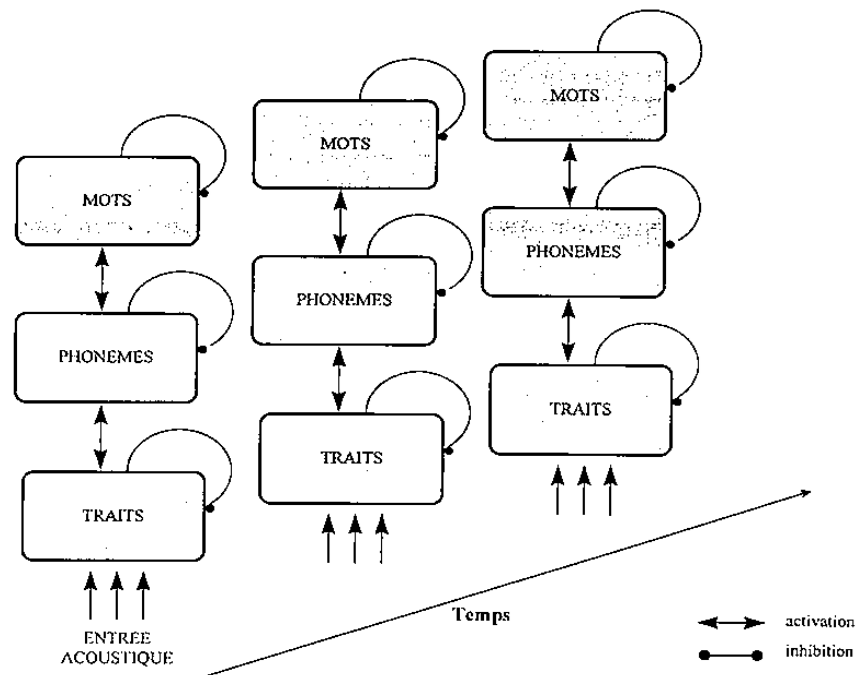


Figure 21. Représentation du modèle TRACE de McClelland & Elman, 1986, extrait de Frauenfelder, 1996.

Le modèle Shortlist (Norris, 1994) intègre également ces deux notions d'activation et d'inhibition, en y ajoutant des boucles de rétroaction. La rétroaction s'effectue entre les différents niveaux de traitement et permet de résoudre des ambiguïtés pendant le déroulement du processus de traitement de l'information. Ce mécanisme de rétroaction permet de

restreindre encore davantage la liste des candidats potentiels : plus la taille du lexique est réduite, plus le processus de reconnaissance est optimisé.

Le modèle connexionniste MERGE (Norris, McQueen & Cutler, 2000), dérivé du modèle Shortlist, se concentre plus spécifiquement sur les indices phonémiques et la restriction lexicale ascendante. Les auteurs estiment qu'un mécanisme de rétroaction n'est pas nécessaire. Lors de la reconnaissance d'un mot, le premier niveau de traitement perceptif acoustique (pré-lexical) permettrait d'atteindre d'une part un niveau d'analyse lexicale, et un niveau de décision phonémique d'autre part. Dans ce cas, l'ultime niveau d'analyse est celui de la décision phonémique ce qui constitue une boucle exclusivement ascendante, du niveau lexical vers le niveau phonémique. Cependant, les auteurs admettent l'existence de boucles inhibitrices, qui participeraient à un mécanisme de rétroaction, mais à l'intérieur des niveaux lexical ou phonémique. En cela, le modèle MERGE rejoint le modèle Cohort II (Marslen-Wilson, 1987).

L'accès au lexique en langue vocale : synthèse et questionnement

On retiendra de cette partie que tous les modèles présentés, construits à partir des LV, reposent sur des postulats semblables, à savoir : une phase d'activation de candidats potentiels et une compétition/sélection aboutissant à la reconnaissance de l'unité lexicale perçue. De plus, notons que pour l'ensemble de ces modèles, disposer du mot dans son stock lexical est un prérequis : la liste des compétiteurs se construit uniquement à partir de mots connus, acquis dans le lexique interne du locuteur-auditeur. Nous avons évoqué précédemment que très peu de travaux existent sur l'organisation lexicale en LS. Cependant, étant donné que les signes peuvent être décomposés, comme les mots, en unités sub-lexicales, une liste de candidats compétiteurs dans la reconnaissance d'un signe pourrait très bien être envisagée. En revanche, la simultanéité des LS couplée au fait qu'il y a très peu de voisins lexicaux – la combinaison des 4 paramètres phonologiques de façon simultanée réduisant considérablement les possibilités – nous amène à nous questionner sur la rapidité et l'efficacité de la reconnaissance lexicale d'un signe. L'accès au signe serait-il finalement plus rapide que l'accès au mot ? D'autre part, nous avons évoqué l'importance du contexte soulignée dans les modèles interactifs décrits plus haut et impliquée dans les mécanismes de rétroaction permettant la reconnaissance lexicale. En LS, des interactions entre les niveaux sémantique et syntaxique sont faciles à imaginer étant donné la simultanéité des informations exprimées dans l'espace tri-dimensionnel. Les modèles lexicaux construits à partir des LV sont-ils alors transposables entièrement aux LS ou bien seulement en partie ?

3.4.2. Les études sur l'accès au lexique en langue des signes

Dans les différents modèles présentés, la première étape de traitement de la reconnaissance du mot s'effectue au niveau perceptif acoustique, or, la modalité visuo-gestuelle implique une perception visuelle et non auditive. Quelles sont alors les conséquences de la modalité sur le traitement lexical ? Pour savoir si le traitement d'un signe et celui d'un mot mettent en jeu des processus analogues, plusieurs travaux ont été menés dans différentes LS (Baus et al., 2008 en LSC ; Carreiras et al., 2008 en LSE ; Gutierrez et al., 2012 en ASL ; Emmorey et al., 2020 en ASL). Ces travaux s'intéressent au traitement lexical et sémantique d'un signe et au rôle de certains facteurs connus en LV pour influencer l'accès au mot. Les différentes conclusions convergent vers la même affirmation : le mécanisme de traitement lexical est amodal.

Carreiras et al. (2008) ont proposé une tâche de décision lexicale adaptée en LSE (Langue des Signes Espagnole). Ils ont mesuré l'influence de la familiarité lexicale et du voisinage phonologique sur l'accès au signe auprès de locuteurs sourds signeurs natifs et non-natifs. Ils ont observé que le mécanisme d'accès lexical fonctionnait de la même manière selon la modalité de la langue. De plus, la familiarité lexicale des signes et le voisinage phonologique

des signes sont également des facteurs facilitateurs de l'accès au signe. Dans leur expérience, les signeurs non-natifs étaient systématiquement plus lents à répondre par rapport aux locuteurs natifs, ce qui indique un accès lexical sensible à l'effet d'âge d'acquisition. Baus et al. (2008) concluent également à une amodalité de traitement lexical du signe (traitement lexical, sémantique et phonologique) après avoir proposé une tâche de production de signes en Langue des Signes Catalane (LSC). Baus et al. (2008) ne rapportent cependant pas d'effet de l'âge d'acquisition en utilisant ce type de tâche de production trop peu sensible.

Les études en EEG conduites sur le même sujet (Gutierrez et al., 2012 ; Emmorey et al., 2020) ont également démontré un traitement lexical des langues des signes analogue à celui des langues vocales (Emmorey et al., 2020) avec la présence de spécificités liées à la modalité signée, à savoir une activation précoce des propriétés sémantiques des signes et donc de l'accès au sens (Gutierrez et al., 2012). Les auteurs expliquent que cette activation précoce est limitée au niveau sémantique et paraît similaire à l'activation précoce observée dans le traitement des mots écrits en modalité visuelle. Cela pourrait être la conséquence du mode de présentation de la tâche, signe par signe, qui ne respecte pas le rythme naturel de la parole signée.

Précédents travaux en accès lexical des signes	Méthode utilisée	Amodalité de traitement lexical observée	Effet d'âge d'acquisition
Baus et al. (2008)	Tâche comportementale de production de signes	Oui	Non observé, tâche trop peu sensible
Carreiras et al. (2008)	Tâche comportementale de décision lexicale	Oui	Oui
Gutierrez et al. (2012)	Tâche de violation sémantique et phonologique en EEG	En partie mais présence de spécificités liées à la modalité (activation précoce des propriétés sémantiques des signes)	Non recherché
Emmorey et al. (2020)	Tâche de catégorisation sémantique en EEG	Oui	Non recherché
McGarry et al. (2023)	Tâche de dénomination /traduction en EEG	Oui	Non recherché

Tableau 2. Précédents travaux ayant investigué l'accès lexical en langue des signes.

3.4.3. Les modèles d'accès au lexique en langue des signes

À notre connaissance, très peu de travaux ont abouti à l'élaboration de modèle de reconnaissance des signes (Caselli & Cohen-Goldberg, 2014). L'émergence de tels modèles présente pourtant plusieurs intérêts : la possibilité de comparer les fonctionnements des processus en LS et en LV pour comprendre si l'accès au lexique est un mécanisme amodal, la possibilité d'observer le déroulé de ces mécanismes dans une langue signée et la possibilité d'observer d'éventuelles différences de traitement en lien avec l'expérience linguistique entre des locuteurs natifs et tardifs.

Le modèle de Caselli & Cohen-Goldberg (2014) est un des rares modèles sur l'accès lexical en LS. Les auteurs l'ont conçu à partir d'expériences sur l'organisation du lexique dans lesquelles ils cherchaient à savoir si l'organisation du lexique interne en LS influençait le mécanisme d'accès lexical. En s'inspirant du modèle computationnel de reconnaissance des mots de Chen & Mirman (2012), Caselli & Cohen-Goldberg (2014) ont imaginé un modèle qui possède deux niveaux de représentation, sub-lexical et lexical et deux types d'activation, effet facilitateur et effet inhibiteur. L'activation lexicale se fait grâce à un réseau de connexions pouvant être contraintes par trois mécanismes selon les manipulations expérimentales : la latence avec laquelle les différentes unités sub-lexicales des signes sont activées pendant la perception (l'emplacement semble être le paramètre le plus facilitateur), l'activation des unités sub-lexicales au repos, et le nombre de voisins lexicaux. Les résultats de ces expérimentations ont abouti à une hypothèse : les mêmes mécanismes d'accès lexical peuvent sous-tendre à la fois la perception des signes et celle des mots. Le modèle de Caselli & Cohen-Goldberg (2014) permet de montrer que les différences linguistiques entre LS et LV (différences de modalités qui engendrent des différences structurelles et phonétiques sur le plan de la production et des différences sensori-motrices et perceptives au niveau de la réception) n'ont pas de conséquences sur les effets facilitateurs de certains facteurs psycholinguistiques sur l'accès lexical (telle la fréquence lexicale, la densité du voisinage phonologique entre autres). Cela renforce l'idée de l'amodalité de traitement lexical au niveau neurolinguistique.

Il existe cependant des aspects spécifiques à la modalité signée. Caselli et Cohen-Goldberg (2014) expliquent que le paramètre EMPLACEMENT des signes présenterait un effet facilitateur de l'accès lexical plus robuste que les autres paramètres (CONFIGURATION, ORIENTATION, MOUVEMENT ; voir Le système phonologique et les paramètres). Trois raisons sont avancées :

1. La précocité de la détection : L'emplacement serait détecté environ 30 ms avant la configuration manuelle dans le décours temporel de la perception d'un signe (Grosjean, 1981 ; Emmorey & Corina, 1990)
2. La densité du voisinage phonologique est presque 7 fois plus importante pour le paramètre EMPLACEMENT que CONFIGURATION (Carreiras et al., 2008)
3. La saillance perceptive : l'emplacement serait mieux perçu visuellement et moins souvent source d'erreurs perceptives (Orfanidou et al., 2009) et par conséquent, plus facile à stocker en mémoire à long terme pour la mémorisation et l'acquisition des signes (Thompson et al., 2005).

Le peu de travaux existants en LS évoque l'hypothèse d'une amodalité de traitement lexical avec toutefois la présence de spécificités liées à la phonologie de la modalité signée. Ces spécificités ne sont pas à l'origine de divergences avec les observations faites en LV mais engendrent des effets supplémentaires sur l'efficacité du mécanisme d'accès lexical (effet du paramètre EMPLACEMENT évoqué par Caselli & Cohen-Goldberg, 2014), qui ne sont pas applicables dans la modalité audio-orale. Dans le chapitre suivant, nous allons voir que cette observation (amodalité de traitement avec présence de spécificités) est aussi valable pour la compréhension du langage signé au-delà du niveau de la reconnaissance lexicale.

La reconnaissance lexicale : synthèse et questionnement

La reconnaissance lexicale – l'accès au lexique – est la première étape de traitement du langage : en LV, nous avons besoin de reconnaître et de comprendre des mots pour accéder à la compréhension de phrases. De manière analogue, en LS, l'accès aux signes est un prérequis à la compréhension de phrases signées. Nous avons vu qu'il existe de nombreux modèles théorisant l'accès au lexique. Il est possible de les décrire en fonction de certaines caractéristiques : modèle passif vs. actif, autonome vs. interactif ou encore sériel vs. parallèle. Force est de constater que la plupart de ces modèles a été conçue à partir des LV alors que le lexique en LS a des propriétés bien différentes des LV (phonologie manuelle et non-manuelle, spatialité, iconicité). À notre connaissance, un unique modèle a été formulé à partir des LS (Caselli & Cohen-Goldberg, 2014). Il présente un système comparable à ceux décrits dans les modèles en LV ce qui suggère une très probable amodalité du traitement lexical.

Très peu de travaux ont été menés sur l'accès au lexique en LS et nos travaux en LSF ont donc pour objectif de combler ce manque. En investiguant la reconnaissance des signes et les facteurs pouvant influencer ce mécanisme, nous voulons apporter des éléments nouveaux en ciblant particulièrement la question de l'impact de la modalité signée sur les mécanismes de traitement lexical.

4. Le traitement du langage

Les travaux portant sur le traitement du langage en LS proviennent essentiellement de travaux effectués à partir des LV. En effet, malgré la différence de modalité, les modèles de traitement du langage en LV présentent des éléments applicables à l'étude du traitement du langage signé. Dans ce chapitre, nous présenterons quelques modèles neurocognitifs du langage nécessaires à la compréhension des mécanismes de traitement neurolinguistique en LV et en LS.

4.1. Les modèles neurocognitifs du traitement du langage

L'étude des mécanismes de traitement du langage a été largement influencée par les différentes théories et approches. Dans les années 1950, Noam Chomsky introduit les notions de grammaire générative et grammaire universelle et provoque une révolution majeure dans la compréhension et l'étude du traitement du langage. Les premiers travaux de Chomsky sont à l'origine de ce que l'on appelle aujourd'hui l'approche générativiste. Selon cette approche, la grammaire est un système régi par des règles qui permet de développer la capacité à générer et comprendre des phrases nouvelles et inédites de façon innée. La notion de grammaire générative comprend également la notion d'infini du langage, ce qui implique la possibilité de créer un nombre infini de phrases grammaticales à partir d'un ensemble fini d'éléments, de mots par exemple. Ainsi, chaque être humain qui naît serait doté de cette grammaire universelle innée qui lui permettrait d'acquérir l'ensemble des connaissances linguistiques possibles et ce, dans n'importe quelle langue ou modalité. Cette conception du langage a été à l'origine de plusieurs modèles du traitement et de la compréhension du langage centrés sur la syntaxe, les modèles *syntax-first*. Selon ces modèles, les éléments syntaxiques seraient traités de façon prioritaire et indépendamment des éléments sémantiques. C'est notamment le cas du modèle de Friederici (2002). Dans les modèles sériels, on ne retrouve donc pas d'interaction entre les différents niveaux d'analyse sémantique et syntaxique (Levelt, 1999 ; Jackendoff, 2002 ; Friederici, 2002).

4.1.1. Un modèle sériel : Friederici (1995 ; 2022 ; 2011)

Dans son modèle *syntax-first* et sériel, bien que les révisions (Friederici, 2011) mentionnent quelques éléments s'approchant un peu plus des théories parallèles du traitement du langage, Friederici (2002) utilise des données d'imagerie cérébrale et d'électroencéphalographie et présente trois phases de traitement lors de la compréhension d'un message oral : la première

phase (100-300 ms) pendant laquelle les informations relatives à la catégorie des mots permettent de dégager une structure syntaxique initiale ; la deuxième phase (300-500 ms) lors de laquelle les processus de traitement lexico-sémantiques et morphosyntaxiques entrent en jeu et permettent l'attribution des rôles thématiques ; puis, la troisième phase (500-1000 ms) au cours de laquelle l'intégration des différents types d'information permet l'interprétation et la compréhension (Figure 22).

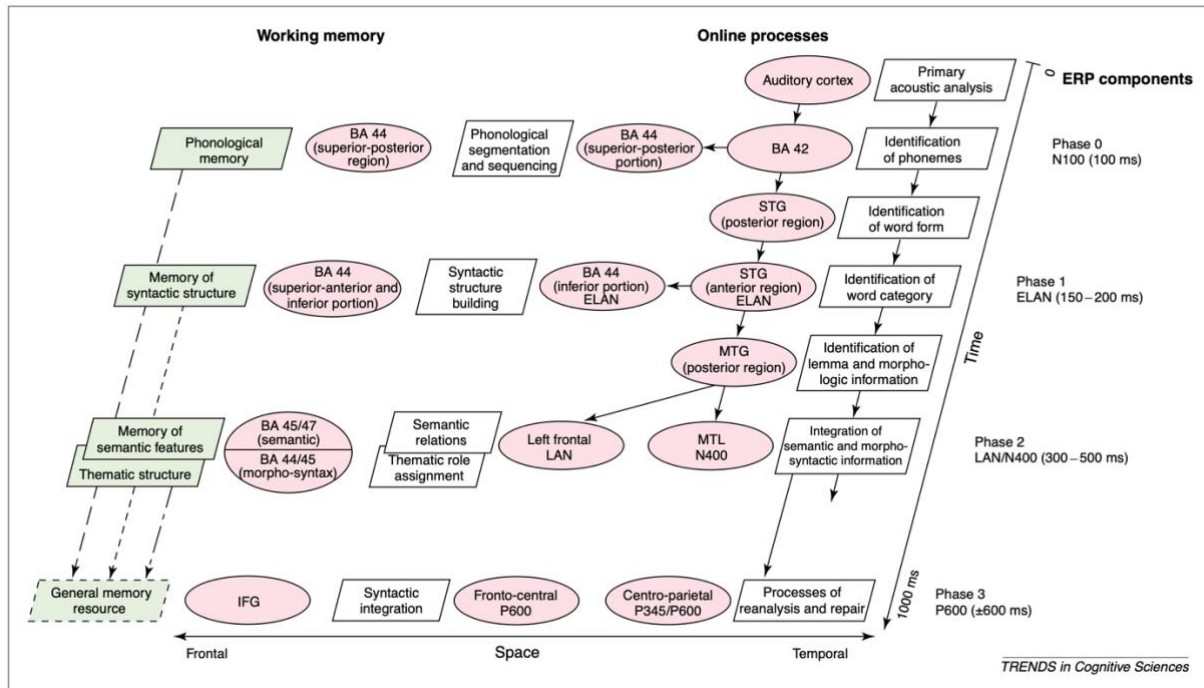


Figure 22. Modèle neurocognitif du traitement auditif des phrases (Friederici, 2002).

Dans ce modèle, le traitement de l'information lexicale est précoce et précède les autres niveaux de traitement syntaxique et sémantique. Cela implique que le traitement lexical est nécessaire à la construction de la structure syntaxique d'une phrase, en particulier le traitement de la catégorie de mots en Phase 1. Selon ce cadre théorique, une violation de la catégorie de mots empêcherait l'analyse sémantique et morpho-syntaxique de la phrase globale. Au niveau neuroanatomique (Figure 23), les régions impliquées dans la première phase précoce se situent dans le quart antérieur gauche (gyrus temporal supérieur gauche). La deuxième phase, correspondant à la fois au traitement des éléments lexico-sémantiques et morpho-syntaxiques, recrute également l'hémisphère gauche : les régions antérieures pour le traitement morpho-syntaxique, les régions temporales pour le traitement syntaxique et le traitement sémantique et d'assignation des rôles thématiques. L'intégration de l'ensemble des

éléments sémantique et syntaxique en phase finale recrute les régions temporales moyennes et postérieures gauches ainsi que les ganglions de la base. L'hémisphère droit intervient principalement dans le traitement auditif (caractéristiques purement acoustiques comme la hauteur de la voix et les aspects mélodiques des phrases) et prosodique du langage.

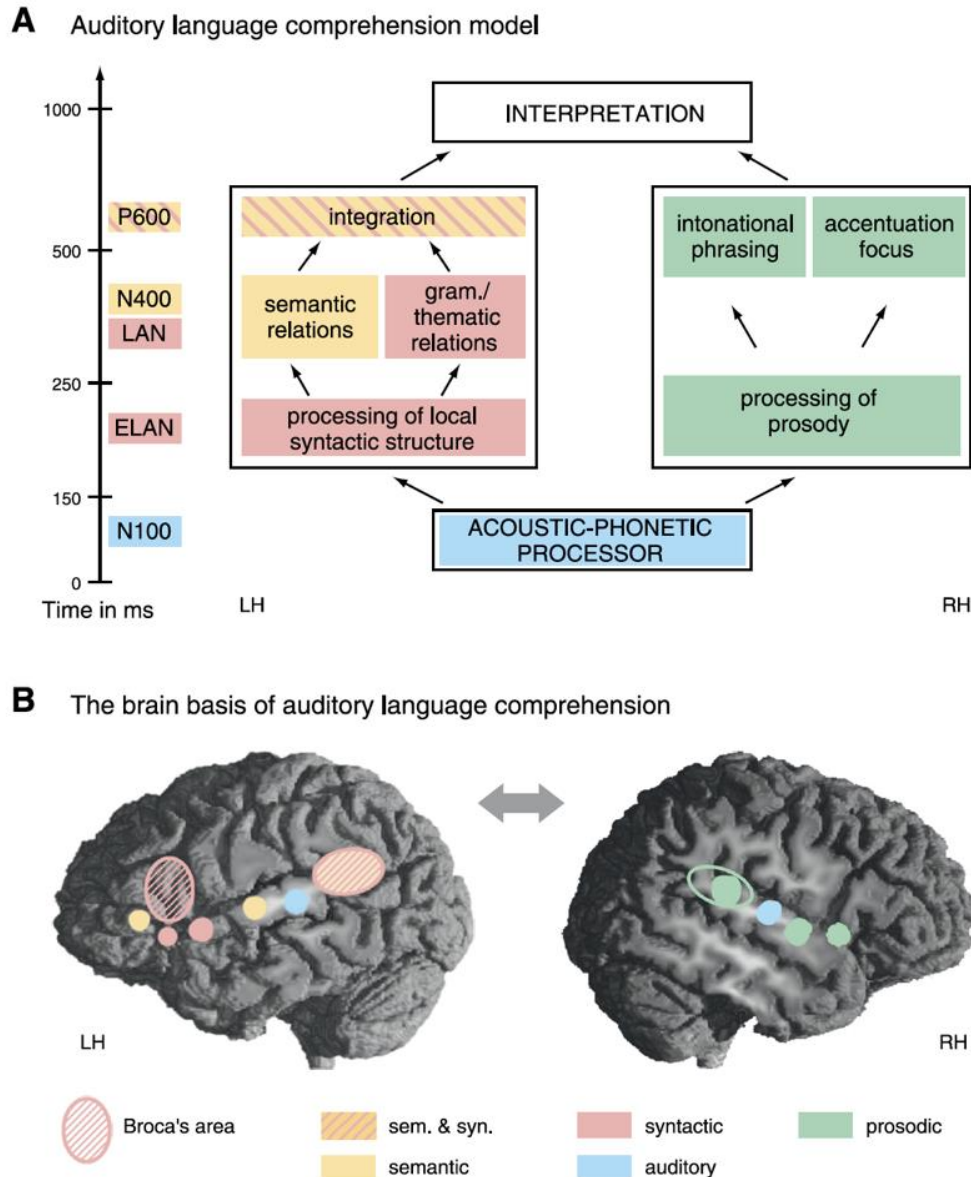


Figure 23. Les bases neurales de la compréhension du langage en modalité auditive (Friederici, 2011).

Le modèle neurocognitif du traitement du langage de Friederici (1995 ; 2002 ; 2011) est un modèle complet qui soutient qu'un traitement autonome précoce est nécessaire pour permettre plus tardivement un traitement interactif qui conduit à l'intégration du sens. En ce

sens, ce modèle contient à la fois des aspects *syntax-first* mais également des aspects des modèles interactifs.

Enfin, ce qui apparaît comme une limite de ce modèle est qu'il a été conçu exclusivement à partir de langues vocales en modalité audio-orale. La généralisation des conclusions issues de ce modèle pour la compréhension du langage en LS est donc compliquée à envisager, malgré des éléments pertinents et la présence en LS des différents niveaux phonologique, lexical, sémantique et syntaxique.

4.1.2. Des modèles interactifs

Le processus de compréhension du langage implique que nous sommes rarement dans une situation de compréhension de mots isolés. Les mots que nous comprenons sont intégrés dans des phrases dont nous devons extraire le sens global. Il est donc logique que les informations traitées en début de phrase soient mises en lien et parfois influencent celles traitées en fin de phrase. Cette hypothèse suppose donc un traitement simultané ou parallèle des informations sémantiques et syntaxiques : c'est ce qui a conduit à l'émergence des modèles dits interactifs (Marslen-Wilson & Tyler, 1980 ; Frazier, 1987 ; Hagoort, 2003, 2005, 2013 ; Hickok & Poeppel, 2007). Contrairement à la vision innée, sérielle et syntaxo-centrée de l'approche générativiste, certains chercheurs ont décrit des modèles de traitement du langage suivant une approche fondée à partir des données provenant de la psychologie expérimentale, et accordant une place plus importante au niveau sémantique et à l'interaction des différents processus conduisant à l'intégration du message. Dans ces modèles, les auteurs soutiennent l'existence de contraintes intervenant aux niveaux sémantique et syntaxique : on parle alors aussi de *constraint-based model* (Frazier, 1987 ; Hagoort, 2003, 2005).

Hagoort (2005 ; 2013) a proposé le modèle neuro-computationnel du traitement du langage, le MUC – Memory, Unification, Control, suggérant que les informations sémantiques pouvaient avoir un rôle dans l'intégration de la phrase et ce, avant que la structure syntaxique ne soit totalement construite. Cet aspect constitue la différence la plus importante avec le modèle de Friederici (2002). Un autre aspect qui les distingue est la place particulièrement importante accordée aux connaissances générales linguistiques et non linguistiques (connaissances du monde) ainsi qu'aux processus de contrôle comme les processus attentionnels. Le modèle se divise en trois composantes distinctes : une composante Mémoire, une composante Unification, et une composante Contrôle.

La composante Mémoire correspond à l'ensemble de nos connaissances linguistiques stockées en mémoire, ainsi qu'aux opérations permettant de récupérer ces informations. Les réseaux cérébraux qui soutiennent la composante Mémoire se situent dans l'hémisphère gauche, au niveau du cortex temporal et du gyrus angulaire du cortex pariétal (en jaune sur la Figure 24).

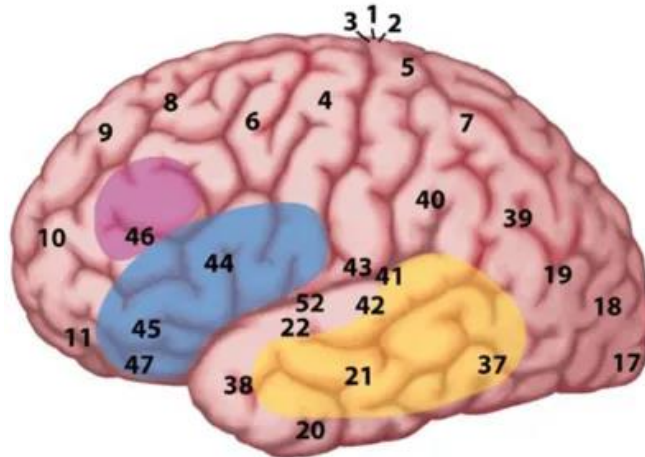


Figure 24. Le modèle MUC (Hagoort, 2013). La figure présente une vue latérale de l'hémisphère gauche : cortex temporal en jaune associé à la composante Mémoire, aire de Broca en bleu associée à la composante Unification et une partie du lobe frontal en rose impliquée dans les opérations de Contrôle.

L'Unification est la composante centrale de ce modèle et correspond aux procédures d'intégration des différentes informations stockées en Mémoire dans une structure plus large, comme la phrase. L'unification des informations s'effectue à différents niveaux phonologique, lexical et syntaxique et recrutent en parallèle différentes subdivisions de l'aire de Broca pour traiter chaque type d'informations. La composante Unification est donc en interaction directe et constante avec la composante Mémoire, sollicite les informations provenant du contexte et permet l'intégration des informations phonologiques, lexicales et syntaxiques ce qui conduit à l'accès au sens.

Enfin, la composante Contrôle correspond à un système qui permet d'optimiser le recrutement des ressources attentionnelles et exécutives pour une utilisation pertinente du langage. Ce système qui fait appel à des mécanismes non-langagiers, permet la régulation du comportement lorsqu'il faut sélectionner un registre de langue approprié à la situation sociale, et l'activation du contrôle exécutif lorsqu'il faut par exemple sélectionner une langue en fonction de son interlocuteur. Ces mécanismes recrutent les aires corticales préfrontales dorsolatérales ainsi que le cortex cingulaire antérieur et certaines régions pariétales.

Un autre modèle dans lequel l'interaction des aires cérébrales et des systèmes occupe une place centrale est le modèle à double voie du traitement de la parole de Hickok & Poeppel (2007) (Figure 25). L'élément central de ce modèle réside dans le stockage des

représentations des formes des mots parlés dans deux lexiques parallèles. Le premier lexique, situé dans le lobe temporal postérieur et constituant la voie ventrale, permet la relation entre le son et le sens pour comprendre le langage. Le second lexique, situé dans le lobe pariétal inférieur et représentant la voie dorsale, assure la liaison entre le son et l'articulation afin de produire du langage.

Dans ce modèle, la première étape du traitement de la parole consiste en une analyse spectro-temporelle qui s'effectue au niveau des cortex auditifs bilatéraux dont le gyrus temporal supérieur (module vert sur la Figure 25). Puis des processus de traitement phonologique entrent en jeu dans les régions du sillon temporal supérieur avec une légère prédominance de l'hémisphère gauche (module jaune). C'est à partir de cette étape que le modèle se divise en deux voies. D'une part, la voie ventrale (module rose), constituant le premier lexique son-sens (cité ci-dessus), relie les représentations sensorielles et phonologiques aux représentations conceptuelles et lexicales pour permettre un accès au sens. Cette voie recrute les deux hémisphères (hémisphère gauche légèrement dominant) au niveau des régions temporales postérieures pour l'interface lexicale, et les régions temporales davantage antérieures pour les réseaux syntaxiques appelés réseaux combinatoires dans ce modèle. D'autre part, la voie dorsale (module bleu), qui constitue le second lexique, recrute essentiellement l'hémisphère gauche avec la zone de la fissure sylvienne (limite pariéto-temporale) pour l'interface sensorimotrice, les aires antérieures du lobe frontal, l'aire de Broca, le cortex prémoteur pour l'articulation. Cette voie dorsale relie les représentations sensorielles et phonologiques aux représentations motrices et articulatoires pour permettre la production du langage.

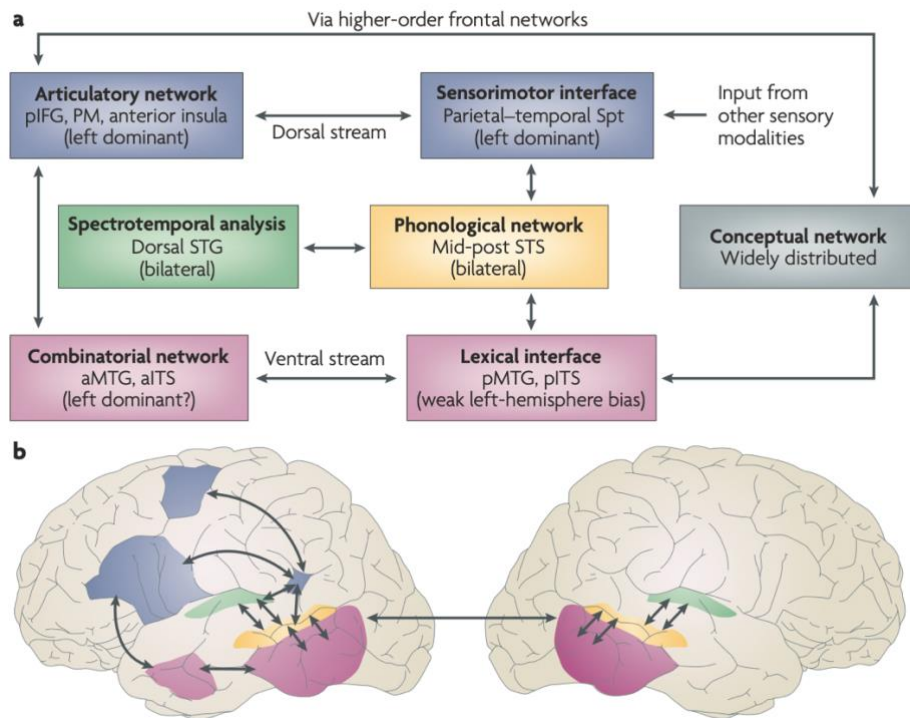


Figure 25. Schéma représentant le modèle à double voie du traitement de la parole issu de Hickok & Poeppel (2007).

Nous avons présenté des modèles incontournables dans l'étude du traitement du langage. Certains de ces modèles sont sériels et soutiennent que le traitement de la parole s'effectue de façon séquentielle, un niveau après l'autre avec pas ou peu d'interaction entre les systèmes traitant les informations ou entre les régions corticales sous-jacentes. D'autres, dits parallèles et interactifs, soutiennent que le traitement des différents niveaux d'analyse du langage (phonologique, lexical, syntaxique) s'effectue de façon simultanée et avec des interactions nombreuses entre les systèmes et entre les aires corticales associées. Cependant, ces modèles ont tous été conçus à partir des LV et leur application pour les LS n'est pas possible sans repenser ou prendre en compte certains aspects inhérents à la modalité visuo-spatiale.

4.2. Les modèles de traitement du langage en LS

Si le traitement du langage en LV s'effectue via des réseaux neuronaux principalement situés dans l'hémisphère gauche, dans les lobes temporaux, pariétaux et frontaux, les LS offrent l'opportunité d'étudier dans quelle mesure cette organisation corticale est indépendante de la modalité. Ce que les 40 premières années de recherche (1960-2000) sur le traitement neurolinguistique des LS révèlent, c'est que les régions de l'hémisphère gauche impliquées dans le traitement du langage en LV sont identiques dans le traitement du langage en LS (Emmorey, 2021). Cependant, depuis environ 20 ans, la neuroimagerie fonctionnelle (IRMf) et

l'électroencéphalographie (EEG) constituent des nouvelles sources d'informations pour tenter de résoudre des questions non résolues relatives à l'amodalité de traitement mais aussi d'ouvrir sur de nouvelles perspectives de recherche en LS. Deux points apparaissent comme essentiels à prendre en compte pour proposer un modèle en LS semblable à ceux existants en LV :

1. Certains aspects linguistiques et psycholinguistiques qui sont indépendants de la modalité (acquisition du langage, unités sublexicales, traitement lexical, effet de fréquence) recrutent peut-être les mêmes réseaux neuronaux dans les deux modalités.
2. Au contraire, mais de façon complémentaire, les notions spécifiques aux LS (problématique de l'âge d'acquisition, bilinguisme bimodal, place de l'iconicité, syntaxe spatiale) pourraient impliquer des fonctionnements neurolinguistiques spécifiques également.

À la manière d'Emmorey (2021), nous proposons de distinguer les processus de production et de compréhension pour mieux saisir si et comment la modalité impacte le traitement neurolinguistique du langage.

4.2.1. Production du langage en LS

Plusieurs phénomènes témoignent de processus parallèles pour la production du langage en LV et en LS au niveau phonologique, lexico-sémantique et syntaxique (Emmorey, 2021).

Au niveau phonologique, les articulateurs manuels et non-manuels des LS impliquent des caractéristiques sensorimotrices radicalement différentes des LV et susceptibles d'impacter l'organisation neuronale de la production du langage. Par exemple, les signes bimanuels sollicitent les cortex sensorimoteurs de chacun des deux hémisphères alors que les signes unimanuels ne recrutent que les aires motrices de l'hémisphère principalement dédié au langage (hémisphère gauche chez les droitiers) (Post et al., 2007 ; Emmorey et al., 2016). La plupart des travaux aboutissent à un fonctionnement analogue en LV et en LS. Des expériences stimulant l'encodage phonologique ont par exemple permis de démontrer que le gyrus supramarginal (SMG), situé au niveau du lobe pariétal inférieur gauche est à la fois sollicité pendant la production de parole et de signes (Corina et al., 1999a ; Hickok, 2012 ; Emmorey et al., 2016). Cela indique que cette région sous-tend des processus amodaux tels que la récupération de représentations lexicales phonologiques. En revanche, les structures neuroanatomiques responsables de la production des expressions faciales et plus largement des paramètres non-manuels, ne sont pas connues. Enfin, le système phonologique en LS,

décomposable en unités sublexicales, peut être à l'origine d'erreurs de combinaison comme en témoignent les lapsus manuels (Hohenberger et al., 2002) de façon analogue aux lapsus des LV (Fromkin, 1971).

Au niveau lexical, la production de signes s'avère être encore plus latéralisée à gauche que la production de mots (Gutierrez-Sigut et al., 2015 ; Gutierrez-Sigut et al., 2016). La production de signes serait soutenue par un réseau dorsal fronto-pariétal (voir Figure 26), correspondant aux mêmes aires intervenant dans la voie dorsale décrite par Hickok & Poeppel (2007) concernant la production du langage en LV (Emmorey, 2021). On retrouve d'ailleurs des phénomènes similaires et indépendants de la modalité : le manque de synchronisation des étapes de récupération des représentations lexico-sémantiques et phonologiques engendre un phénomène de mot sur le bout de la langue, aussi bien en LV qu'en LS (Brown & McNeill, 1966 ; Thompson et al., 2005). Concernant le rôle spécifique de l'iconicité dans le traitement du langage en LS, les précédents résultats ont été contradictoires : certains attestant d'un effet facilitateur de l'iconicité sur la production de signes (Thompson et al., 2009 ; Vinson et al., 2015 ; Navarrete et al., 2020), d'autres réfutant cette affirmation (Meier & Newport, 1990 ; Emmorey, 2002 ; Bosworth & Emmorey, 2010). Néanmoins, des études récentes en EEG suggèrent que l'iconicité impacte l'efficacité des réseaux neuronaux pendant la production lexicale (Baus et Costa, 2015 ; McGarry et al., 2021a ; Gimeno- Martinez et Baus, 2021). Certaines études comportementales ont également montré que les signes iconiques sont produits plus rapidement que les signes non iconiques (Baus et Costa, 2015 ; Vinson et al., 2015). Les signes très iconiques pourraient donc avoir une représentation sémantique et sensorimotrice plus robuste que les signes peu ou pas iconiques. Pour éclaircir la place de l'iconicité sur les réseaux neuronaux de production du langage en LS, des travaux supplémentaires seraient utiles.

Enfin, au niveau syntaxique, très peu de travaux ont été menés en LS mais la production de phrases en LS et en LV semble recruter les mêmes régions corticales, à savoir les sites fronto-temporaux antérieurs gauches et le cortex préfrontal (Emmorey, 2021). Quelques études ont également observé un effet d'amorçage syntaxique identique en LS ou LV (Bock, 1986 ; Hall et al., 2015).

Sketch of the neural network for sign production

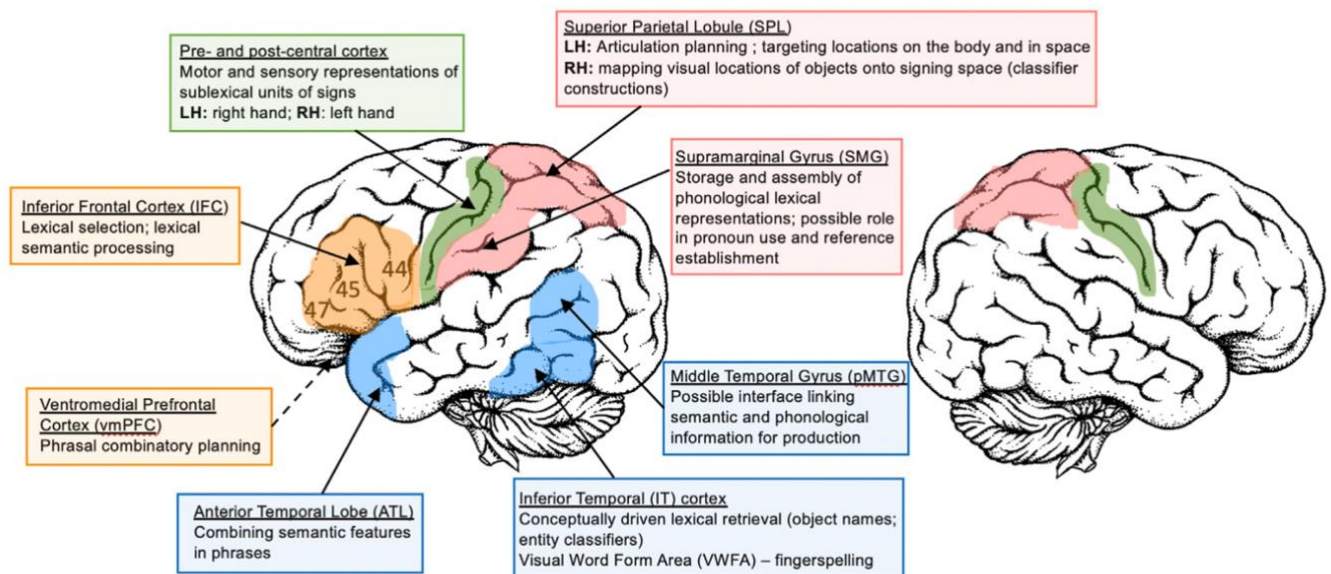


Figure 26. Modèle de production du langage en langue des signes d'Emmorey (2021). Hémisphère gauche (LH) et hémisphère droit (RH).

4.2.2. Compréhension du langage en LS

En ce qui concerne la compréhension du langage, des processus parallèles sont aussi observés pour le traitement des LS et des LV (Emmorey, 2021). Au niveau phonologique, les résultats d'Almeida et al. (2016) indiquent que le mécanisme de perception phonologique précoce existe dans les deux modalités, vocale et signée, mais recrutent des régions corticales différentes (cortex temporal en LV et cortex occipital en LS). Certaines études ont concerné le traitement d'une notion spécifique aux LS, le rôle phonologique fonctionnel des paramètres non-manuels (McCullough et al., 2005 ; Capek et al., 2008). Elles ont conclu que la compréhension des expressions faciales et des signes comportant des mouvements labiaux est associée à une activité neuronale dans la région temporale postérieure, de façon bilatérale. Cette région en LV sous-tend des mécanismes liés à la compréhension des inférences, de la théorie de l'esprit et de la cognition sociale (Beauchamp, 2015).

Au niveau lexico-sémantique, l'étape précoce de la reconnaissance lexicale est exécutée dans des aires cérébrales qui diffèrent selon la modalité dans laquelle la langue est perçue : cortex temporal auditif en LV et cortex occipital visuel en LS (Leonard et al., 2012). En revanche, les étapes suivantes du traitement lexico-sémantique se déroulent dans les mêmes aires temporales et de façon prédominante dans l'hémisphère gauche que ce soit pour les mots ou les signes (Corina et al., 2007 ; Leonard et al., 2012 ; Emmorey et al., 2015).

Sketch of the neural network for sign comprehension

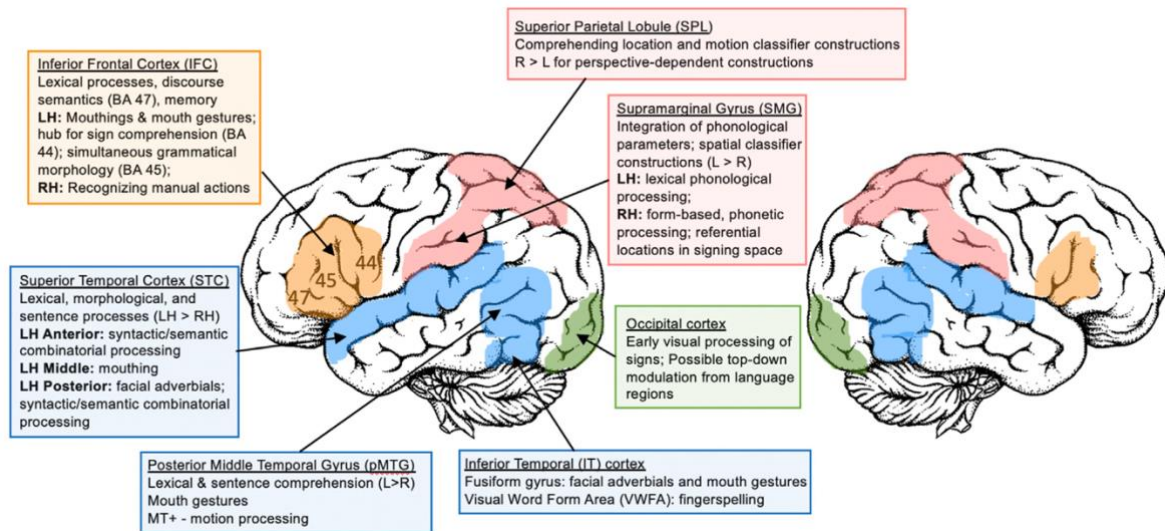


Figure 27. Modèle de compréhension du langage en langue des signes d'Emmorey (2021). Hémisphère gauche (LH) et hémisphère droit (RH).

Enfin, concernant la compréhension de phrases, bien que le cortex visuel soit mobilisé à la place du cortex auditif dans les étapes précoces comme c'est le cas pour la compréhension lexicale, certaines études de neuro-imagerie dans différentes LS ont permis de démontrer l'implication d'un réseau de neurones fronto-temporal bilatéral (mais toujours dominant à gauche) dans la compréhension de phrases signées (MacSweeney et al., 2006 ; Mayberry et al., 2011 ; Moreno et al., 2018). Ce même réseau fronto-temporal est à l'origine de la compréhension de la parole en LV, ce qui en fait un réseau amodal responsable du traitement du langage (Hagoort, 2013).

4.2.3. Le modèle Sign-Prim (Sign Processing Interactive Model)

Nous souhaitons également présenter ici le modèle Sign-Prim (Sign Processing Interactive Model) de Bogliotti (2023) qui constitue un premier cadre pour un modèle neurocognitif écologique du traitement de la LS. Ce modèle décrit le traitement de la LS par l'étude des relations qu'entretiennent les différents niveaux linguistiques entre eux, tout en prenant en compte les facteurs spécifiques à la modalité visuo-gestuelle, les facteurs environnementaux, et les facteurs cognitifs, tous trois pouvant avoir des effets variables à tous les niveaux de traitement langagier (neural, cognitif et comportemental).

En termes d'architecture, le modèle Sign-Prim est pensé comme un modèle en 3 dimensions (Figure 28), composé des modules Langage, Environnement (facteurs environnementaux et spécifiques à la modalité) et Cognition. L'objectif est de décrire les différents niveaux de traitement linguistique, cognitif et neurolinguistique (phonétique, phonologie, morphologie,

syntaxe, sémantique) en fonction de différents facteurs environnementaux qu'ils soient propres au locuteur (environmental factor) ou propres à la modalité langagière de la langue utilisée (modality-specific) en lien avec d'autres compétences cognitives que sont la mémoire de travail, l'attention, etc. Ce modèle doit être pensé comme résolument dynamique et interactif, les compétences langagières n'étant pas fixées à un âge donné mais émergent et se façonnant, au regard de l'actualisation de tous les facteurs, tout au long du développement langagier.

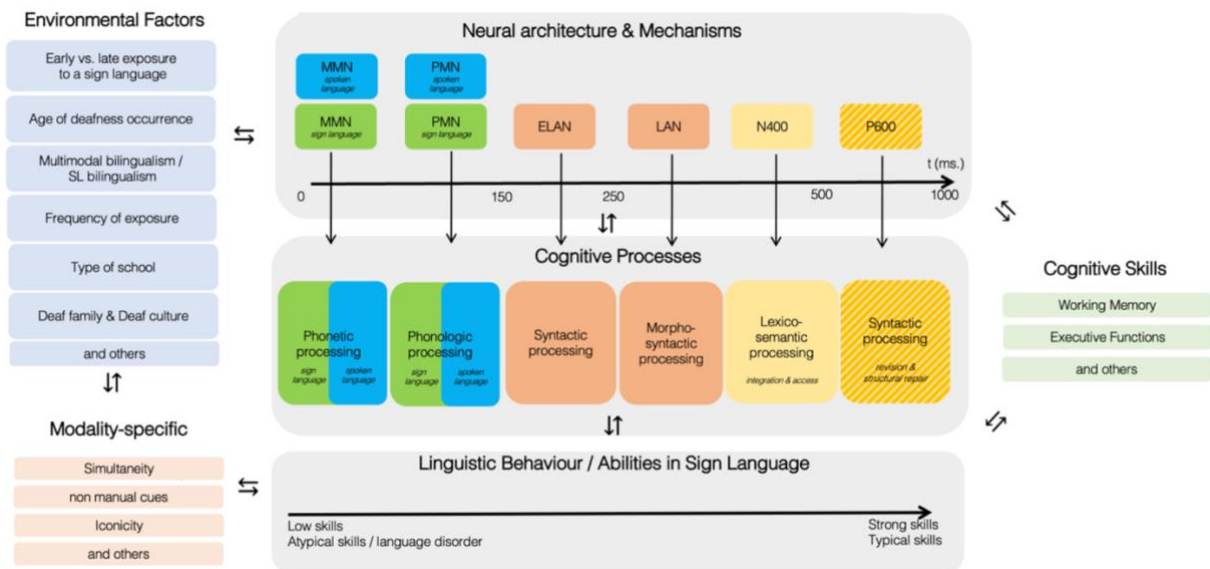


Figure 28. Modèle Sign-Prim (Bogliotti, 2023), modèle du traitement de la LS avec la prise en compte des facteurs environnementaux, des compétences cognitives et des facteurs liés à la modalité langagière.

On retrouve dans ce modèle 3 niveaux de description étant en constante interaction :

- Le niveau neural dans lequel sont intégrés les marqueurs neurologiques spatio-temporels des différents types de traitement.
- Le niveau cognitif qui fait référence aux compétences cognitives qui seraient renforcées ou altérées par les compétences neurales : bonne ou mauvaise perception des mouvements, problème de représentation phonologique, problème d'accès au lexique, etc.
- Le niveau comportemental dans lequel tous les comportements langagiers s'expriment en fonction des capacités cognitives et neurales mais également en fonction des facteurs environnementaux.

D'autre part, ce modèle intègre des modules connexes qui sont connus pour influencer le traitement du langage chez les sourds et les locuteurs des LS :

- Les facteurs environnementaux : psycholinguistiques (statut auditivo-langagier de l'entourage, âge d'acquisition, fréquence d'exposition, etc.), socio-éducatifs (langue de

l'environnement scolaire, maîtrise de la LS chez les pairs, etc.) et socio-culturels (liens avec la Culture Sourde, ancrage dans la communauté Sourde, etc.) qui doivent être pris en compte car ils exercent une influence forte sur la quantité et la qualité de l'input langagier. De même, les compétences langagières, selon le niveau de maîtrise, peuvent avoir une influence et "actualiser" les facteurs environnementaux.

- Les facteurs liés à la modalité (modality-specific) qui correspondent à toutes les spécificités des LS à prendre en compte : la bimodalité, la simultanéité, l'iconicité, les indices non manuels.
- Les facteurs cognitifs correspondent à tous les processus de mémoire, contrôle, attention et qui sont en action lors de quelque activité de langage.

La proposition d'un modèle spécifique aux LS, comme le modèle Sign-Prim, est particulièrement pertinente car la prise en compte des aspects spécifiques à la modalité signée ainsi que des facteurs spécifiques aux locuteurs sourds peut avoir un impact sur notre compréhension des mécanismes neurolinguistiques et cognitifs.

Les rares études sur le traitement neurolinguistique en LS nous apprennent que les réseaux neuronaux qui sous-tendent la production et la compréhension du langage seraient largement amodaux. Cependant, le traitement d'une LS implique certaines spécificités neurales – dont le recrutement des régions occipitales et du cortex visuel lors de la perception phonologique, de la reconnaissance lexicale et de la compréhension de phrases en LS – et la prise en compte de multiples facteurs spécifiques aux locuteurs sourds, dont fait partie l'âge d'acquisition.

Le traitement du langage : synthèse et questionnement

Alors que jusqu'à présent, les modèles de traitement du langage ont été conçus pour l'immense majorité à partir des LV, les aspects spécifiques des LS que nous avons décrits dans les chapitres précédents justifient l'émergence de modèles spécifiquement conçus à partir des LS. Les LS et les LV s'expriment dans des modalités langagières différentes mais certains mécanismes semblent ne pas en dépendre : les zones cérébrales responsables du traitement du langage sont identiques, notamment l'hémisphère gauche, et, les mêmes réseaux neuronaux sous-tendent la compréhension dans les deux modalités. Le traitement du langage serait pour une grande partie amodal. Cependant, et cela constitue un enjeu dans la démarche de travail que nous proposons, les propositions de modèles en LS montrent que les spécificités perceptives (canal visuo-gestuel) et linguistiques des LS (valeur linguistique des expressions faciales par exemple) ont des répercussions sur la structure neuroanatomique et le fonctionnement des mécanismes de traitement du langage. Aussi, puisque nous avons évoqué la problématique de l'hétérogénéité des profils de signeurs, notamment avec une acquisition tardive de la langue fréquente, la prise en compte des facteurs environnementaux (dont l'âge d'acquisition fait partie) nous paraît indispensable dans l'étude du traitement du langage en LS. Nos expériences ont donc été pensées de manière à apporter des éléments de réponse aux questions suivantes : dans quelle mesure la modalité langagière impacte-t-elle le traitement du langage ? L'âge d'acquisition a-t-il un impact sur la qualité et/ou la rapidité de traitement ? L'impact de chacun de ces facteurs et des deux facteurs de façon cumulée est-il observable chez une population d'adultes sourds signeurs effectuant des tâches de langage ?

5. Synthèse des objectifs de recherche

Notre travail de thèse s'inscrit dans un cadre théorique situé au carrefour de la psycholinguistique et des neurosciences du langage. Nous avons pour objectif d'apporter des éléments de réponse inédits concernant deux problématiques principales : l'impact de la modalité langagière sur l'accès au lexique en LSF et l'influence du facteur âge d'acquisition sur le traitement du langage, et notamment le traitement lexical, des locuteurs signeurs.

Concernant notre premier axe portant sur l'impact de la modalité, nous nous posons les questions suivantes : la modalité langagière (visuo-gestuelle vs. audio-orale) joue-t-elle un rôle particulier dans le traitement du langage et plus précisément dans le mécanisme d'accès lexical ? Est-ce qu'il existe des différences de traitement entre la reconnaissance d'un mot et celle d'un signe ? Les spécificités linguistiques des LS en général mais de la LSF dans ce cas précis, ont-elles des répercussions sur l'organisation du lexique signé et sur l'efficacité de l'accès au lexique ?

La question de l'impact de l'âge d'acquisition constitue notre deuxième axe de travail avec les questionnements suivants : étant donné l'hétérogénéité notable des profils linguistiques des sourds signeurs, l'âge d'acquisition de la LS a-t-il un impact sur l'efficacité des mécanismes de traitement langagier et en particulier de l'accès au lexique ? Peut-on observer des différences de traitement neurolinguistique entre locuteurs natifs et tardifs, ce qui attesterait des conséquences néfastes d'une privation de langage précoce pour les enfants sourds ?

Dans la partie expérimentale, nous présentons les trois études que nous avons pensées et réalisées dans le but de répondre à ces questions. La première étude présente FLexSign, la première base de données lexicales en LSF. L'absence de données lexicales sur les signes LSF, notamment en termes de fréquence, familiarité, concrétude, iconicité mais aussi d'informations temporelles, représentait un frein important aux investigations comportementales et neurophysiologiques sur les processus de traitement langagier. Nous avons pensé cette base de données pour pouvoir dans un second temps réaliser des expériences sur l'accès au lexique. Nous présentons des données recueillies à l'aide d'un questionnaire en ligne rempli par des locuteurs signeurs issus de toute la France concernant plusieurs facteurs psycholinguistiques tels que la familiarité, la concrétude et l'iconicité pour lesquels nous souhaitons investiguer les rôles et les effets sur l'accès lexical. Au final, FLexSign recense les évaluations de 34 locuteurs pour un total de 546 signes. Nous avons également conduit des analyses exploratoires sur le set de réponses récoltées et notamment

concernant les différences observables entre les évaluations des locuteurs natifs et tardifs, dans le but de dégager des pistes de réponse à la question de l'âge d'acquisition.

Notre deuxième étude se concentre sur le rôle de différents facteurs psycholinguistiques sur le processus d'accès lexical lors du traitement de signes de la LSF. Ce travail fait écho aux chapitres présentant les modèles de la reconnaissance lexicale ainsi que les effets de différents facteurs sur l'accès au lexique, et concerne également certaines notions linguistiques spécifiques aux LS, comme l'iconicité, et certaines notions psycholinguistiques relatives aux profils des signeurs. Le choix des facteurs psycholinguistiques ciblés dans cette étude – familiarité, concrétude et iconicité – a été guidé par les connaissances empiriques accumulées sur la question du traitement langagier à la fois en LV et en LS, que nous avons présentées dans les chapitres précédents. Nous présentons les résultats de 20 participants à une tâche de décision lexicale (signes/pseudo-signes) en termes de temps de réponse et de pourcentage d'erreurs. L'âge d'acquisition variant dans notre population de locuteurs, cette étude comportementale a pour objectif de proposer des pistes de réponse pour nos deux problématiques : celle de l'impact de la modalité langagière et des spécificités des LS sur l'accès au lexique et le rôle des facteurs psycholinguistiques et celle des conséquences potentielles d'un âge d'acquisition tardif sur le traitement lexical. Nous avons vu précédemment que l'iconicité tient une place importante et particulière en LSF, cette expérience inclut donc cette notion afin d'éclaircir son rôle dans la reconnaissance du signe.

Enfin, la troisième et dernière étude concerne le rôle de l'âge d'acquisition sur les processus neurocognitifs en jeu dans le traitement du langage en LSF. Elle est à mettre en lien avec la description linguistique de la LSF, celle des locuteurs mais aussi avec les modèles théoriques du traitement du langage en LV et en LS. En proposant une étude EEG, notre objectif est d'observer le déroulement temporel du traitement du langage en temps réel. Cette expérience, proposée à des adultes sourds signeurs natifs et non-natifs, consiste donc en une violation sémantique de phrases en LSF avec une tâche de vérification attentionnelle associée. L'expérience cible à la fois l'intégration de la sémantique et de la syntaxe, pour lesquelles nous avons chacune décrits des spécificités inhérentes aux LS, afin de dégager des axes de réponse concernant l'impact de la modalité. Cette expérience soumise à des participants présentant des âges d'acquisition différents participe également à présenter des débuts de réponse sur l'effet de l'âge d'acquisition et de l'exposition à la langue sur les processus d'intégration et de traitement du langage.

PARTIE EXPÉRIMENTALE

1. FLexSign - Fréquence Lexicale des Signes : la première base de données lexicale en LSF

Ce data-paper a été soumis dans une revue internationale en juillet 2023. Nous avons été invités à réviser notre proposition et avons pu soumettre une nouvelle version en mai 2024. À ce jour, nous sommes dans l'attente d'une réponse de l'éditeur.

Introduction. Il est connu que la qualité et la vitesse d'accès au lexique sont influencées par des facteurs psycholinguistiques et linguistiques tels que la familiarité et la concrétude. Pour l'heure, de telles études sont rares pour les LS, alors que disposer d'informations psycholinguistiques sur le lexique d'une langue est une étape préalable essentielle à l'étude de l'accès au lexique. Aussi, pendant notre travail de doctorat, nous avons cherché à connaître l'influence des facteurs connus en LV, i.e., familiarité et concrétude, mais également, l'effet de l'iconicité, ce facteur étant au centre de la création lexicale dans les LS. L'absence de telles informations pour la LSF est d'ailleurs un frein pour étudier les processus de traitement du langage dans cette langue. Nous présentons ici la première base de données lexicale en LSF que nous avons nommée FlexSign. Cette base de données présente l'évaluation des locuteurs sur les 3 facteurs.

Méthode. Pour cette étude, nous avons sollicité 33 locuteurs de la LSF, signeurs natifs ou tardifs. Ils ont répondu à un questionnaire en ligne sur LimeSurvey ©. Chaque participant était invité à évaluer la familiarité, la concrétude et l'iconicité de 546 signes LSF sur une échelle de Likert allant de 1 à 5 (1- pas ou très peu familier/concret/iconique à 5- très familier/concret/iconique).

Résultats et Discussion. Nous avons pu constater que les scores de familiarité étaient répartis de façon asymétrique avec la majorité des signes jugés comme familiers (entre 3 et 5). Ce résultat s'explique par le fait que le concept de « signes rares » est difficile à envisager en LS. En effet, la majorité des concepts rares ne sont pas lexicalisés, et les locuteurs ont recours à la dactylogogie. Dans notre échantillon, nous n'avons pas de signes dactylogogés. Les scores de concrétude et d'iconicité étaient répartis de façon homogène (entre 1 et 5). Par ailleurs, nous avons aussi constaté que les scores de concrétude étaient fortement corrélés aux scores d'iconicité, c'est-à-dire que les signes très iconiques renvoient généralement à des concepts très concrets.

Des analyses exploratoires pour évaluer l'impact de l'âge d'acquisition ont montré une corrélation entre les scores des signeurs natifs et non-natifs, mais avec des tendances moyennes différentes. Les scores de familiarité étaient plus élevés chez les signeurs natifs, ce qui est directement lié à l'exposition à la langue plus importante. Au contraire, les signeurs non-natifs semblent être plus sensibles à l'iconicité des signes, ce qui renvoie aux travaux précédents évoquant un effet facilitateur de l'iconicité sur l'acquisition du vocabulaire chez des apprenants tardifs des LS uniquement.

FLexSign est une base de données qui contient actuellement des informations lexicales en termes de familiarité, de concrétude et d'iconicité pour 546 signes de la LSF. Suite à cette récolte de données, nous pourrions sélectionner les extrêmes de chaque dimension (signes très familier/concret/iconique vs. signes peu familier/concret/iconique) pour étudier l'effet de nos 3 facteurs sur l'accès lexical en LSF. Les analyses réalisées sur les données récoltées, bien qu'exploratoires, ont également permis de formuler de premières hypothèses sur le traitement lexical en LSF des locuteurs natifs et non-natifs qui seront à approfondir et confirmer par de futures recherches. FlexSign sera d'une grande utilité pour les chercheurs en langue des signes, en fournissant des informations linguistiques qui n'étaient pas disponibles auparavant et en offrant de nombreuses possibilités aux niveaux expérimental et clinique.

FLexSign: a lexical database in French Sign Language (LSF)

Abstract

In psycholinguistics, studies are conducted to understand language processing mechanisms, whether in comprehension or in production, and independently of the language modality. To do so, researchers need accurate psycholinguistic information about the linguistic material they use. One main obstacle to this process is the lack of information available in sign language. While some lexical databases exist in multiple sign languages, to the best of our knowledge, psycholinguistic data for French Sign Language (LSF) signs is not yet available. The present study presents FLexSign, the first interactive lexical database for LSF, inspired by ASL-Lex (Caselli et al., 2017). The database includes familiarity, concreteness, and iconicity data for 546 signs of LSF. These three factors are known to influence the speed or the accuracy of lexical processing. Familiarity and concreteness are known to generate a robust facilitative effect on sign processing, while iconicity plays a complex but crucial role in the creation and organization of sign language lexicons. Therefore, having accurate information on the iconicity of LSF signs would help to better understand the role of this notion in lexical processing. To develop the database, 33 participants were recruited and asked to complete an online questionnaire. The FLexSign database will be of great use to sign language researchers, providing linguistic information that was previously unavailable and offering many opportunities at both the experimental and clinical levels. The database is also open to future contributions.

Keywords

LSF, lexical database, familiarity, concreteness, iconicity

Introduction

Psycholinguistic researchers run experiments in order to better understand the mechanisms of language processing, both in comprehension and in production. To do so, they need to have accurate information about the linguistic material they are using to describe the observed responses and related language processing mechanisms. This is the case independently of the modality of the studied language (in spoken languages: Adorni & Proverbio, 2012; Barber et al., 2013; in sign languages: Bosworth & Emmorey, 2010). However, most of the studies have been done on spoken language, in an auditory-oral modality, and few studies have been conducted on sign languages. These languages have a rich and varied lexicon, their own phonology (manual and non-manual) and spatial syntax. The perception of language is therefore different because of the visual-spatial modality and the properties of its linguistic material. In this paper, we expand psycholinguistic research on sign languages by focusing on lexical familiarity, concreteness and iconicity when collecting data on the French Sign Language lexicon. Our work has resulted in the first lexical database for LSF called FLexSign (Frequency Lexicon of LSF Signs). This database includes lexical data for familiarity, concreteness and iconicity of 546 LSF signs. All data were collected from 33 LSF signer participants using an online survey. This database is useful to sign language researchers and clinical practitioners as it provides information that was unavailable so far. In addition, the FLexSign database is open to future contributions and opens up many perspectives, such as experiments on lexical processing and differences between native and non-native signers. This first LSF lexical database can be extended in the future with information usually contained in other databases, e.g. phonological features (e.g. hand configuration), comparative lexical notions like neighborhood density, and more psycholinguistic data such as age of acquisition of the sign.

Psycholinguistic data

Lexical familiarity. It has been established that lexical frequency plays a facilitating role in language processing. Highly frequent words are recognized faster and more accurately than less frequent words. This had been shown in spoken language (in English: Monsell et al., 1989; in French: Ferrand et al., 2010; for a review: Brysbaert et al., 2018) as well as in sign language (in Spanish Sign Language, LSE: Carreiras et al., 2008; in Australian Sign Language, Auslan: Johnston, 2012). However, lexical frequency is not a univocal concept and needs to be well defined. We can distinguish:

- Objective frequency, which refers to the number of occurrences of a word in written or spoken corpora: e.g. in French, the LEXIQUE 3 database (New et al., 2005) or the corpus of subtitles SUBTLEX(US) by Brysbaert and New (2009).
- Subjective frequency or familiarity (we use the latter term from now on) which is based on speakers' judgments, who assess the frequency with which they receive and produce a given word in their daily language.

In spoken language, lexical frequency has thus been obtained via spoken or written corpora, usually including large amounts of data. Collecting the same kind of data in sign language is much more complex because it is harder to rely on annotated corpora, which are less common than spoken language corpora that do have a written code. Morford & MacFarlane (2003) managed to conduct a preliminary study of objective frequencies in ASL by collecting a corpus of 4111 signs. Their number of items is obviously not comparable to those collected in spoken language corpora which reach millions of words. Given the difficulty in obtaining objective frequencies in sign language, the reliable alternative is to collect familiarity data. To obtain these familiarity ratings, the most widely used method is to present speakers with a familiarity scale: e.g. Emmorey (1991) asked native signers to rate the frequency of ASL signs on a scale ranging from 1 to 10. The same method has been used in spoken language (Wang & Chen, 2020) and in other sign languages (LSE: Carreiras et al., 2008; BSL: Vinson et al., 2008; DGS: Trettenbrein et al., 2021). Furthermore, the strong correspondence reported between familiarity and objective frequency proves that this is a relevant and valid method to create psycholinguistic norms (Balota et al., 2001; Gernsbacher, 1984; Gilhooly & Logie, 1980; Stadthagen-Gonzalez & Davis, 2006).

Like objective frequency, familiarity is known to influence lexical processing of the word in spoken language. Several studies using rating scales have confirmed the strong and facilitating effect of familiarity: words rated very familiar are processed faster in a lexical decision task than words rated less familiar (in English: Newman & German, 2005; Stadthagen-Gonzalez & Davis, 2006). Similarly, Emmorey (1991) concluded that in a lexical decision task in sign language (here ASL), native signers responded significantly faster to signs rated very familiar on a scale compared to less familiar signs. In another study on Spanish Sign Language, Carreiras et al. (2008) had to rely on familiarity ratings to conduct experiments about the effect of familiarity and phonological neighborhood on lexical access. They asked native and non-native Spanish sign language signers to assess sign familiarity using scales ranging from 1 to 7. They observed that familiarity ratings did not differ between the two groups, suggesting that Age of language Acquisition (AoA) does not impact the ratings. However, their experiments in lexical access revealed that native and non-native signers are

not influenced by sign familiarity in the same way. Native signers respond faster than non-natives in a lexical decision task but differences between high and low familiarity signs are only observed for non-native signers.

Concreteness. Concreteness is a semantic notion defined as "the degree to which words refer to individuals, places, or objects that can be perceived with any of our five senses" (Bonin et al., 2003). Several experiments have shown that concrete words were recognized faster than abstract ones during different cognitive tasks, such as lexical decision or semantic categorization (Goh et al., 2016). There are two competing theories that attempt to explain this concreteness effect: on the one hand, the Dual-coding Theory (Paivio, 1991) and on the other, the Context-availability Model (Schwanenflugel, 1991). According to Paivio (1991), the facilitating effect of concreteness comes from a double mental representation of concrete words, both verbal and visual, whereas abstract words generate a verbal representation only. More precisely, the double coding of concrete words in the verbal semantic system and in the non-verbal (i.e., visual) semantic system accelerates the activation of concrete words compared to abstract words, which activate only the verbal semantic system. In this model, pseudowords are considered to have little or no semantic activation effect. Schwanenflugel (1991) postulates that processing an abstract word is made more difficult and slower by the greater difficulty in retrieving general information and knowledge related to the word compared to processing a concrete word. His theory is based primarily on the importance of general knowledge and awareness, i.e., the context, which according to the experiments conducted, is enough for the individual to process an abstract word as quickly as a concrete word (Schwanenflugel et al., 1988; Schwanenflugel & Stowe, 1989). Since these two theories co-exist, more recent studies have investigated the concreteness effect (Adorni & Proverbio, 2012; Barber et al., 2013; Welcome et al., 2011). This work has been largely facilitated by the existence of psycholinguistic norms on concreteness in the studied languages. To date, while the role of concreteness in lexical access is well understood in spoken languages, it has not yet been possible to study it in sign languages for which such concreteness norms are missing. A few studies have addressed the notion of concreteness in sign language (Emmorey & Corina, 1993; Caselli & Pyers, 2020; Emmorey et al., 2020). In their work, the authors report that concrete ASL signs are recognized and processed faster than abstract signs in a lexical decision task (Emmorey et al., 2020). In summary, both the verbal and visual format of a concrete word and general knowledge are important parameters for word access and recognition. The visual-gestural modality naturally implies visual semantic representations since signs are created from a visual image based on a concept (Taub, 2001). As a result, processing signs involves both linguistic (verbal semantic system) and imagistic (non-verbal

semantic system) representations. Collecting measures of concreteness in LSF makes it possible to highlight the potential impact of concreteness on lexical access in sign language.

Iconicity. Iconicity is an essential property of signed languages. It plays a central role in the creation and organization of the sign language lexicon and conveys semantic and lexical information (Taub, 2001). According to Taub (2001), the creation of iconic signs begins with the concept, followed by the visual image based on this concept. The image is then schematized to fit sign language phonology leading to the encoding of this image in a sign. Therefore, iconicity exists in sign language because they use visual modality.



Figure 1. Examples of iconic signs BOOK (A) and HELICOPTER (B) and non-iconic signs WATER (C) and DOCTOR (D).

Few works have been done on iconicity in spoken languages (Perniss et al., 2010; Dingemanse et al., 2020). However, studies on sign language have observed an iconicity effect on semantic tasks (Thompson et al., 2009; Vinson et al., 2015). Iconicity is now known to shape a structured mapping between two more or less overlapping mental representations (Perniss et al., 2010; Emmorey, 2014; Kimmelman et al., 2018; Trettenbrein et al., 2021), although the extent of this iconicity effect is still debated. In previous work, Bosworth and Emmorey (2010) studied the effect of iconicity during the semantic processing of an ASL sign. They observed that iconicity had no impact on semantic activation, i.e. iconic signs were not

recognized faster or more accurately than were non-iconic signs. Baus et al. (2013) also manipulated iconicity in a study with L2 hearing ASL learners and ASL-English bilinguals and suggested that iconicity benefits novice language learners. Their hypothesis is that iconicity can facilitate memorization in the early stages of adult sign language learning. Similarly, the work by Ortega (2017) concluded that iconicity has a facilitatory effect only in the context of late sign language acquisition or for second language learners. Therefore, for the purpose of acquiring sign language, referring to iconicity measures for signs is important because the strong link between sign and concept could help sign language learners to encode the lexicon. Similarly, Thompson et al. (2009) observed that fast reaction times were correlated with highly iconic signs for native signers, highlighting an easier lexical retrieval. Furthermore, Caselli & Pyers (2017) asked parents of deaf children with early exposure to ASL to complete questionnaires about language acquisition. These results along with those of Thompson et al. (2012) provide additional evidence of a facilitating effect of iconicity in children's vocabulary acquisition. Caselli and Pyers (2017) also provide information on the links between iconicity, phonological neighborhood density and lexical frequency. More precisely, regarding the superiority of the iconicity effect compared to the roles of lexical frequency and phonological neighborhood density in vocabulary acquisition, their findings suggest that each of these three factors has a facilitating effect on vocabulary acquisition, independently of one another. Our intuitions and these different conclusions motivated us to include iconicity in our database. Having iconicity norms on part of the LSF lexicon is a necessary step before considering this notion as a psycholinguistic factor in experiments on lexical access in sign language.

Existing psycholinguistic lexical databases

Psycholinguists, among others, depend on lexical databases to design experiments. A lexical database is a collection of information about the lexicon of a language that illustrates how psycholinguistic factors affect linguistic units. When studying lexical access, the mechanism underlying word recognition, it is essential to control the psycholinguistic factors of the words used in the experiment. Psycholinguistic standards containing different kinds of lexical properties exist in many spoken languages but are still very rare, as we said, in sign languages. To date, only a few sign language databases have been published, and some of them present standardized data on a large number of signs. The following are, to the best of our knowledge, the most complete:

- ASL-LEX (Caselli et al., 2017; Sehyr et al., 2021) is an interactive, searchable online database containing information on lexical and phonological features for approximately

3000 ASL signs. Lexical frequency data is based on deaf signers' familiarity ratings while iconicity data was collected from signers and non-signers.

- LSE-Sign in Spanish sign language (Gutierrez-Sigut et al., 2016) contains 2400 signs from a standardized dictionary as well as 2700 related pseudo-signs. The data collected provide information about the phonology and articulatory parameters of signs.
- ISL-LEX (Morgan et al., 2022) is a database similar to ASL-LEX: it contains subjective frequency and iconicity ratings for 960 signs of Israeli Sign Language (ISL).

We can also cite other works focusing on a set of sign languages (Kimmelman et al., 2018) or on a smaller number of signs (Trettenbrein et al., 2021) who compiled psycholinguistic norms for 300 lexical DGS signs regarding frequency, iconicity and AoA.

As already mentioned, to date, there is no lexical database in LSF. The absence of such data is a limitation for psycholinguistic research, as controlled linguistic material is required to design psycholinguistic experiments. Up to now, studies on the neurolinguistic processing of sign language have been done only when enough psycholinguistic data were available. As an example, the behavioral and neurophysiological studies on lexical access run by Emmorey et al. (2020) in ASL were greatly facilitated thanks to the database ASL-LEX. Their stimuli were therefore better controlled in familiarity, concreteness, and iconicity. The existence of a database on the LSF lexicon would be a notable contribution for sign language psycholinguists. Access to this information would facilitate future research on LSF processing by providing controlled and standardized lexical material and cross-linguistic research in general. The creation of such a tool would also bring visibility and credibility to sign language research, if still needed. Because lexical databases are also widely used in the fields of language dissemination and teaching, having a first lexical database in LSF would logically find a concrete application with professionals and trainers in the teaching of LSF. Overall, the development of an LSF lexical database is an important and innovative contribution to research and language users.

Methods

The creation of a database in a language with a visual-gestural modality is a challenge and this is the reason why such databases are rare. It is therefore necessary to collect data as part of the development of a first tool, open to future contributions. In order to obtain a significant number of accurate assessments for each sign of our database, we made two important decisions regarding how to collect the data: i) We used a unique online survey to collect assessments. This online survey has allowed us to reach different parts of France and

maximize the number of participants in the study. It also ensured that the metadata and data collection process was identical for all participants. ii) The survey was addressed only to signers of LSF, excluding non-signers, which directly guarantees uniform evaluations from language users. We consider that signers of a language are the best providers of the expertise and intuition needed about the lexicon of their language. We think this is beneficial from a qualitative but also epistemological point of view.

Procedure. We used the online questionnaire platform LimeSurvey© to gather all the ratings. Prior to the questionnaire, participants had to fill in a metadata form (see *Participants* section) and pass a sign language level test. For that, we used a task of designation as it has previously been done in Bogliotti (2023). The participants had to choose one sign between four according to its meaning. This task was repeated 7 times with different items. As there is no efficiency test in LSF, we considered a score of 75% to be a minimum threshold (hence a score greater than 5). The 25% errors may be due to button errors or inattention. All participants obtained a sufficient score to continue the questionnaire (range = 6 - 7, mean = 6.93, 99%). Each participant's score was added to the metadata ('metadata' file).

In the questionnaire, all the signs were presented following the same procedure: the LSF sign was shown, without any other cue such as translation in written or spoken French. Along with the video of the sign, three questions were asked. The video of the sign remained active and was displayed on automatic looping during the answers to the three questions. The questions asked concerned the three factors that we wished to assess: familiarity, concreteness and iconicity. Questions were formulated in sign language (LSF) and written French: 1. Is this sign frequent / familiar?; 2. Is this sign concrete?; 3. Is this sign iconic? (see the [Appendix](#) for the instruction glosses and translations). As the LSF sign for familiarity refers to both concepts of frequency and familiarity, we chose to use the terms frequent and familiar. The participant was asked to answer using a scale from 1 to 5 (Likert Scale) by clicking on one of the five values (see Figure 2). All participants rated the signs in the same order, but this fixed order was randomly defined in the experimental design. The participants rate the different properties of the sign also in a unique sequence: familiarity, concreteness and iconicity. All answers were mandatory, and the participant could not continue with the questionnaire if the answers were not given for each of the three questions. Considering the high number of signs to be assessed, we divided the set of stimuli into 5 blocks (Lists A, B, C, D & E) resulting in 5 different questionnaires including around 110 signs each. Each participant chose to complete 1 or several blocks, up to a maximum of 5. Participants were not able to repeat the questionnaire. They had only one possibility to rate one block of signs and they had to do it in a single sitting. No break was proposed during the completion of the questionnaire. They had one month from

the link reception to do it. We made sure that all the blocks were homogeneous, with the same number of stimuli, and associated with the same instructions. All the answers were automatically saved at the end of the questionnaire for each participant. One survey was estimated to take around 30 minutes to complete.

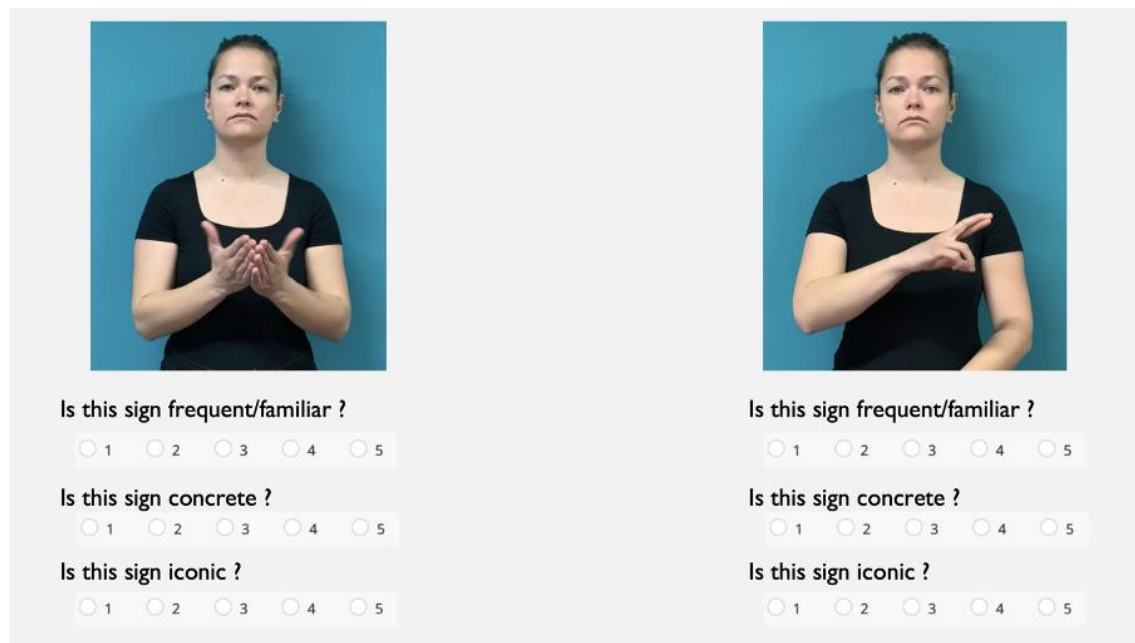


Figure 2. Example of our questions for two signs [BOOK] on the left and [RECORD] on the right.

Stimuli. We did not have psycholinguistic data on any sign of the LSF lexicon. Therefore, we selected 546 signs from a corpus of LSF sentences relating to everyday life and deaf culture (Bogliotti et al. forthcoming). All signs were validated and filmed by a native deaf signer from Paris area who signs what looks most like a textbook LSF. Proper names and regional signs were not included in the selection. A sign is considered regional if it varies in different regions of France and does not have a widespread use. We therefore used two complementary methods to select the signs of our database: first, we selected the most widespread variants used in LSF teaching manuals and linguistic material (cf. LSF/French bilingual dictionary, Moody et al., 1997); secondly, we asked our expert deaf native LSF signer to assess if the sign is knowledgeable in all regions. We retained the signs that are both used in the textbooks mentioned and that are validated by our expert as recognizable and known by signers from all regions.

For the experiment, mouthing was not suppressed during video capture. Signs were recorded in isolation, not within a sentence, from hands in resting position to hands in resting position in groups of 10. Each sign video was trimmed using QuickTime Player© video player. A video is delimited by two resting positions (see Figure 3).

The sign videos were recorded using an iPhone XR on a tripod. The resolution of the videos is 1920x1080 pixels, with a frame rate of 30 frames per second (fps). The videos were recorded and distributed in MP4 format, ensuring its quality and long-term compatibility. Graphics Interchange Format (GIFs) with a resolution of 650x650 and a frame rate of 30 fps were created from these videos to make them easier to incorporate into a website.

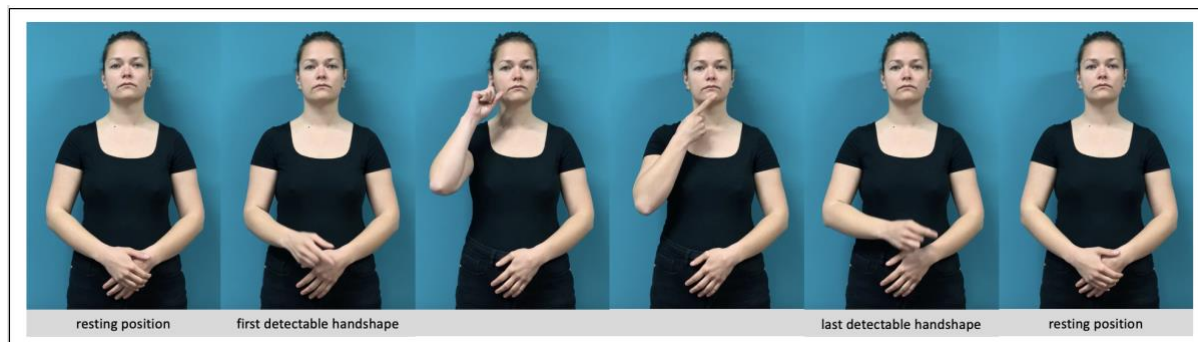


Figure 3. Snapshots from the video clip of the sign [DEAF].

The stimuli properties also included specific timing characteristics: videoclip duration, sign duration, sign onset, and sign offset. The sign onset was carefully defined as the first video frame displaying a fully formed manual handshape (Caselli et al., 2017; Emmorey et al., 2020). We considered the sign onset as the first detectable handshape, and not the handshape and its location because we believe that there is semantic information conveyed and processed through the handshape configuration before the sign reaches the target location. In the same way, sign offset was defined as the last frame displaying the sign handshape. As there are many ways to consider the temporal limits of a sign, the precision with which we determine the onset, and the end of a sign is therefore valuable. As we have provided these temporal details, comparisons with work in other sign languages could be made. This information is available in our database ('videos_data' file).

Participants. 34 participants took part in the FLexSign survey (19 female). Only 1 participant was excluded for not completing at least one full block, with 33 participants remaining in the end. Participants came from all over France. The vast majority of the participants were deaf ($N = 30$) and ranged in age from 17 to 69 years ($M = 31$, $Mo = 25$, $Md = 27$, $SD = 10.75$). Regarding LSF acquisition, participants were asked whether they were native or late learners of sign language and, if so, what age they were for sign language acquisition. A native signer is someone who acquired sign language from birth or very early in childhood while a non-native signer acquired sign language later in life (6 years old is the threshold age at which a participant is considered a late learner). Among our participants, 20 were native signers. The 13 late signers had an average age of sign language acquisition of about 12.8 years (range = 2-24).

One question concerned the frequency of use of LSF in daily life (1-very rarely; 2-rarely; 3-sometimes; 4-often; 5-every day). 24 participants said that they were exposed to LSF every day (often = 4, sometimes = 1, rarely = 1). Participants were also asked where they had learned the language (school environment, family environment, community, association...). Finally, they had to assess their own level of competence in LSF. All participants were financially compensated for their participation in the experiment (10 euros per questionnaire). Consent and RGPD was requested.

Data and exploratory analysis

The data results from the experiments are grouped into four tables. The first table ('data' file) contains the raw scores for the three linguistic factors assessed, and descriptive statistics over the set of ratings of each participant. The mean of the scores and their standard deviations were computed for each participant considering the sign groups separately. The mean and the standard deviation were then used to compute the z-scores over the ratings of each participant also by group of signs. In a second table ('sign_data' file), we computed the mean, standard deviation, mean of the z-scores, and the number of ratings per sign using the data mentioned above. On average, each sign was rated by 15 participants (range = 14-21). The third and fourth tables contain respectively metadata about our participants and about each sign as described above. In all tables, the sign has a unique identifying code. The sign glosses were chosen to be as close as possible to the two languages (LSF meaning and French translation). The data in the tables can be merged through the IDs of the participants and the ID of the sign. All the data are available in an easy-to-read tabular format in the FlexSign site and an online repository, ensuring replicability and use. The website demo source code is also available.

Data quality. Our study does not include catch trials to evaluate the quality of rating and the participants attention. However, each section is completed by at least 15 participants who rate more than 100 signs. This allows us to evaluate the reliability of raters and the quality of our data, by computing the Intraclass Correlation (type = ICC2k) over the participant ratings for each sign, as a measure of inter-rater reliability. More precisely, we compute ICC2k for each factor for each block of signs. Overall, we obtain a good reliability for familiarity factor (ICC(108-9, 1417-1620) = 0.776-0.819, $F = 7.3-8.4$, $p < 0.001$, CI[0.67-0.74,0.84-0.87]) and for iconicity factor (ICC(108-109,1417-1620) = 0.75-0.90, $F = 5.16-16.43$, $p < 0.01$, CI[0.66-0.87,0.81-0.92], range are given for all blocks); for concreteness, we get a moderate reliability ICC(108-109,1417-1620) = 0.62-0.74, $F = 3.8-5.7$, $p < 0.01$, CI[0.5-0.66,0.72-0.82]). These measures could be seen in the data exploration script ('descriptive_statistics' file). We have used the R implementation of ICC2k of the *psych* package.

Data distribution and correlation. An exploratory analysis of these data showed that the mean familiarity scores distribution was skewed to the left (Figure 3). The two least familiar signs were HANDISPORT [parasport] ($M = 1.466$) and COCON [cocoon] ($M = 1.5$), and the two most familiar were SOURD [deaf] ($M = 5$) and MANGER [to eat] ($M = 4.928$).

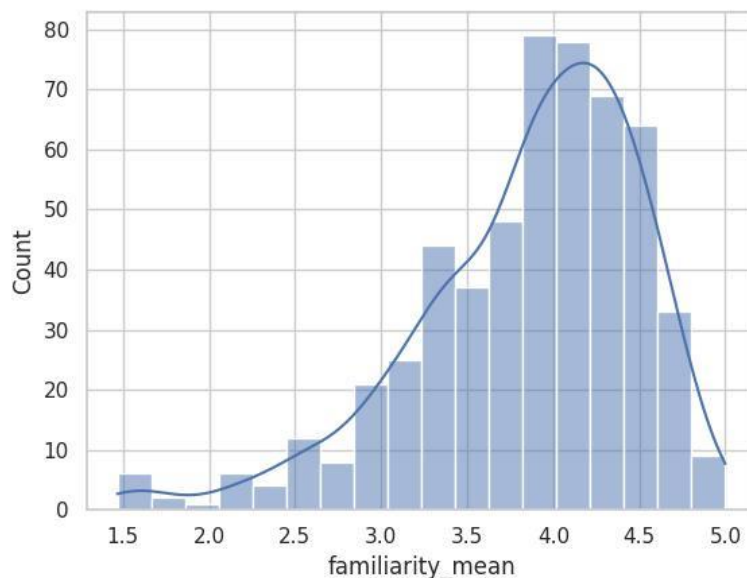


Figure 3. Familiarity distribution of ratings for our 546 LSF signs.

The iconicity and concreteness scores were more evenly distributed with less skewed distributions and values (Figure 4). The two signs with the highest and lowest iconicity scores were respectively QUESTION [question] ($M = 4.866$) and MAISON [house] ($M = 4.812$), and BIENTOT [soon] ($M = 1.357$) and BIZARRE [weird] ($M = 1.4$). The signs with the highest concreteness scores were respectively CHEVEUX [hair] ($M = 4.714$) and VOITURE [car] ($M = 4.714$), and HANDISPORT [parasport] ($M = 1.466$) and DECOLLER [take something off] ($M = 1.666$).

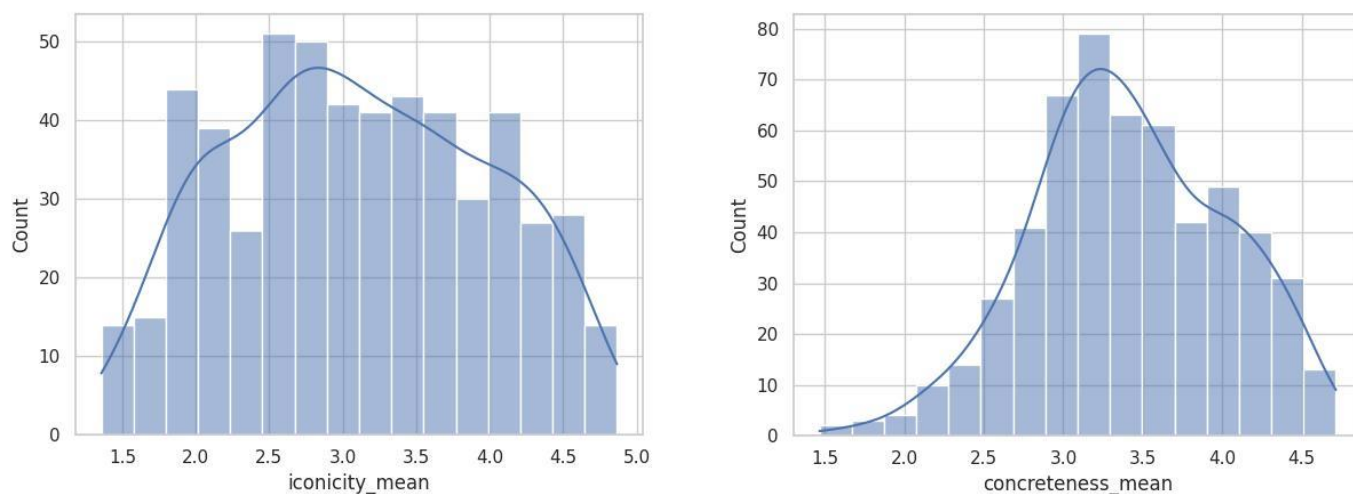


Figure 4. Iconicity and concreteness distribution of ratings for our 546 LSF signs.

When comparing the distributions pairwise (refer to Figures 5a, 5b and 5c), there seems to be a high disparity between the familiarity and iconicity scores. However, the familiarity-concreteness and the iconicity-concreteness pairs appear to be more correlated, being the latter the one more strongly correlated. To perform a more in-depth analysis, for each pair of factors, the nonparametric Spearman two-sided and directional correlation was computed to determine if there was a significant correlation between them. Familiarity scores were weakly and positively correlated with concreteness scores ($r = 0.256$, $p\text{-value} < 0.001$) and not correlated with iconicity scores ($r = 0.025$, $p\text{-value} = 0.55$). On the other hand, iconicity and concreteness (Figure 5) were strongly and positively correlated ($r = 0.765$, $p\text{-value} < 0.001$).

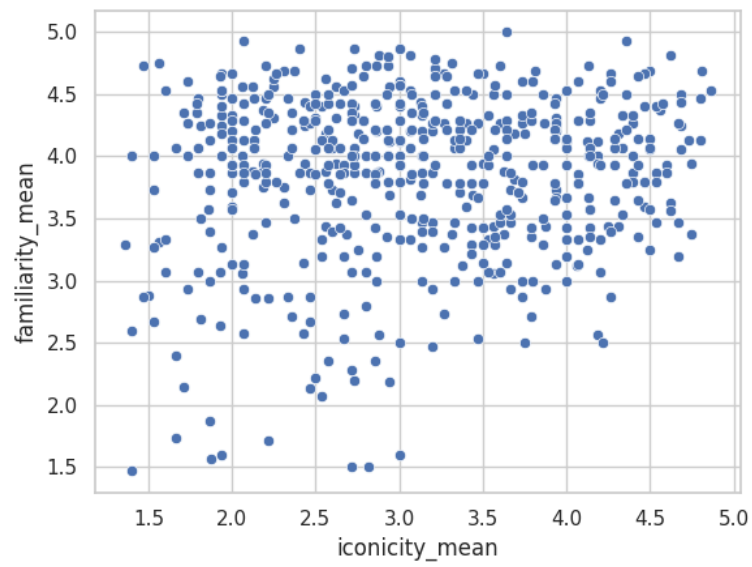


Figure 5a. Scatter plot between the sign concreteness and iconicity scores. There are 546 data points, each corresponding to the mean score of a sign.

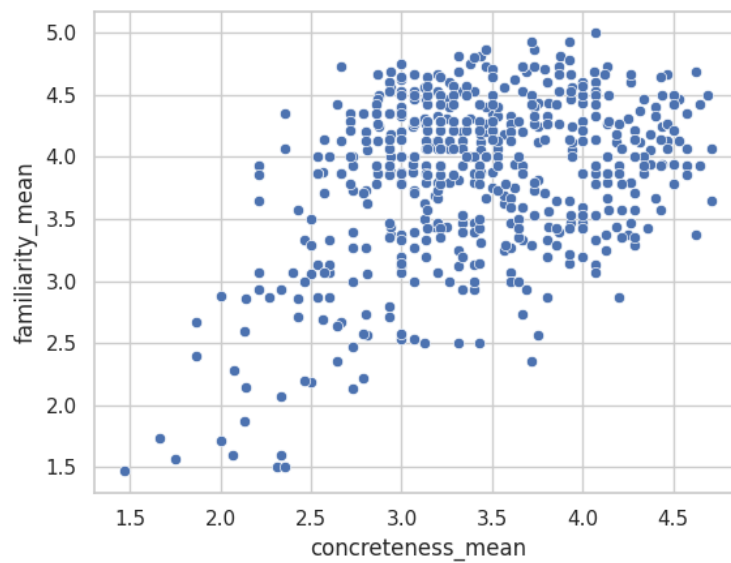


Figure 5b. Scatter plot between the sign concreteness and iconicity scores. There are 546 data points, each corresponding to the mean score of a sign.

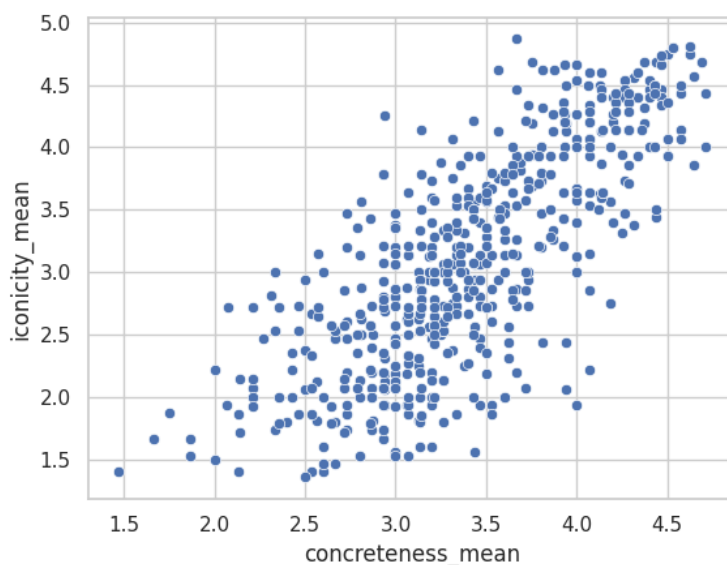


Figure 5c. Scatter plot between the sign concreteness and iconicity scores. There are 546 data points, each corresponding to the mean score of a sign.

Native vs. non-native ratings. Information about native and non-native ratings allows us to explore the difference or similarities for the two populations across the three psycholinguistic factors collected. A first approximation to the data shows a difference in the distributions. The datapoints, as expected, are scattered: each participant rates different signs, more or less familiar, concrete or iconic. The reasons explaining the different distributions are not the same for each factor. In Figure 6, we see that native signers tend to score higher on familiarity and non-native signers on iconicity scores. In two cases there is a slight shift in the location of ratings. As for concreteness, we see a general dispersion between the scores of the two populations and a not clear difference in medians.

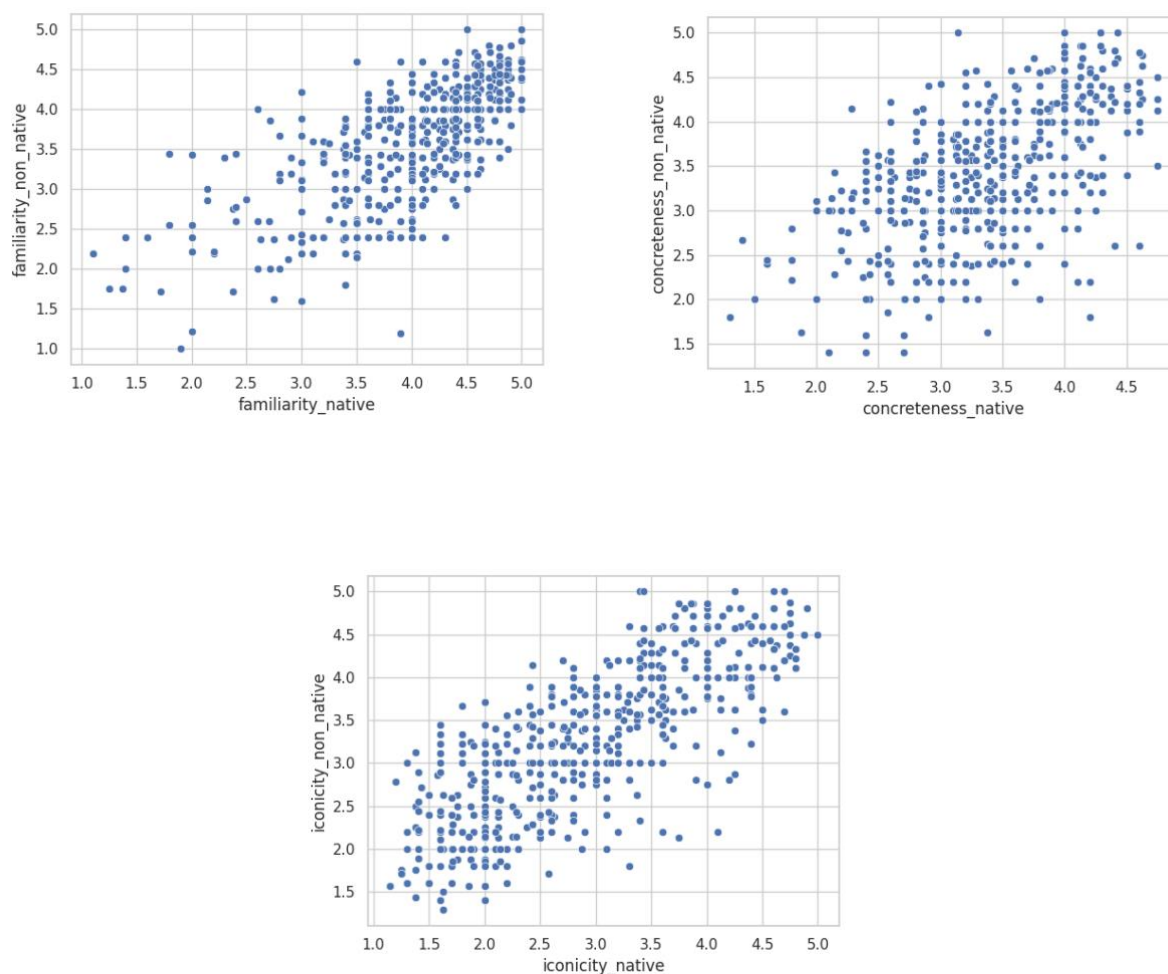


Figure 6. Scatter plot containing the scores of native and non-native signers for familiarity, concreteness and iconicity factors. There are 546 data points, each corresponding to the mean score of a sign.

We have computed the nonparametric Wilcoxon signed-rank test, two-sided and directional, and its effect size (Rank-biserial correlation) over the mean rating for each sign to determine whether there was a significant difference between the two group distributions according to their central tendency. While there is not a significant difference between the two distributions for the concreteness factor ($p > 0.1$, $RBC = -0.07$, two-sided), there are much larger differences between the two groups for familiarity and iconicity ratings. Native signers tend to give higher scores for familiarity, with a significant difference in the distribution ($p < 0.001$, $RBC = 0.7$), but lower values to the iconicity of the sign, compared to the non-native group ($p < 0.001$, $RBC = -0.59$)

In the following section, psycholinguistic and linguistically motivated and possible interpretations of these and the previously mentioned results are presented.

Discussion

Our goal was to collect lexical data for familiarity, concreteness and iconicity of 546 LSF signs in order to develop the first lexical database in French Sign Language. For familiarity, we obtained a mean distribution of scores skewed to the left whereas for concreteness and iconicity, we obtained more even distributions of scores. The skewness of familiarity ratings towards higher scores can be explained by the properties of the signed lexicon. Semantic concepts that are less common and therefore unfamiliar are rarely lexicalized with manual signs. This is the case for a whole part of the lexicon, referred to as the non-core lexicon, such as professional and technical lexicons or vocabulary specific to unusual domains. In these cases, signers use dactylogogy (sign language spelling), a manual code to express the orthography of the surrounding spoken language. Signs are then qualified as fingerspelled (Brentari & Padden, 2001). This modality-specific aspect of sign language may account for the uneven distribution of our familiarity ratings because no fingerspelled signs were present in our database since they are not lexicalized signs. The positive correlation between familiarity and concreteness, although weak, is understandable given that a majority of the common lexicon relates to concrete concepts. Most of the items included in the non-core lexicon refer to abstract notions. Familiarity scores were not correlated with iconicity, the latter being very equally distributed. We therefore compared it with previous work. A negative correlation has been found between familiarity and iconicity in ASL (Caselli et al., 2017; Sehyr et al., 2021) and in Spanish Sign Language (LSE: Costello et al., 2023). We understand that the more frequent the signs are, the more they tend to lose their original iconic anchoring, possibly in favor of an anchoring in the phonological system (Taub, 2001). On the contrary, Vinson et al. (2008) reported a weak but positive correlation between frequency and iconicity in BSL but had previously selected the stimuli on purpose to have a varied distribution. Regarding the concreteness results, the correlation between iconicity and concreteness in our work is consistent with the work of Perlman et al. (2018) who found that more iconic signs tend to be more concrete. This relationship was observed in sign languages (e.g. McGarry et al., 2020 and Emmorey et al., 2020 for ASL), but not for spoken languages (Hinojosa et al., 2021).

Another strength of our data resides in the fact that it is the LSF signers, and a great number of native signers, who assessed the signs in the three chosen dimensions: familiarity, concreteness and iconicity. The translations of the signs or their meaning in French were not considered in the measurements.

In addition, the data were analyzed in the light of differences in AoA. We observed a correlation between group scores (native and non-native) but with different central tendencies. The higher

familiarity scores of native signers could refer directly to language use and frequency of exposure. Among the 20 native participants, 85% had daily exposure to LSF while this was the case for only 50% of non-native signers in our study. This difference in frequency of sign language exposure among our participants, correlated with age of language acquisition, echoes the heterogeneity of signers' profiles in France, although not in the same proportions. Concerning iconicity ratings, non-native signers appeared to be more sensitive to sign iconicity. For signs, native signers tend to process signs more directly and are therefore less sensitive to iconicity than non-native signers, who have a less efficient lexical organization, making them more sensitive to and aware of the iconicity, as they rely more on it to process signs. This can explain why non-natives rated the signs as more iconic on average. Here, we can make an analogy with the dual-route model of written word recognition, where units (words) can be processed by the lexical route (through the semantic system) or by the non-lexical route (through a process of grapheme-phoneme correspondence). As for the concreteness ratings, we did not find any differences between native and non-native scores. This was to be expected in that concreteness refers to concepts and semantic representations which are the same regardless of the age of acquisition.

It is important to note that the difference between native and non-native signers must be further explored. While we show that our data is well suited for formulating hypotheses, any hypothesis testing, as is usually done in psycholinguistic works, must probe the effects of every variable (e.g. the fact of being native or non-native, and the frequency of exposure to the LSF) and control any random effects (e.g. properties of a sign or participant profiles) when using mixed-effects statistical models. Such analysis may be considered for future research, but it is beyond the scope of this article.

Conclusion

FlexSign is a database that currently contains lexical information for 546 LSF signs. The psycholinguistic information provided concerns familiarity, concreteness and iconicity. The contributions of this work are numerous and concern different fields. To date, it is the largest lexical database available for LSF. This work should facilitate future research in linguistics and psycholinguistics, especially for the construction of experimental studies. It will now be possible to choose controlled experimental material and to directly select LSF signs included in FLexSign. This will make it easier to explore other language mechanisms not yet studied in LSF. In parallel, FlexSign also provides new information about lexical processing and lexical organization depending on the age of sign language acquisition. This data will be useful in the perspective of cross-linguistic work, especially with other sign languages. On a clinical level,

the information contained in FLexSign could also be useful to teachers and professionals working with LSF learners, whether children or adults, deaf or hearing. Finally, we envision improvements for FLexSign, such as the addition of a phonological description of the signs or other psycholinguistic information (age of acquisition). Further contributions to increase the number of rated signs will also be encouraged.

Acknowledgments. We particularly thank all participants who volunteered to take part in this study. We warmly thank Sophie Labry and Romane Kasprzak for the sign recordings. We also thank Aude Julien Da Cruz Lima for her helpful advice on data storage. Finally, we thank the anonymous reviewers for their helpful and insight reviews.

Funding. This work was supported by a grant from the Institut Universitaire de France for the project *Clinical Linguistics and French Sign Language. A Model of LSF Acquisition and Sign Language Disorder* (PI: Caroline Bogliotti).

Conflicts of interest. The authors did not receive support from any organization for the submitted work. The authors have no relevant financial or non-financial interests to disclose.

Availability of data and materials. All the data collected and analyzed, including the videos, the python code used to explore the data and the source code of the website demo, are available in the public online repository <https://doi.org/10.34847/nkl.afb675q5>. Access to data collection and source code is also possible through <https://gitlab.huma-num.fr/pperin/flexsign-website/>.

References

- Adorni, R., & Proverbio, A. M. (2012). The neural manifestation of the word concreteness effect : An electrical neuroimaging study. *Neuropsychologia*, 50(5), 880-891. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2012.01.028>
- Balota, D. A., Pilotti, M., & Cortese, M. J. (2001). Subjective frequency estimates for 2,938 monosyllabic words. *Memory & Cognition*, 29(4), 639-647. <https://doi.org/10.3758/BF03200465>
- Barber, H. A., Otten, L. J., Kousta, S.-T., & Vigliocco, G. (2013). Concreteness in word processing : ERP and behavioral effects in a lexical decision task. *Brain and Language*, 125(1), 47-53. <https://doi.org/10.1016/j.bandl.2013.01.005>
- Baus, C., Carreiras, M., & Emmorey, K. (2013). When does iconicity in sign language matter? *Language and Cognitive Processes*, 28(3), 261-271. <https://doi.org/10.1080/01690965.2011.620374>
- Bogliotti, C. (2023). Modélisation (neuro) cognitive du traitement neurotypique et pathologique de la LSF (Doctoral dissertation, Université Toulouse Jean Jaurès).
- Bonin, P., Méot, A., Aubert, L.-F., Malardier, N., Niedenthal, P. M., & Capelle-Toczek, M.-C. (2003). Normes de concrétude, de valeur d'imagerie, de fréquence subjective et de valence émotionnelle pour 866 mots. *L'année psychologique*, 103(4), 655-694. <https://doi.org/10.3406/psy.2003.29658>
- Bosworth, R. G., & Emmorey, K. (2010). Effects of iconicity and semantic relatedness on lexical access in american sign language. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 36(6), 1573-1581. <https://doi.org/10.1037/a0020934>
- Brentari, D., & Padden, C. A. (2001). Native and Foreign Vocabulary in American Sign Language : A Lexicon With Multiple Origins. In *Foreign Vocabulary in Sign Languages* (p. 87-119).
- Brysbaert, M., Mandera, P., & Keuleers, E. (2018). The Word Frequency Effect in Word Processing : An Updated Review. *Current Directions in Psychological Science*, 27(1), 45-50. <https://doi.org/10.1177/0963721417727521>
-

Brysbaert, M., & New, B. (2009). Moving beyond Kučera and Francis : A critical evaluation of current word frequency norms and the introduction of a new and improved word frequency measure for American English. *Behavior Research Methods*, 41(4), 977-990. <https://doi.org/10.3758/BRM.41.4.977>

Carreiras, M., Gutiérrez-Sigut, E., Baquero, S., & Corina, D. (2008). Lexical processing in Spanish Sign Language (LSE). *Journal of Memory and Language*, 58(1), 100-122. <https://doi.org/10.1016/j.jml.2007.05.004>

Caselli, N. K., & Pyers, J. E. (2017). The Road to Language Learning Is Not Entirely Iconic : Iconicity, Neighborhood Density, and Frequency Facilitate Acquisition of Sign Language. *Psychological Science*, 28(7), 979-987. <https://doi.org/10.1177/0956797617700498>

Caselli, N. K., & Pyers, J. E. (2020). Degree and not type of iconicity affects sign language vocabulary acquisition. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 46(1), 127.

Caselli, N. K., Sehyr, Z. S., Cohen-Goldberg, A. M., & Emmorey, K. (2017). ASL-LEX : A lexical database of American Sign Language. *Behavior Research Methods*, 49(2), 784-801. <https://doi.org/10.3758/s13428-016-0742-0>

Costello, B., Schüller, A., & Giezen, M. (2023). Lexical properties in sign language: Familiarity and iconicity do not go hand in hand. In FEAST 2023.

Dingemanse, M., Perlman, M., & Perniss, P. (2020). Construals of iconicity: Experimental approaches to form–meaning resemblances in language. *Language and Cognition*, 12(1), 1–14. <https://doi.org/10.1017/langcog.2019.48>

Emmorey, K. (1991). Repetition priming with aspect and agreement morphology in American Sign Language. *Journal of Psycholinguistic Research*, 20(5), 365-388. <https://doi.org/10.1007/BF01067970>

Emmorey, K. (2014). Iconicity as structure mapping. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 369(1651), 20130301. <https://doi.org/10.1098/rstb.2013.0301>

Emmorey, K., & Corina, D. (1993). Hemispheric specialization for ASL signs and english words : Differences between imageable and abstract forms. *Neuropsychologia*, 31(7), 645-653. [https://doi.org/10.1016/0028-3932\(93\)90136-N](https://doi.org/10.1016/0028-3932(93)90136-N)

Emmorey, K., Winsler, K., Midgley, K. J., Grainger, J., & Holcomb, P. J. (2020). Neurophysiological Correlates of Frequency, Concreteness, and Iconicity in American Sign Language. *Neurobiology of Language*, 1(2), 249-267. https://doi.org/10.1162/nol_a_00012

Ferrand, L., New, B., Brysbaert, M., Keuleers, E., Bonin, P., Méot, A., Augustinova, M., & Pallier, C. (2010). The French Lexicon Project : Lexical decision data for 38,840 French words and 38,840 pseudowords. *Behavior Research Methods*, 42(2), 488-496. <https://doi.org/10.3758/BRM.42.2.488>

Gernsbacher, M. A. (1984). Resolving 20 years of inconsistent interactions between lexical familiarity and orthography, concreteness, and polysemy. *Journal of Experimental Psychology: General*, 113(2), 256-281. <https://doi.org/10.1037/0096-3445.113.2.256>

Gilhooly, K. J., & Logie, R. H. (1980). Meaning-dependent ratings of imagery, age of acquisition, familiarity, and concreteness for 387 ambiguous words. *Behavior Research Methods & Instrumentation*, 12(4), 428-450. <https://doi.org/10.3758/BF03201694>

Goh, W. D., Yap, M. J., Lau, M. C., Ng, M. M. R., & Tan, L.-C. (2016). Semantic Richness Effects in Spoken Word Recognition : A Lexical Decision and Semantic Categorization Megastudy. *Frontiers in Psychology*, 7. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.00976>

Gutierrez-Sigut, E., Costello, B., Baus, C., & Carreiras, M. (2016). LSE-Sign : A lexical database for Spanish Sign Language. *Behavior Research Methods*, 48(1), 123-137. <https://doi.org/10.3758/s13428-014-0560-1>

Hinojosa, J. A., Haro, J., Magallares, S., Duñabeitia, J. A., & Ferré, P. (2021). Iconicity ratings for 10,995 Spanish words and their relationship with psycholinguistic variables. *Behavior Research Methods*, 53, 1262-1275.

Johnston, T. (2012). Lexical frequency in sign languages. *Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 17(2), 163–193.

Kimmelman, V., Klezovich, A., & Moroz, G. (2018, May). IPSL: A database of iconicity patterns in sign languages. Creation and use. In *Proceedings of the Eleventh International Conference on Language Resources and Evaluation (LREC 2018)*.

Monsell, S., Doyle, M. C., & Haggard, P. N. (1989). Effects of frequency on visual word recognition tasks : Where are they? *Journal of Experimental Psychology: General*, 118(1), 43-71. <https://doi.org/10.1037/0096-3445.118.1.43>

Moody, B., Vourc'h, A., Girod, M. (1997). La langue des signes. Dictionnaire bilingue LSF/Français. International Visual Theater Editions (IVT).

Morford, J. P., & MacFarlane, J. (2003). Frequency Characteristics of American Sign Language. *Sign Language Studies*, 3(2), 213-225.

Morgan, H. E., Sandler, W., Stamp, R., & Novogrodsky, R. (2022, June). ISL-LEX v. 1: An Online Lexical Resource of Israeli Sign Language. In *sign-lang@ LREC 2022* (pp. 148-153). European Language Resources Association (ELRA).

New, B., Pallier, C., & Ferrand, L. (2005). Manuel de Lexique 3. *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers*, 36(3), 516-524.

Newman, R. S., & German, D. J. (2005). Life span effects of lexical factors on oral naming. *Language and Speech*, 48(2), 123-156.

Ortega, G. (2017). Iconicity and Sign Lexical Acquisition : A Review. *Frontiers in Psychology*, 8, 1280. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.01280>

Paivio, A. (1991). Dual coding theory : Retrospect and current status. *Canadian Journal of Psychology / Revue Canadienne de Psychologie*, 45(3), 255-287. <https://doi.org/10.1037/h0084295>

Perlman, M., Little, H., Thompson, B., & Thompson, R. L. (2018). Iconicity in Signed and Spoken Vocabulary : A Comparison Between American Sign Language, British Sign Language, English, and Spanish. *Frontiers in Psychology*, 9, 1433. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.01433>

Perniss, P., Thompson, R. L., & Vigliocco, G. (2010). Iconicity as a general property of language: evidence from spoken and signed languages. *Frontiers in psychology*, 1, 227.

Schwanenflugel, P. J. (1991). Chapter 2 Contextual Constraint and Lexical Processing. In *Advances in Psychology* (Vol. 77, p. 23-45). Elsevier. [https://doi.org/10.1016/S0166-4115\(08\)61528-9](https://doi.org/10.1016/S0166-4115(08)61528-9)

Schwanenflugel, P. J., Harnishfeger, K. K., & Stowe, R. W. (1988). Context availability and lexical decisions for abstract and concrete words. *Journal of Memory and Language*, 27(5), 499-520. [https://doi.org/10.1016/0749-596X\(88\)90022-8](https://doi.org/10.1016/0749-596X(88)90022-8)

Schwanenflugel, P. J., & Stowe, R. W. (1989). Context Availability and the Processing of Abstract and Concrete Words in Sentences. *Reading Research Quarterly*, 24(1), 114. <https://doi.org/10.2307/748013>

Sehr, Z. S., Caselli, N., Cohen-Goldberg, A. M., & Emmorey, K. (2021). The ASL-LEX 2.0 Project : A Database of Lexical and Phonological Properties for 2,723 Signs in American Sign Language. *The Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 26(2), 263-277. <https://doi.org/10.1093/deafed/enaa038>

Stadthagen-Gonzalez, H., & Davis, C. J. (2006). The Bristol norms for age of acquisition, 56 imageability, and familiarity. *Behavior Research Methods*, 38(4), 598-605. <https://doi.org/10.3758/BF03193891>

Taub, S. (2001). *Language in the Body : Iconicity and Metaphor in American Sign Language* (Cambridge University Press.).

Thompson, R. L., Vinson, D. P., & Vigliocco, G. (2009). The link between form and meaning in American Sign Language : Lexical processing effects. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 35(2), 550-557. <https://doi.org/10.1037/a0014547>

Thompson, R. L., Vinson, D. P., Woll, B., & Vigliocco, G. (2012). The road to language learning is iconic: Evidence from British Sign Language. *Psychological Science*, 23(12), 1443–1448.

Trettenbrein, P. C., Pendzich, N.-K., Cramer, J.-M., Steinbach, M., & Zaccarella, E. (2021). Psycholinguistic norms for more than 300 lexical signs in German Sign Language (DGS). *Behavior Research Methods*, 53(5), 1817-1832. <https://doi.org/10.3758/s13428-020-01524-y>

Vinson, D. P., Cormier, K., Denmark, T., Schembri, A., & Vigliocco, G. (2008). The British Sign Language (BSL) norms for age of acquisition, familiarity, and iconicity. *Behavior Research Methods*, 40(4), 1079-1087. <https://doi.org/10.3758/BRM.40.4.1079>

Vinson, D., Thompson, R. L., Skinner, R., & Vigliocco, G. (2015). A faster path between meaning and form? Iconicity facilitates sign recognition and production in British Sign Language. *Journal of Memory and Language*, 82, 56–85.

Wang, J., & Chen, B. (2020). A Database of Chinese-English Bilingual Speakers : Ratings of the Age of Acquisition and Familiarity. *Frontiers in Psychology*, 11, 554785. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.554785>

Welcome, S. E., Paivio, A., McRae, K., & Joanisse, M. F. (2011). An electrophysiological study of task demands on concreteness effects : Evidence for dual coding theory. *Experimental Brain Research*, 212(3), 347-358. <https://doi.org/10.1007/s00221-011-2734-8>

Appendix

LSF gloss of instructions with translation in French and English.¹³

[VIDEO] [APPARAÎTRE] [SIGNE] [VOUS] [ÉCOUTER] [VAVA] [RÉPONDRE] [TROIS]
[QUESTIONS] [QUOI]

[PREMIER] [SIGNE] [FRÉQUENT] [DEUXIÈME] [SIGNE] [CONCRET]

[TROISIÈME] [SIGNE] [ICONICITÉ] [RÉPONSE] [COMMENT]

[NIVEAU] [UN] [JUSQUE] [CINQ]

[NIVEAU] [UN] [QUOI] [SIGNE] [FRÉQUENT] [CONCRET] [ICONIQUE] [NON]

[NIVEAU] [CINQ] [LÀ] [FRÉQUENT] [CONCRET] [ICONIQUE] [OUI]

[PAR EXEMPLE] [SIGNE] [CELUI-LÀ] [S'IL TE PLAÎT] [VU] [TOUCHE] [EXPRIMÉ]
[BEAUCOUP] [RÉGULIER] [CLIQUER] [CINQ] [SI] [SIGNE] [PEU] [VU] [PEU] [CLIQUER]
[DEUX] [TROIS] [ENVIRON]

[RÉPONSE] [BON] [MAUVAIS] [IL-Y-A-PAS] [SUIVRE] [VOTRE] [INSTINCT] [SENSATION]

[SI] [CONSIGNE] [PAS COMPRIS] [PEUX] [REVOIR] [CLIQUER] [RÉPÉTER]

Un signe lexical en LSF va apparaître sur l'écran. Soyez attentif car vous allez devoir répondre à trois questions : 1. la fréquence du signe 2. la concrétude du signe 3. l'iconicité du signe. Pour répondre, vous allez utiliser l'échelle de réponse allant de 1 à 5 (1= pas fréquent / pas concret / pas iconique jusqu'à 5 = très fréquent / très concret / très iconique). Par exemple, si vous voyez le signe [S'IL TE PLAÎT] et qu'il est selon vous très fréquent, vous pouvez cliquer sur 5. Si vous ne l'utilisez pas souvent, vous pouvez cliquer sur 2 ou 3. Il n'y a pas de bonne ou de mauvaise réponse, c'est selon votre impression de locuteur. Si vous n'avez pas compris la consigne, vous pouvez revoir la vidéo : cliquez sur le bouton pour recommencer.

[VIDEO] [APPEAR] [SIGN] [YOU] [PAY ATTENTION] [GOING-TO] [ANSWER] [THREE]
[QUESTIONS] [WHAT]

[FIRST] [SIGN] [FREQUENT] [SECOND] [SIGN] [CONCRETE]

¹³ The instruction video is available in the public online repository.

[THIRD] [SIGN] [ICONICITY] [ANSWER] [HOW]

[LEVEL] [ONE] [TO] [FIVE]

[LEVEL] [ONE] [WHAT] [SIGN] [FREQUENT] [CONCRETE] [ICONIC] [NO]

[LEVEL] [FIVE] [THERE] [FREQUENT] [CONCRETE] [ICONIC] [YES]

[FOR EXAMPLE] [SIGN] [THIS-ONE] [PLEASE] [SEEN] [BEEN] [EXPRESSED] [MUCH]
[REGULAR] [CLICK] [FIVE] [IF] [SIGN] [LITTLE] [SEEN] [LITTLE] [CLICK] [TWO] [THREE]
[ABOUT]

[ANSWER] [GOOD] [WRONG] [IS-NOT] [FOLLOW] [YOUR] [INSTINCT] [THOUGHT]

[IF] [INSTRUCTION] [NOT UNDERSTOOD] [POSSIBLE] [START-OVER] [CLICK] [REPEAT]

An LSF sign will appear on the screen. Pay attention because you will have to answer three questions: 1. the sign frequency 2. the sign concreteness 3. the sign iconicity. To answer, use the scale from 1 to 5 (1 = not frequent / not concrete / not iconic up to 5 = very frequent / very concrete / very iconic). For example: if you see the sign [PLEASE], and you think it's very frequent, you can click on 5. If you don't use it often, you can click on 2 or 3. There's no right or wrong answer, it's all up to you and your intuition. If you did not understand the instructions, you can watch the instructions again, click to replay the video.

2. Étude de l'accès lexical en LSF

Le présent article, intitulé « Lexical Access in French Sign Language (LSF): how familiarity, concreteness and iconicity influence lexical processing of a sign », est en préparation.

Introduction. Le mécanisme d'accès lexical a été amplement documenté dans des travaux précédents en LV. Les facteurs de familiarité et de concrétude sont connus pour influencer l'efficacité de l'accès lexical en LV. Pour les LS, quelques rares études se sont intéressées à l'accès lexical d'un signe et suggèrent que : i) le traitement lexical est amodal, c'est-à-dire que les signes et les mots sont traités de façon équivalente ; ii) les effets facilitateurs de l'accès aux mots ont également été observés pour l'accès aux signes. En plus de nous intéresser à ces aspects en LSF, notre intérêt portait sur les effets de l'âge d'acquisition d'une langue sur le traitement lexical. L'acquisition tardive de la LS et la privation langagière précoce, phénomène qui concerne la majorité des enfants sourds, peuvent avoir un impact important sur l'efficacité langagière. Nous souhaitons vérifier l'effet de l'AoA sur l'accès au lexique dans une expérience où les stimuli sont bien contrôlés, suite à notre première expérience FLexSign.

Méthode. Nous avons utilisé une tâche de décision lexicale signes - pseudo-signes. Des signes, variant en termes de familiarité, de concrétude et d'iconicité (données issues de FLexSign), et des pseudo-signes ont été présentés à 20 participants qui devaient décider si l'item appartenait ou non au lexique de la LSF. Ces participants étaient répartis en trois groupes en fonction de leur âge d'acquisition. Nous avons recueilli deux types de réponse comportementale : les Temps de Réaction (ici, Response Times, RT) et le pourcentage de Réponses Correctes (ici, Response Accuracy, RA).

Résultats et Discussion. Nos résultats préliminaires ont mis en évidence un effet de familiarité prédominant sur les deux autres facteurs Concrétude et Iconicité. Les signes les plus familiers étaient reconnus plus rapidement et plus précisément que les signes les moins familiers. En revanche, nous n'avons pas retrouvé de différences entre les signes concrets et abstraits ou très iconiques et peu iconiques. Nous avons en revanche observé un net effet de lexicalité – temps de décision plus rapides pour les signes par rapport aux pseudo-signes. La présence de ces deux effets, conformément aux précédents travaux en LV et en LS, apporte de nouveaux éléments en faveur d'une amodalité de l'accès lexical. En ce qui concerne l'impact de l'âge d'acquisition, nos résultats n'ont pour l'heure pas révélé de différences de traitement entre nos différents groupes de participants. Dans l'ensemble, ces résultats

apportent des informations inédites sur l'accès lexical en LSF et nous laissent également penser que la prise en compte d'un indice plus complet que le seul critère de l'âge d'acquisition reflèterait mieux le profil linguistique et psycholinguistique des sourds signeurs.

Lexical access in French Sign Language (LSF): how familiarity, concreteness and iconicity influence lexical processing of a sign

Abstract

Lexical processing has been extensively documented in previous work on spoken languages. Several psycholinguistic factors are known to influence the robustness of word lexical access (e.g., lexical frequency, familiarity, concreteness). A few studies have attempted to understand sign lexical access in sign languages and suggest that lexical processing is amodal: i.e., signs are processed in the same way as words, and the facilitating effects of word access also exist for sign access. However, the late acquisition of sign language and early language deprivation, which is more common among deaf than hearing people, can have an important impact on lexical access.

The aim of the present study was to test the impact of known factors in lexical access (familiarity, concreteness and iconicity) in French sign language (Langue des Signes Française; LSF), by accounting for the effect of age of sign language acquisition (AoA). We proposed a lexical decision task in LSF: signs and pseudo-signs were presented and signs varied in familiarity, concreteness and iconicity. Twenty deaf adults took part in our experiment and we defined three groups of participants according to their age of sign language acquisition: native, early, and late signers. Our preliminary results point to a familiarity effect that takes precedence over all other factors, including concreteness and iconicity. As for group differences, our results have so far not revealed any differences in lexical processing according to age of acquisition. Overall, these results provide new insights into sign lexical access.

Keywords

Lexical access, LSF, sign processing, familiarity, concreteness, iconicity, AoA

Introduction

Lexical processing has been extensively documented by previous work on spoken languages. It has been widely established that lexical recognition occurs in two stages: 1/ the input signal is perceived and parsed into sub-lexical units; 2/ the sub-lexical units make it possible to retrieve lexical items from the mental lexicon which contains all the words that one has associated with semantic representations (Marslen-Wilson, 1987; Norris et al., 2000; Caselli et al., 2021). These two steps lead to the activation of semantic representations and then to word recognition, in other words, lexical access. In addition, some psycholinguistic factors are known to influence the robustness of word lexical access: word frequency (Monsell et al., 1989; Van Petten and Kutas, 1990; Cuetos et al., 2010), word familiarity (Gernsbacher, 1984; Connine et al., 1990; Newman & German, 2005; Stadthagen-Gonzalez & Davis, 2006), concreteness (Paivio, 1991; Schwanenflugel, 1991; Adorni & Proverbio, 2012; Barber et al., 2013), and neighborhood density (Vitevitch & Rodríguez, 2005; Chen & Mirman, 2012). These effects were first revealed by studies on spoken languages but what about sign languages?

Signed languages offer a unique perspective to study the mechanism of lexical access as they combine specific phonological features and is articulated in a visuo-spatial modality. The parallels between word and sign processing are of increasing interest to researchers, especially in the field of psycholinguistics. Similar steps to those described for spoken languages may also apply to sign language phonology, which likewise contains sub-lexical units, called parameters. The visual-gestural input is parsed into sub-lexical units specific to signed languages (handshape, location, orientation, movement) (Brentari, 2019). Then, the meaning of the target sign is accessed through the link between these sub-lexical units and the semantic representations of the signer (Carreiras et al., 2008; Caselli & Cohen-Goldberg, 2014). The computational model of lexical access in sign language developed by Caselli and Cohen-Goldberg (2014) posits that sub-lexical units (sign phonological parameters such as handshape, sign location, movement and orientation) play a major role in sign recognition, with a much smaller role attributed to lexical units. According to Caselli and Cohen-Goldberg (2014), the fact that sign recognition depends on variation in sub-lexical units suggests that universal and modality-independent processes may underlie lexical access.

To date, there has been little work on sign lexical access compared to the work on lexical access in spoken languages. In the present study, we investigate the sign access mechanism in French Sign Language (Langue des Signes Française; LSF) with deaf signers of different ages of sign acquisition. We aim to explore the effects of three psycholinguistic factors on sign recognition: familiarity, concreteness and iconicity. We will also explore the data in order to ascertain whether the age of LSF acquisition impacts lexical access.

Familiarity

The term familiarity – also known as subjective frequency – relates to lexical frequency and reflects the degree of exposure to a word in daily life. Familiarity differs from objective lexical frequency which is based on actual counts of word occurrences in a given corpus. By contrast, familiarity is collected directly through questionnaires and rating scales with speakers of the language in question. Objective lexical frequency effects are very robust on lexical access. For instance, frequent words are recognized more accurately and more quickly than non-frequent words (Gernsbacher, 1984; Connine et al., 1990; Newman & German, 2005; Stadthagen-Gonzalez & Davis, 2006). However, familiarity is an equally reliable factor that strongly correlates with lexical frequency (in spoken language: Ferrand et al., 2008; Thompson & Desrochers, 2009; Wang & Chen, 2020; in sign language: Fenlon et al., 2014). When studying bilingual populations and more specifically non-native speakers, familiarity may be even more relevant than objective frequency which better reflects the experience of a native speaker/signer, as it does not take into account the age of acquisition of the word/sign (Wang & Chen, 2020). In addition, familiarity may better account for interactions between word frequency and other lexical features, such as concreteness (Gernsbacher, 1984). As suggested by previous work on sign language, we predict that a very familiar sign is also accessed more accurately and quickly than a less familiar sign (Carreiras et al., 2008; Costello et al., 2023).

Concreteness

Concreteness relates to the degree to which words refer to individuals, places, or objects that can be perceived by one of our five senses (Bonin et al., 2003). Previous experiments have demonstrated that concrete words are recognized faster than abstract ones during different cognitive tasks, such as lexical decision or semantic categorization (Goh et al., 2016). Two competing theories attempt to explain this effect of concreteness. According to Paivio (1991), the double mental representation of concrete words, both verbal and visual, explains this facilitating effect on lexical access, when compared to abstract words that generate only a verbal representation. According to this model, the double coding of concrete words in both the verbal semantic system and in the non-verbal (i.e., visual) semantic system accelerates their activation. This model thus predicts that pseudowords have little or no semantic activation effect. Moreover, Schwanenflugel et al. (1988) stated that abstract words lack direct sensory referents, unlike concrete words. However, other authors suggested that the longer lexical

decision-taking time of abstract words could reflect general difficulties in retrieving semantic information of a word in isolation. They proposed that abstract and concrete words should be processed equally efficiently when an imagistic representation is available for abstract words due to an imagistic context, i.e. a sentence that facilitates comprehension processes. In sign language, signs contain imagistic information given that they originate from visual representations (Taub, 2001). This could suggest that signs are accessed in the same way, whether abstract or concrete. However, earlier work (in LSF, Perin et al., forthcoming) indicates that concrete signs are also more iconic ones, i.e., they contain a highly visible and stronger link between form and meaning. In addition, previous work on sign language has found that concrete signs were in fact processed faster and more accurately than abstract ones: this was the case with behavioral responses (Emmorey & Corina, 1993) and in a neurophysiological study with a greater negativity for concrete signs confirming a robust effect of concreteness (Emmorey et al., 2020). Taken together, this information leads us to expect that concrete LSF signs will be accessed more precisely and more quickly than abstract signs.

Iconicity

Iconicity is an essential property of signed languages; it plays a central role in the creation and organization of the sign language lexicon and conveys semantic and lexical information (Taub, 2001).



Figure 1. Examples of iconic signs [BOOK] (A) and [HELICOPTER] (B) and non-iconic signs [WATER] (C) and [DOCTOR] (D).

Iconicity has been little explored in spoken languages (Perniss et al., 2010; Dingemanse et al., 2020), while several studies on sign language have revealed an iconicity effect on semantic tasks (Thompson et al., 2009; Vinson et al., 2015). A greater role for iconicity has especially been identified in the case of late sign language acquisition or second language (L2) acquisition (Baus et al., 2013; Ortega, 2017; Caselli & Pyers, 2017). We still lack information about how iconicity influences sign recognition. It is well known that iconicity is considered as part of the semantic features of a sign and reflects a stronger link between the phonology of a sign (form) and its meaning. But not all signs are equally iconic: some carry highly iconic semantic features while others do not. This is the case in LSF and in other signed languages (see iconicity ratings in Vinson et al., 2008 for BSL; Caselli et al., 2017 for ASL; Morgan et al., 2022 for Israeli Sign Language). Previous work on iconicity has suggested that the presence of these iconic semantic features should facilitate sign lexical access (Caselli et al., 2021), meaning that the degree of iconicity of a sign should modulate effects on lexical access. Poorly iconic signs, it is argued, which have fewer iconic semantic features, are therefore not iconic enough to significantly facilitate lexical access.

In addition, there is a second issue regarding a potential iconicity effect: assuming that words and signs are processed in an amodal way, the two stages of lexical recognition (sub-lexical parsing and lexical retrieval) do not imply a direct connection between sub-lexical and semantic features. Previous studies that investigated the iconicity effect reported conflicting results: several behavioral and ERP studies concluded that highly iconic signs are not recognized faster or more accurately than poorly iconic signs (Bosworth & Emmorey, 2010; Caselli et al., 2021; Emmorey et al., 2020). On the contrary, Costello et al. (2023) found that sign iconicity was associated with a higher accuracy rate in a lexical decision task. Similarly, Mott et al. (2020) reported that iconicity enhanced the speed of lexical recognition of a sign; this effect was observed only in L2 learners, however, not for proficient users such as native signers. A facilitating effect of iconicity was also observed in a sign production task (McGarry et al., 2023). The choice of the task appears to have an important role, as iconicity could influence sign access to a greater extent in tasks that present stimuli in a visual way, highlighting similarities with the phonological features of signs (Emmorey, 2014; Caselli et al., 2021; McGarry et al., 2023). EEG studies have also shown that iconicity may impact lexical processing but at a later stage than lexical access (Emmorey et al., 2020; Mott et al., 2020).

Age of Sign language acquisition

The language acquisition processes of deaf signers also exhibit certain particularities. The majority of deaf children are born into a spoken language environment (95% of deaf children

born in France, Touchais, 2011). As they are unable to acquire the native language, unlike normal-hearing children, they experience a situation of early language deprivation, i.e., without a solid language, without the possibility of developing effective and functional communication. Sign language acquisition can therefore occur later in childhood, adolescence or even adulthood because the main situations of encounter with sign language are through entry into a specialized establishment or through contact with deaf peers, in an association or elsewhere. Hence, the vast majority of previous work on sign language uses Age of Acquisition (AoA) to distinguish deaf signers (Baus et al., 2008; Novogrodsky et al., 2017; Twomey et al., 2020; Zorzi et al., 2022), and usually differentiates between: i) *native signers*, for whom language acquisition occurs naturally, from deaf parent to deaf child. In this category, the stages of language acquisition are similar to those of a hearing child with hearing parents; ii) *non-native signers*, for whom sign language was not acquired from birth but is nevertheless often the first language, acquired in a context of early language deprivation (Lu et al., 2016). The population of signers is therefore highly heterogeneous in AoA and more broadly in their early linguistic experience.

Whatever the modality, several studies have shown that late acquisition may affect the proficiency of language processing (Mayberry & Eichen, 1991; Boudreault & Mayberry, 2006; Malaia & Wilbur, 2010; Lieberman et al., 2015; Hall, 2017; Twomey et al., 2020; Zorzi et al., 2022 for sign language; see Werker & Hensch, 2015 for a review on spoken language). Regarding sign language acquisition, the consequences of late exposure are visible at the phonological processing level (Mayberry & Witcher, 2005), the lexical processing level (Lieberman et al., 2015; Caselli et al., 2021), as well as at the syntactic processing level (Boudreault & Mayberry, 2006; Novogrodsky et al., 2017; Karadöller et al., 2017). To the best of our knowledge, no study has investigated lexical access in relation to late acquisition and its consequences. Here, we aim at determining how familiarity, concreteness and iconicity influence the lexical processing of a sign, in native and non-native signers.

Predictions

The aim of this experiment was to investigate lexical access mechanisms in native and non-native LSF signers. We used a lexical decision task to explore the impact of familiarity, concreteness and iconicity on lexical processing. Regarding the familiarity effect, we predict that more familiar signs will be processed more accurately and more rapidly. Concerning concreteness, we expect concrete signs to be accessed more precisely and more rapidly than abstract signs. As for iconicity, we predict that processing highly iconic signs will be easier and

faster than processing poorly iconic signs. Additionally, we compared native signers' and non-native signers' responses (Response Accuracy, RA and Reaction Times, RT) in order to assess the impact of AoA on lexical access.

METHODS

Participants

Twenty deaf participants took part in the experiment (12 men, 7 women, 1 unknown). All participants were deaf from birth. Seven participants were native signers of LSF (Mean Age = 30.5 years old; SD= 9.3; mean AoA = 0 years old). Seven other participants were considered as early signers since they had acquired LSF early in childhood (Mean Age = 30.1 years old; SD= 5.6; mean AoA = 3.1 years old; SD= 0.6; range 2-4). Lastly, 6 participants were considered as late signers because they had acquired LSF after the age of 6 or later in life and grew up in a spoken environment (Mean Age = 35.8 years old; SD= 8.9; mean AoA = 7.8 years old; SD= 2.4; range 6-12). There was no significant difference in mean age between the three groups ($F(2, 17) = 0.956$; $p=0.404$). The mean age of participants was 32 years old (range: 20 – 48). There was however a significant difference in mean AoA between the three groups ($F(2, 17) = 53.445$; $p<.001$). The mean age of LSF acquisition for all participants was 3.45 years old (SD= 3.4; range: 0 – 12). In addition, 5 participants, all native signers, reported that they had deaf parents. Fourteen of our participants indicated that they used LSF on a daily basis, and 17 stated that they preferred to express themselves in LSF rather than in a spoken language (French).

Stimuli

Stimuli recording. A deaf native signer who helped design the experiment recorded all the stimuli (500 signs and 500 pseudo-signs) in a video recording room, on a plain blue background using an iPhone XR ©. Prior to the experiment, all 1000 stimuli and more particularly the 500 pseudo-signs were reviewed by another deaf native signer (who did not participate in the experiment) to ensure their validity.

Signs. 500 signs were extracted from the FLexSign database (Périn et al., forthcoming) which provides psycholinguistic data for familiarity, concreteness and iconicity ratings of LSF signs. Analyses previously conducted on the FLexSign database indicated a weak but positive correlation between familiarity and concreteness while no correlation existed between familiar

and iconic signs. On the other hand, iconicity and concreteness were strongly and positively correlated. Each sign was labelled as Concrete or Abstract, High Familiar or Low Familiar, and High Iconic or Low Iconic.

Pseudo-signs. 500 pseudo-signs were included in this experiment. Pseudo-signs are elements that are meaningless in LSF but show parameters that respect the phonotactic constraints of LSF. We created pseudo-signs from existing signs, not all of which are part of the stimuli, by manipulating one or several phonological parameters. We sometimes created more than one pseudo-sign from a given existing sign, by changing different parameters. We then ensured that pseudo-signs had no meaning in LSF with the help of a native signer.

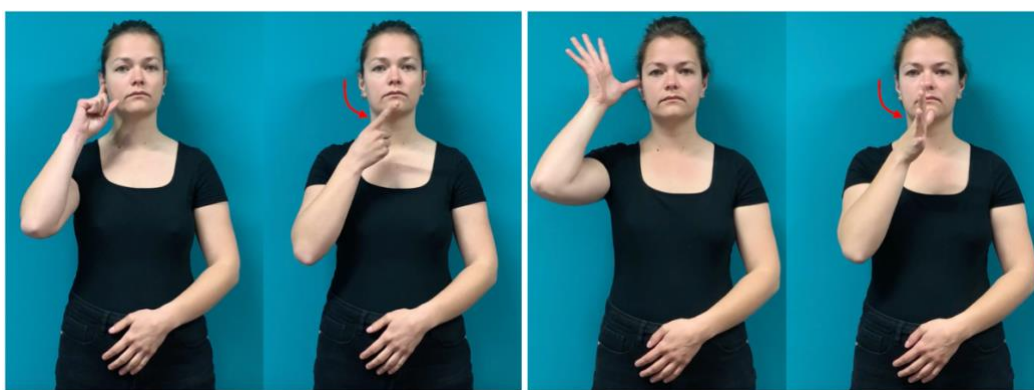


Figure 2. The LSF sign [DEAF] on the left and its pseudo-sign on the right (modified handshape).

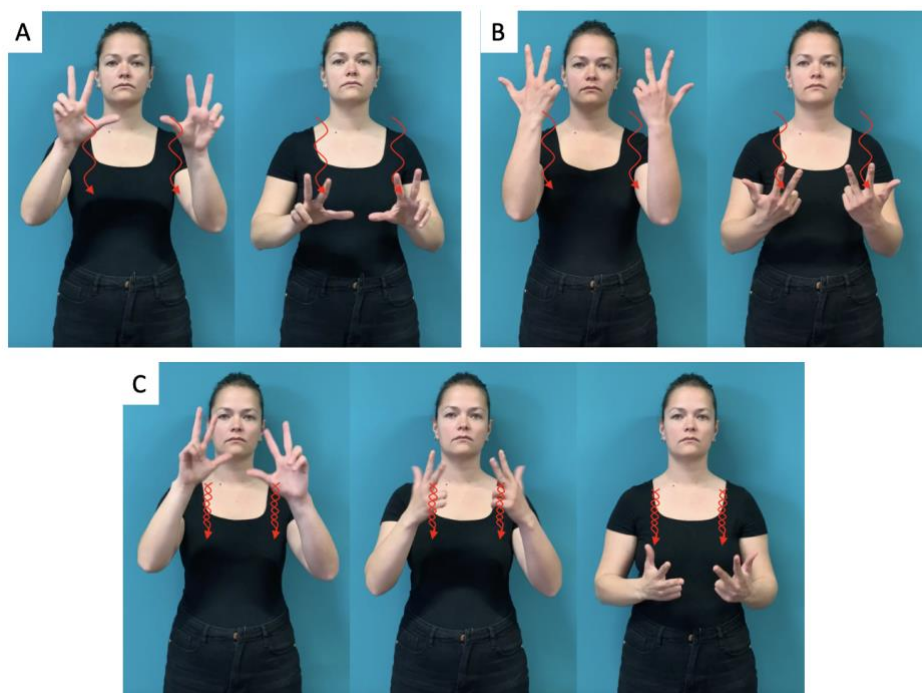


Figure 3. The LSF sign [COMPUTER] (A) and its two pseudo-signs (B) with modified orientation and (C) with modified movement.

Timing information of stimuli. For each stimulus (sign and pseudo-sign) we identified sign onset (calibrated to the first detectable sign handshape), sign offset (located at the last frame of the sign handshape) and total sign duration (the difference between sign onset and offset). The mean duration of signs was 1255 ms (SD=262; range: 565-2520) and mean duration for pseudo-signs was 1701 ms (SD=354; range: 760-2680). As there is still no clear agreement on how to consider the temporal limits of a sign, the precision with which we determine the sign onset and sign offset is therefore valuable.

Procedure

Participants first completed a consent form and an online metadata collection form. In the metadata form, they were asked about their age, history of deafness, age of sign language acquisition, family language environment, everyday language use, and second language skills (see Supplementary Information). Then, participants completed a lexical decision task in LSF. The experiment was presented on a computer using the Matlab software. All the instructions were given in LSF, recorded by a deaf native signer. The participant was seated at a desk, with a computer screen about 50 cm from the eyes, in a quiet room with minimal visual distractions. Signs and pseudo-signs were presented on the screen and participants had to decide as quickly and accurately as possible whether it matched a lexical unit in LSF. They had to give their answer by clicking on the keyboard (GREEN for a real sign, RED for a pseudo-

sign). A 500 ms fixation cross preceded each video. If the participant did not click on any button during the video clip, a question mark appeared on the screen. After the participant had given an answer, the following item started. Stimuli from the two conditions (sign and pseudo-sign) were presented in a pseudo-randomized order: an item from the same condition could appear a maximum of 5 times in a row.

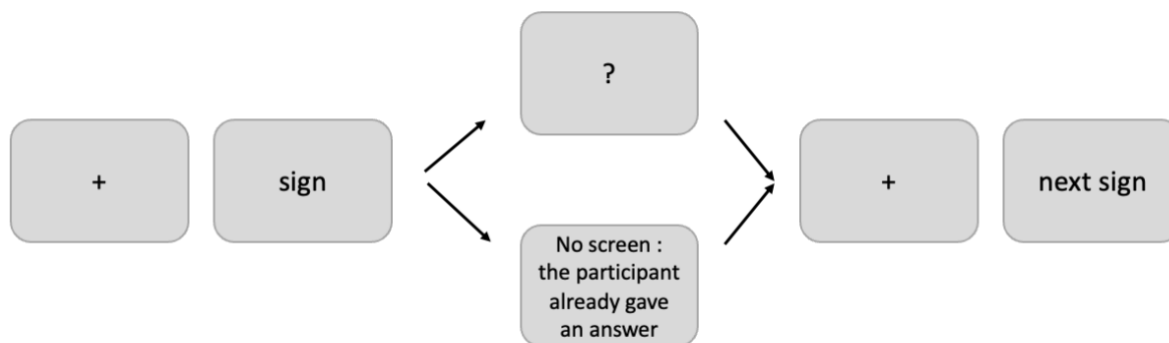


Figure 4. Experimental design: fixation cross (500 ms), presentation of the sign and online response

Participants were first trained in the task with an 8-item session; the results of the training session were not included in the analysis. The lexical decision task was divided into 10 blocks of 100 items each (50 signs and 50 pseudo-signs). Between each block, participants could take a break if they wished. They simply had to click on a button to continue the experiment. The duration of the task could therefore vary from 50 minutes to 1 hour and 15 minutes, depending on the length of the breaks.

Analysis

Data were processed in JASP. On average, each item was seen by 17.2 participants (range 13-20). Two types of behavioral measures were collected for each item: response times (RT) and response accuracy (RA). The average accuracy rate for signs was 91.3% (SD = 4.4%) and 93.3% for pseudo-signs (SD = 3.6%). Only RTs of correct responses were analyzed. Then, for each participant, we excluded 2.5% of trials that exceeded two standard deviations above or below the mean for the participant. The average reaction time for the remaining signs was 1857 ms (range 385 -4131 ms) and was 2165 ms for the remaining pseudo-signs (range 506 -4138 ms).

Because all our signs were labelled as familiar or not, concrete or not and iconic or not, repeated measures ANOVA were conducted to analyze the accuracy scores of Sign Item with

Concreteness (Concrete/Abstract), Familiarity (High/Low) and Iconicity (High/Low iconic) as within-subject factors, and AoA (Native, Early, Late) as between-subject factor.

Then, a second repeated measures ANOVA was conducted to analyze all accuracy scores with Types of Items (Signs, pseudo-signs) as within-subject factors and AoA (Native, Early, Late) as between-subject factor.

RTs of Sign Item were submitted to a linear mixed-effect model with Concreteness, Familiarity, Iconicity and AoA as fixed factors, and items and participants as random factors. Finally, we examined the impact of the lexical sign/pseudo-sign decision task in interaction with AoA, with item and subject as random factors and the Type of Item (sign/pseudo-sign) and AoA as fixed factors.

RESULTS

Response Accuracy. ANOVAs on accuracy data showed a single significant difference for High familiar versus Low familiar signs: $F(1, 158) = 51.405$; $p < .001$. No differences were found for Concrete versus Abstract signs: $F(1, 158) = 1.170$; $p = 0.281$, or for High iconic versus Low iconic signs ($F < 1$). No accuracy differences were found for Signs versus Pseudo-signs: $F(1, 38) = 2.438$; $p = 0.127$. Lastly, the analyses did not show any significant effects of the AoA factor ($F < 1$).

Reaction Times. We found a significant effect of Familiarity, suggesting that participants were significantly faster in making decisions on High familiar signs (mean RT: 1847 ms; $SD=0.58$) compared to Low familiar signs (mean RT: 1965 ms; $SD=0.60$): $F(1, 189) = 11.873$; $p < .001$. We found no effect of Concreteness ($F < 1$) or of Iconicity ($F=1.518$; $p=0.219$) when our three psycholinguistic factors were all taken together as within-subject factors. No interaction was observed between variables (all $F < 1.5$; all $ps > .1$). Concerning a task effect (Signs vs. Pseudo-signs), participants were significantly faster at making a lexical decision on Signs (mean 1834 ms; $SD=0.59$) compared to Pseudo-signs (mean 2160 ms; $SD=0.69$) (difference = 326 ms): $F(1, 28) = 75.654$; $p < .001$. However, no AoA effect was observed in the analyses ($F < 1$).

Discussion

The purpose of this study was to investigate lexical access mechanisms in native and non-native deaf signers in LSF, by examining the effects of familiarity, concreteness, and iconicity on lexical processing.

Our results first revealed a strong lexicality effect in sign language, similar to that reported in spoken language. Deaf adults who took part in the experiment responded faster to lexical signs than to pseudo-signs which is in line with previous results in sign language (Caselli et al., 2021; Costello et al., 2023), as well as in spoken language with words and pseudowords (Tucker et al., 2019).

In spoken language, several psycholinguistic factors are known to have an impact on word lexical access. In the present study, our results showed that familiarity impacted sign lexical access: our participants responded faster and more accurately to familiar signs than to unfamiliar ones. This is consistent with previous research in spoken language (Wang & Chen, 2020) and in sign language (Carreiras et al., 2008). Our results provide further evidence that the familiarity effect is amodal and that, in general, lexical access processing is independent of language modality. Moreover, no group difference was observed, indicating that familiarity generates a strong facilitatory effect that is independent of age of language acquisition, in line with previous work (Costello et al., 2023).

Regarding concreteness, we found no differences in the lexical processing of concrete signs versus abstract ones. This is in line with the observations of Vinson et al. (2015), who highlighted the close link between concreteness and iconicity and the fact that highly iconic signs have a strong tendency to be highly concrete (see also Perin et al., forthcoming). We did indeed find a positive correlation between concreteness and iconicity in our sample of LSF signs, but did not find any facilitating effect of either of these two factors on lexical access. This ultimately calls into question the role of concreteness, or at least the role of concreteness when considered independently of iconicity, in lexical processing.

As for iconicity, the analyses run on all three factors did not reveal any iconicity effect. It should be mentioned, however, that the familiarity effect was so dominant that it could have masked secondary effects. Even in terms of accuracy, we found no processing differences between highly iconic and low iconic signs, as was also the case in Costello et al. (2023). The absence of an iconicity effect on response accuracy in lexical decision suggests that signers do not rely on the iconic nature of signs to distinguish them from pseudo-signs. The fact that our population of signers is highly proficient may explain why they treat signs, whether iconic or not, as highly lexicalized units and therefore do not need to go back through phonological processing to decompose the manual parameters and more or less iconic features of signs. This suggests direct access processing, hence the great lexicality effect that we found.

Probably due to the strong familiarity effect masking secondary effects, we did not observe any interaction between familiarity, concreteness and iconicity. From a descriptive point of view, nevertheless, the fact that familiarity is so dominant that it might mask other effects on lexical processing can be seen as an interaction. Overall, our results clearly show that lexical processing can be influenced by psycholinguistic factors, as the familiarity effect shows. This leads us to believe that lexical access is independent of modality. Furthermore, familiarity seems to reflect a major influence on lexical access due to the strength of its effect and its high degree of replicability. The concreteness factor investigated in this study requires further investigation as we did not observe a clear facilitating effect of concreteness on lexical processing, unlike the case of spoken language. Alternatively, it may be that in sign languages, concreteness is not the best factor to take into account when understanding what impacts lexical access. For example, considering the notion of sensory experience might be an interesting line of research. As for iconicity, the role of this factor is still unclear, and our results lead to different conclusions from those of previous work (Caselli et al., 2021; Emmorey et al., 2020). To test and improve our findings, it would be interesting in the future to reconsider methodological aspects of our study, i.e., expand the sample of signs used, increase the number of participants, better calibrate the stimuli in terms of iconicity (e.g., selecting only extremes on the spectrum of iconicity).

Another important aim of our study was to examine whether any clear distinction could be observed between native and non-native LSF signers. Many existing studies have also used this distinction based on AoA (Carreiras et al., 2008; Caselli et al., 2021; Costello et al., 2023). Although some previous work reported AoA effects on lexical processing (Lieberman et al., 2015; Hall, 2017; Caselli et al., 2021; Costello et al., 2023), our results did not show any significant differences between groups of native signers and non-native signers (either early or late signers), in either Response Accuracy or Reaction Times. We postulate several possible explanations for the lack of Group effect. First, we suggest that it will be necessary to consider other characteristics related to the experience and linguistic history of our participants, and not only the native/non-native status. For example, our participants all indicated LSF as the dominant language used in daily life. Other types of information were collected and can be considered as possible criteria, such as the frequency of exposure, the supportive language environment, and the quality of language input (Schick et al., 2005; Mayberry, 2010; Lillo-Martin et al., 2016). Lastly, previous work and our results lead us to consider that it is these cues as a whole that define signer proficiency. We assume that the

late signers tested in our study were highly proficient signers because their frequency of LSF use was high on average and they may have compensated for their late age of language acquisition. Our results, namely the lack of an effect of age of acquisition on lexical access, led us to embrace the idea that language proficiency depends on a variety of factors, and that these factors are more revealing when analyzed together than when examined separately (Puissant-Schontz, 2020; Bogliotti, 2023). This assumption therefore calls into question the value of using AoA as the sole criterion for distinguishing between signers or looking for differences in sign language processing.

A second explanation may be that the lexical decision task used in our experiment was not sensitive enough to highlight any differences in terms of AoA. Several studies have highlighted the task-dependent aspect of lexical access mechanisms (Baus et al., 2008; Carreiras et al., 2008; Caselli et al., 2021; Gimeno-Martinez & Baus, 2022; Costello et al., 2023; McGarry et al., 2023). This previous work suggests that the lexical processing involved in the lexical decision task is so robust that it can be observed even in a non-native, but highly proficient, population.

Conclusion

In conclusion, this article presents new elements in LSF concerning lexical access processing. In the context of previous work on spoken language, our results support the idea that lexical access is independent of language modality. We have demonstrated lexicality and familiarity effects in LSF with signing deaf adults. We have also dealt with elements that are largely specific to signed languages, such as iconicity, whose role we have not yet been able to fully elucidate. Finally, we provide original insights regarding the AoA effect on lexical access in a previously unstudied sign language. Our work suggests that age of acquisition may not be the best index to consider, but rather that a more comprehensive set of indices that reflect the full experience and linguistic profile that is so unique to signing deaf people should be taken into account. These suggestions also offer valuable perspectives on the overall dynamics of language acquisition and lexical access in general.

References

- Adorni, R., & Proverbio, A. M. (2012). The neural manifestation of the word concreteness effect : An electrical neuroimaging study. *Neuropsychologia*, 50(5), 880-891. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2012.01.028>
- Barber, H. A., Otten, L. J., Kousta, S.-T., & Vigliocco, G. (2013). Concreteness in word processing : ERP and behavioral effects in a lexical decision task. *Brain and Language*, 125(1), 47-53. <https://doi.org/10.1016/j.bandl.2013.01.005>
- Baus, C., Carreiras, M., & Emmorey, K. (2013). When does iconicity in sign language matter? *Language and Cognitive Processes*, 28(3), 261-271. <https://doi.org/10.1080/01690965.2011.620374>
- Baus, C., Gutiérrez-Sigut, E., Quer, J., & Carreiras, M. (2008). Lexical access in Catalan Signed Language (LSC) production. *Cognition*, 108(3), 856-865. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2008.05.012>
- Bogliotti, C. (2023). *Modélisation (neuro) cognitive du traitement neurotypique et pathologique de la LSF*.
- Bonin, P., Méot, A., Aubert, L.-F., Malardier, N., Niedenthal, P. M., & Capelle-Toczek, M.-C. (2003). Normes de concrétude, de valeur d'imagerie, de fréquence subjective et de valence émotionnelle pour 866 mots. *L'année psychologique*, 103(4), 655-694. <https://doi.org/10.3406/psy.2003.29658>
- Bosworth, R. G., & Emmorey, K. (2010). Effects of iconicity and semantic relatedness on lexical access in american sign language. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 36(6), 1573-1581. <https://doi.org/10.1037/a0020934>
- Boudreault, P., & Mayberry, R. I. (2006). Grammatical processing in American Sign Language : Age of first-language acquisition effects in relation to syntactic structure. *Language and Cognitive Processes*, 21(5), 608-635. <https://doi.org/10.1080/01690960500139363>
- Brentari, D. (2019). *Sign language phonology*. Cambridge University Press.
- Carreiras, M., Gutiérrez-Sigut, E., Baquero, S., & Corina, D. (2008). Lexical processing in Spanish Sign Language (LSE). *Journal of Memory and Language*, 58(1), 100-122. <https://doi.org/10.1016/j.jml.2007.05.004>
- Caselli, N. K., & Cohen-Goldberg. (2014). Lexical access in sign language : A computational model. *Frontiers in Psychology*, 5. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2014.00428>
-

-
- Caselli, N. K., Emmorey, K., & Cohen-Goldberg, A. M. (2021). The signed mental lexicon : Effects of phonological neighborhood density, iconicity, and childhood language experience. *Journal of Memory and Language*, 121, 104282. <https://doi.org/10.1016/j.jml.2021.104282>
- Caselli, N. K., & Pyers, J. E. (2017). The Road to Language Learning Is Not Entirely Iconic : Iconicity, Neighborhood Density, and Frequency Facilitate Acquisition of Sign Language. *Psychological Science*, 28(7), 979-987. <https://doi.org/10.1177/0956797617700498>
- Caselli, N. K., Sehyr, Z. S., Cohen-Goldberg, A. M., & Emmorey, K. (2017). ASL-LEX : A lexical database of American Sign Language. *Behavior Research Methods*, 49(2), 784-801. <https://doi.org/10.3758/s13428-016-0742-0>
- Chen, Q., & Mirman, D. (2012). Competition and cooperation among similar representations : Toward a unified account of facilitative and inhibitory effects of lexical neighbors. *Psychological Review*, 119(2), 417-430. <https://doi.org/10.1037/a0027175>
- Connine, C. M., Mullennix, J., Shernoff, E., & Yelen, J. (1990). Word familiarity and frequency in visual and auditory word recognition. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 16(6), 1084-1096. <https://doi.org/10.1037/0278-7393.16.6.1084>
- Costello, B., Schüller, A., & Giezen, M. (2023). *Lexical properties in sign language : Familiarity and iconicity do not go hand in hand*. FEAST 2023.
- Cuetos, F., Bonin, P., Alameda, J. R., & Caramazza, A. (2010). The specific-word frequency effect in speech production : Evidence from Spanish and French. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 63(4), 750-771. <https://doi.org/10.1080/17470210903121663>
- Dingemanse, M., Perlman, M., & Perniss, P. (2020). Construals of iconicity : Experimental approaches to form–meaning resemblances in language. *Language and cognition*, 12(1), 1-14.
- Emmorey, K. (2014). Iconicity as structure mapping. *Philosophical transactions of the Royal Society B: Biological sciences*, 369(1651), 20130301.
- Emmorey, K., & Corina, D. (1993). Hemispheric specialization for ASL signs and english words : Differences between imageable and abstract forms. *Neuropsychologia*, 31(7), 645-653. [https://doi.org/10.1016/0028-3932\(93\)90136-N](https://doi.org/10.1016/0028-3932(93)90136-N)
- Emmorey, K., Winsler, K., Midgley, K. J., Grainger, J., & Holcomb, P. J. (2020). Neurophysiological Correlates of Frequency, Concreteness, and Iconicity in American Sign Language. *Neurobiology of Language*, 1(2), 249-267. https://doi.org/10.1162/nol_a_00012
-

-
- Fenlon, J., Schembri, A., Rentelis, R., Vinson, D., & Cormier, K. (2014). Using conversational data to determine lexical frequency in British Sign Language : The influence of text type. *Lingua*, 143, 187-202. <https://doi.org/10.1016/j.lingua.2014.02.003>
- Ferrand, L., Bonin, P., Méot, A., Augustinova, M., New, B., Pallier, C., & Brysbaert, M. (2008). Age-of-acquisition and subjective frequency estimates for all generally known monosyllabic French words and their relation with other psycholinguistic variables. *Behavior research methods*, 40, 1049-1054.
- Gernsbacher, M. A. (1984). Resolving 20 years of inconsistent interactions between lexical familiarity and orthography, concreteness, and polysemy. *Journal of Experimental Psychology: General*, 113(2), 256-281. <https://doi.org/10.1037/0096-3445.113.2.256>
- Gimeno-Martínez, M., & Baus, C. (2022). Iconicity in sign language production : Task matters. *Neuropsychologia*, 167, 108166.
- Goh, W. D., Yap, M. J., Lau, M. C., Ng, M. M., & Tan, L.-C. (2016). Semantic richness effects in spoken word recognition : A lexical decision and semantic categorization megastudy. *Frontiers in psychology*, 7, 190665.
- Gutiérrez-Sigut, E., & Baus, C. (2021). LEXICAL PROCESSING IN COMPREHENSION AND PRODUCTION. *The Routledge Handbook of Theoretical and Experimental Sign Language Research*.
- Hall, W. C. (2017). What you don't know can hurt you : The risk of language deprivation by impairing sign language development in deaf children. *Maternal and child health journal*, 21(5), 961-965.
- Karadöller, D. Z., Sumer, B., & Ozyurek, A. (2017). *Effects of delayed language exposure on spatial language acquisition by signing children and adults*. 2372-2376.
- Lieberman, A. M., Borovsky, A., Hatrak, M., & Mayberry, R. I. (2015). Real-time processing of ASL signs : Delayed first language acquisition affects organization of the mental lexicon. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 41(4), 1130.
- Lillo-Martin, D., Quadros, R. M. de, & Chen Pichler, D. (2016). The development of bimodal bilingualism : Implications for linguistic theory. *Linguistic Approaches to Bilingualism*, 6(6), 719-755.
- Lu, J., Jones, A., & Morgan, G. (2016). The impact of input quality on early sign development in native and non-native language learners. *Journal of Child Language*, 43(3), 537-552.
- Malaia, E., & Wilbur, R. B. (2010). Early acquisition of sign language : What neuroimaging data tell us. *Sign Language & Linguistics*, 13(2), 183-199.
-

-
- Marslen-Wilson, W. D. (1987). Functional parallelism in spoken word-recognition. *Cognition*, 25(1-2), 71-102. [https://doi.org/10.1016/0010-0277\(87\)90005-9](https://doi.org/10.1016/0010-0277(87)90005-9)
- Mayberry, R. I. (2010). Early language acquisition and adult language ability : What sign language reveals about the critical period for language. In *Oxford handbook of deaf studies, language and education* (Vol. 2, p. 281-290). Oxford University Press.
- Mayberry, R. I., & Eichen, E. B. (1991). The long-lasting advantage of learning sign language in childhood : Another look at the critical period for language acquisition. *Journal of Memory and Language*, 30(4), 486-512. [https://doi.org/10.1016/0749-596X\(91\)90018-F](https://doi.org/10.1016/0749-596X(91)90018-F)
- Mayberry, R. I., & Witcher, P. (2005). What age of acquisition effects reveal about the nature of phonological processing. *Center for Research on Language Technical Report*, 17(3), 17-3.
- McGarry, M. E., Midgley, K. J., Holcomb, P. J., & Emmorey, K. (2023). How (and why) does iconicity effect lexical access: An electrophysiological study of American sign language. *Neuropsychologia*, 183, 108516. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2023.108516>
- Monsell, S., Doyle, M. C., & Haggard, P. N. (1989). Effects of frequency on visual word recognition tasks : Where are they? *Journal of Experimental Psychology: General*, 118(1), 43-71. <https://doi.org/10.1037/0096-3445.118.1.43>
- Morgan, H. E., Sandler, W., Stamp, R., & Novogrodsky, R. (2022). *ISL-LEX v. 1 : An Online Lexical Resource of Israeli Sign Language*. 148-153.
- Mott, M., Midgley, K. J., Holcomb, P. J., & Emmorey, K. (2020). Cross-modal translation priming and iconicity effects in deaf signers and hearing learners of American Sign Language. *Bilingualism: Language and Cognition*, 23(5), 1032-1044.
- Newman, R. S., & German, D. J. (2005). Life span effects of lexical factors on oral naming. *Language and Speech*, 48(2), 123-156.
- Norris, D., McQueen, J. M., & Cutler, A. (2000). Merging information in speech recognition : Feedback is never necessary. *Behavioral and Brain Sciences*, 23(3), 299-325. <https://doi.org/10.1017/S0140525X00003241>
- Novogrodsky, R., Henner, J., Caldwell-Harris, C., & Hoffmeister, R. (2017). The development of sensitivity to grammatical violations in American Sign Language : Native versus nonnative signers. *Language Learning*, 67(4), 791-818.
- Ortega, G. (2017). Iconicity and Sign Lexical Acquisition : A Review. *Frontiers in Psychology*, 8, 1280. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.01280>
-

-
- Paivio, A. (1991). Dual coding theory: Retrospect and current status. *Canadian Journal of Psychology/Revue canadienne de psychologie*, 45(3), 255.
- Perniss, P., Thompson, R. L., & Vigliocco, G. (2010). Iconicity as a general property of language : Evidence from spoken and signed languages. *Frontiers in psychology*, 1, 227.
- Puissant-Schontz, L. (2020). *Les constructions prédicatives en Langue des Signes Française (LSF) : Description linguistique et développementale, en vue de leur évaluation*.
- Schick, B., Marschark, M., & Spencer, P. E. (2005). *Advances in the sign language development of deaf children*. Oxford University Press.
- Schwanenflugel, P. J. (1991). Chapter 2 Contextual Constraint and Lexical Processing. In *Advances in Psychology* (Vol. 77, p. 23-45). Elsevier. [https://doi.org/10.1016/S0166-4115\(08\)61528-9](https://doi.org/10.1016/S0166-4115(08)61528-9)
- Schwanenflugel, P. J., Harnishfeger, K. K., & Stowe, R. W. (1988). Context availability and lexical decisions for abstract and concrete words. *Journal of Memory and Language*, 27(5), 499-520. [https://doi.org/10.1016/0749-596X\(88\)90022-8](https://doi.org/10.1016/0749-596X(88)90022-8)
- Stadthagen-Gonzalez, H., & Davis, C. J. (2006). The Bristol norms for age of acquisition, imageability, and familiarity. *Behavior Research Methods*, 38(4), 598-605. <https://doi.org/10.3758/BF03193891>
- Taub, S. F. (2001). *Language from the body : Iconicity and metaphor in American Sign Language*. Cambridge University Press.
- Thompson, G. L., & Desrochers, A. (2009). Corroborating biased indicators : Global and local agreement among objective and subjective estimates of printed word frequency. *Behavior research methods*, 41(2), 452-471.
- Thompson, R. L., Vinson, D. P., & Vigliocco, G. (2009). The link between form and meaning in American Sign Language : Lexical processing effects. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 35(2), 550-557. <https://doi.org/10.1037/a0014547>
- Touchais, C. (2011). Enfant entendant de parent sourd, une communauté à part? *Empan*, 3, 50-54.
- Tucker, B. V., Brenner, D., Danielson, D. K., Kelley, M. C., Nenadić, F., & Sims, M. (2019). The massive auditory lexical decision (MALD) database. *Behavior research methods*, 51, 1187-1204.
- Twomey, T., Price, C. J., Waters, D., & MacSweeney, M. (2020). The impact of early language exposure on the neural system supporting language in deaf and hearing adults. *NeuroImage*, 209, 116411.
-

-
- Van Petten, C., & Kutas, M. (1990). Interactions between sentence context and word frequency in event-related brain potentials. *Memory & cognition*, 18, 380-393.
- Vinson, D. P., Cormier, K., Denmark, T., Schembri, A., & Vigliocco, G. (2008). The British Sign Language (BSL) norms for age of acquisition, familiarity, and iconicity. *Behavior Research Methods*, 40(4), 1079-1087. <https://doi.org/10.3758/BRM.40.4.1079>
- Vinson, D., Thompson, R. L., Skinner, R., & Vigliocco, G. (2015). A faster path between meaning and form? Iconicity facilitates sign recognition and production in British Sign Language. *Journal of Memory and Language*, 82, 56-85.
- Vitevitch, M. S., & Rodríguez, E. (2005). Neighborhood density effects in spoken word recognition in Spanish. *Journal of Multilingual Communication Disorders*, 3(1), 64-73.
- Wang, J., & Chen, B. (2020). A Database of Chinese-English Bilingual Speakers : Ratings of the Age of Acquisition and Familiarity. *Frontiers in Psychology*, 11, 554785. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.554785>
- Werker, J. F., & Hensch, T. K. (2015). Critical periods in speech perception : New directions. *Annual review of psychology*, 66, 173-196.
- Zorzi, G., Giustolisi, B., Aristodemo, V., Cecchetto, C., Hauser, C., Quer, J., Sánchez Amat, J., & Donati, C. (2022). On the reliability of the notion of native signer and its risks. *Frontiers in Psychology*, 13, 716554.
-

3. Rôle de l'Âge d'acquisition (AoA) sur le traitement du langage : une étude neurophysiologique en LSF

Ce troisième article intitulé « Age of acquisition modulates the neurodynamic of sign language processing : event-related potentials evidence from LSF » a été soumis dans une revue internationale en janvier 2024.

Introduction. Les langues des signes présentent des différences majeures avec les langues vocales sur le plan de la modalité langagière (visuo-gestuelle vs. audio-orale) et concernant le profil psycholinguistique des locuteurs (acquisition tardive fréquente). Ces deux aspects fournissent un cadre privilégié pour mener des études sur la neurobiologie du langage et sur les spécificités et les similitudes du traitement du langage entre LS et LV. De précédents travaux ont par exemple montré que l'âge d'acquisition de la langue des signes peut avoir un impact sur le traitement sémantique et morphosyntaxique. En LSF, aucune étude sur le traitement du langage n'avait encore été menée en EEG.

Méthode. Pour recueillir les premières données neurophysiologiques (EEG) en langue des signes française (LSF) sur le traitement sémantique et morphosyntaxique, nous avons utilisé une tâche de compréhension de phrases avec violation sémantique ou morphosyntaxique. Deux groupes de sourds signeurs ont participé à cette étude et ont été regroupés selon leur âge d'acquisition de la langue des signes. Nous avons enregistré le signal EEG pendant toute l'expérience afin de pouvoir observer le déroulement temporel du traitement du langage et les composantes neurophysiologiques en jeu dans le traitement de phrases présentant une incongruité sémantique ou morphosyntaxique.

Résultats et Discussion. Nos analyses suggèrent la présence d'une onde biphasique N400-P600 en réponse à des phrases contenant une incongruité sémantique, plus marquée chez les signeurs natifs. Contrairement à de précédents résultats, l'effet N400 dans cette étude a été observé dans la fenêtre temporelle typiquement attendue de la N400. En ce qui concerne la violation morphosyntaxique, nos résultats ne montrent pas d'effet de négativité antérieure gauche (LAN).

Conformément aux recherches précédentes en LV et en LS, nos résultats apportent des éléments supplémentaires en faveur de l'amodalité du traitement sémantique. Ce travail soulève aussi des questions méthodologiques relatives aux spécificités des langues visuo-spatiales et au contexte psycholinguistique des locuteurs signeurs (acquisition typique et

atypique). Les pistes de réponse apportées concernant ces deux points seront particulièrement utiles pour les recherches futures.

Age of acquisition modulates the neurodynamic of sign language processing: event-related potentials evidence from LSF.

Abstract. Structural differences—like language modality—and psycholinguistic context—age of acquisition (AOA), for example—are of major interest for studying the neurobiology of language. These can provide crucial insights into understanding the specificity or similarity of language processing in signed languages compared to spoken languages. Prior studies have reported that age of sign language acquisition can impact semantic and morphosyntactic processing. The present study aims to provide first event-related potentials (ERP) data in French Sign Language (LSF) on semantic and morphosyntactic processing collected with an on-line sentence comprehension task to assess the time-course of language processing in LSF. We used sentences with semantic and morphosyntactic anomalies presented to two groups of deaf signers grouped by age of sign language acquisition: Native and Late signers. Consistent with previous research on spoken and signed languages, we provide evidence that semantic processing is amodal. Our results show a biphasic N400-P600 wave in response to semantically anomalous sentences, particularly for Native signers. Contrary to prior results, the N400 effect in this study was not time-delayed and was observed in the expected N400 time-window. Regarding morphosyntactic violation, our results do not show a left anterior negativity (LAN) effect. Results are discussed in terms of visuo-spatial modality specificity and role of AOA on sign language processing.

Keywords. Sign Language, age of sign language acquisition, native and late signers, Event-related potentials, Semantic violation, morphosyntactic violation, N400, P600, LAN

Sign Language, AOA, Event-related potentials, N400, P600, LAN

1. Introduction

1.1. Sign language characteristics

Studying signed languages permits important insights into our understanding of the neurobiology of language. Sign languages — being composed of manual and non-manual elements — present interesting (albeit sometimes complicating) properties which allow us to probe language processing through the visuo-spatial modality. As with spoken languages, sign languages can be analyzed in terms of their phonological, lexical, morphosyntactic and semantic characteristics (Emmorey, 2002; Sandler & Lillo-Martin, 2006). Sign languages are obviously different from spoken languages because the articulators involved in the composition of meaning are at once manual, bodily and facial, taking place in the signing space – a topological space – that becomes linguistically functional. Sign language characteristics have many consequences for perception, comprehension, and production processes, which require great care in linguistic and psycholinguistic analyses. Sign language processing relies on a different perceptual system than that used by spoken languages: if the auditory system seems proficient to process sequential information, visual system seems more proficient to process simultaneous information (Hall & Thompson, 2020; Boutla et al., 2004; Brentari, 2002). Consequently, these sensory-motor properties must be considered in analysis of either behavioral or neural investigations into language abilities.

Sign languages use both manual (fingers, hands, and arms) and non-manual channels (eyes, eyebrows, and mouth articulations; head, shoulders, and body positions) to communicate linguistic information. These signs spread in the signing space, all these units being perceived by the visual system (Jepsen et al., 2015). It is now widely acknowledged that signs are made up of minimal units and are phonologically described with manual parameters (handshape, location, orientation, and movement) and non-manual parameters (mouth actions, gaze, facial expression) (Brentari, 2002).

The sign language parameters are therefore an underlying group of manual or non-manual features (minimal units) used to create minimal pairs. Given their dynamic nature and use of the visuo-spatial modality, researchers have been interested in studying lexical access in sign languages. These studies reported that lexical access takes place in the same way as in spoken languages. They reported a lexicality effect and a familiarity effect (Ferjan-Ramirez et al., 2016; Dye et al., 2016; Emmorey & Corina, 1993; Gutiérrez et Carreiras, 2009; Carreiras et al., 2008; Mayberry and Witcher, 2005). For most sign languages, these experiments are not easily replicable because the sign frequency is unknown: except for 4 sign languages which have available subjective frequency / lexical familiarity rated by deaf signers (Trettenbrein et al., 2021 for DGS; Caselli et al., 2017 for ASL; Gutiérrez-Sigut et al., 2016 for

LSE; Fenlon et al., 2014 for BSL; Johnston et al., 2012 for a review on frequency in sign language), other sign languages do not have this information readily available.

Although the same trends are observed in the lexical access process in sign language as in spoken language, the visuo-spatial modality influences the timing of access. Because of the simultaneity of sublexical features and the minimal sequentiality, a sign is recognized faster than a spoken word: signs are recognized when around 35% of the sign has been produced, while words are recognized when around 80% of the word has presented (Emmorey and Corina, 1990; Gutiérrez-Sigut and Baus, 2021). These results are supported by the simulations generated by Caselli and Cohen-Goldberg's (2014) computational model. Caselli and Cohen-Goldberg observed that model simulations matched the experimental data: the location parameter was activated earlier and seemed to be the most robust parameter due to its high sublexical frequency (the inventory of locations is smaller than those of handshapes or movements) and high perceptual saliency (location is the first parameter placed in the signing space), and due to its articulatory characteristics (i.e., more global motoric articulation), which holds a large part of signing space. Consequently, this perceptual saliency led to a stronger memory encoding/trace (Gutiérrez-Sigut and Baus, 2021). One question that remains is which word/sign recognition processes are universal (language-general) in spoken and signed languages, and which are specific to each language modality (language-specific).

As in spoken languages, signs can be combined in principled ways to generate an unlimited number of messages. Spatial syntax is one of the most singular aspects of signed languages: all grammatical relations between signs are either spatialized—marked by the location of signs on the signing space and the manner they move, or carried by non-manual markers as eyebrows, gaze, etc., which then determines the meaning of the sentence (Millet, 2019; Jepsen et al., 2015; Sandler & Lillo-Martin, 2006; Neidle et al., 2000 ; Checchetto et al., 2022 ; Kocab et al., 2022). If we can observe near-equivalent syntactic processes both in signed and spoken languages, the combination of these processes is clearly modality-specific (Pfau et al., 2018). Verb agreement and thematic roles are modality-independent syntactic processes; however, their realizations depend on articulatory properties in both modalities. For the sentence "The child is lying down between his/her parents" (Figure 1), we can distinguish different linguistic units: lexical signs (PARENTS and CHILDREN) and Hand Classifiers (left and right hands with index and middle fingers extended, producing a sliding movement; hand classifiers represents the action of lying down on the floor or in a bed, and these classifiers take up the referents PARENTS and CHILDREN LYING DOWN, integrating them in the handshape and movement). Finally, we distinguish previously localized but invisible referents (symbolized by the white shape in Figure 1).

The child is lying between his/her parents.

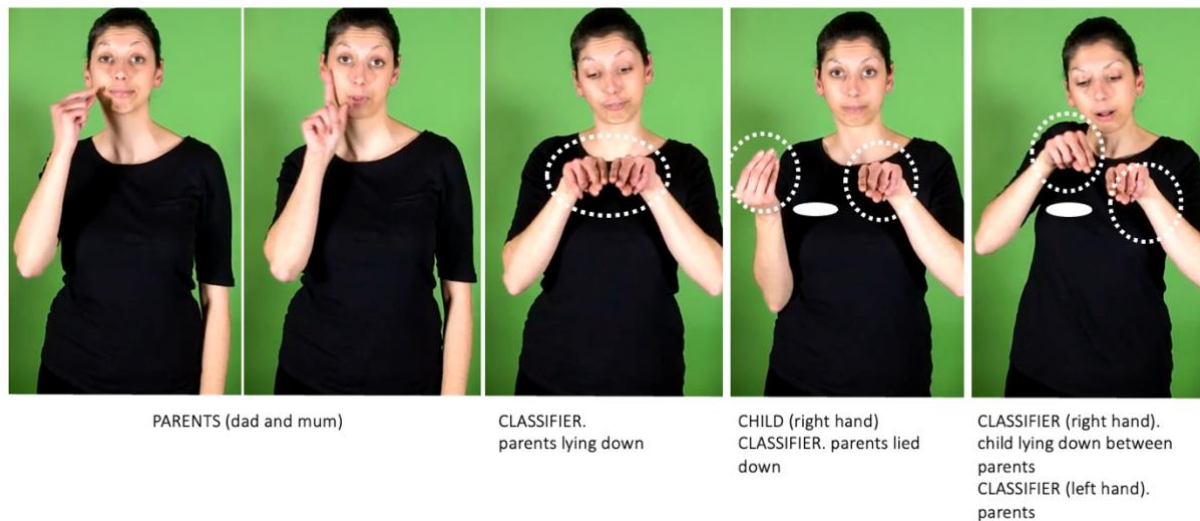


Figure 1. Spatial syntax in LSF. This sentence shows how the visuo-spatial modality are the medium for expressing complex grammatical relations between signs.

Regarding the verbal inflection, verbs are classified differently according to their characteristics in terms of position on the body or in signing space, movement in signing space, agent/patient incorporation in the sign (see the typology of predicative constructions: Puissant-Schontz, 2020; Puissant-Schontz et al., 2017).

1.2. Electrophysiological evidence of semantic and syntactic processing in sign languages

Since the Kutas and Hillyard study (1980), numerous studies in several spoken languages have reported that a detection of semantic incongruity activates a negative component around 400 milliseconds after the stimulus onset (N400; for a review see Federmeier & Kutas, 2011; Friederici, 2011; Isel & Kail, 2018). These studies observed a larger N400 amplitude when a lexical item is unexpected and could not easily be integrated in the sentence context. In contrast to spoken languages, few ERP studies have focused on the time course of semantic or syntactic processing in sign language (for ASL: Neville et al., 1997; Capek et al., 2009, Gutierrez et al., 2012; Grosvald et al., 2012; Malaia et al., 2020; Hosemann et al., 2013; Hänel-Faulhaber et al., 2014. For Spanish Sign Language (LSE): Gutiérrez et al., 2012. For preliminary results in Finnish Sign Language (FinSL): Hernández et al., 2022). These studies all report an elicitation of an N400 component for violation of selectional restriction in the sign language investigated, suggesting that semantic processing is modality independent. Regarding morphosyntactic violations, few studies have reported results in sign languages (in ASL: Capek et al., 2009; in DGS: Hanel-Faulhaber et al., 2014; Hosemann et al., 2018).

Contrary to Hosemann et al. (2018), Capek et al. (2009) and Hanel-Faulhaer et al. (2014) observed that morphosyntactic violations elicited specific ERP patterns, different than those observed with semantic violations. They similarly report a biphasic Left Anterior Negativity (LAN) - P600 pattern for sentences with incorrect verb agreement, as frequently observed in spoken languages. A left frontal negativity followed by a posterior positivity was observed in response to morphosyntactic incongruities (Hanel-Faulhaber et al., 2014) or a broadly distributed positivity (Capek et al., 2009).

Although these studies underlined that signed and spoken languages share similar neurodynamic language processes, some authors mentioned sign processing particularities: e.g. later elicitation for the N400, LAN and P600 in sign language, or a more anterior distribution compared to those observed in spoken language (Capek et al., 2009; Grosvald et al., 2012; Hanel-Faulhaber et al. 2014; Neville et al., 1997). These results could be the consequence of signs' characteristics such as the variability in the recognition point, or lengthier transition times between signs. These latter explanations highlight the technical challenges in implementing EEG experiments in sign languages.

1.3. Language acquisition in deaf people

Another particularity of sign languages is the way most deaf people acquire sign language. Native exposure to sign language is far from the most common situation: 95% of deaf children are born to hearing parents that are not able to use a sign language with their child at birth and in the early stage of life (Mitchell & Karchmer, 2004), others are born to deaf parents whose sign language is incomplete or non-proficient (Twomey et al., 2020 ; Ferjan-Ramirez et al., 2013; Lu et al., 2016; Mayberry, 2007; Singleton & Newport, 2004). Among non-native deaf signers, some are considered "early signers", because they are exposed to a sign language in early childhood (anywhere from 2 to 6 years of age; Newport, 1990; Cormier et al., 2012), and other are considered "late signers" because they are exposed to a sign language later in life (around 8 years-old, adolescence, adulthood). In the sign language literature, it is usual to distinguish two Late signers' profiles: 1) the language-deprived Late signers, with a delayed L1 acquisition (i.e., any proficient language use); 2) L2 signers who have gone to school and have acquired knowledge of a spoken language, often in the written modality, before sign language acquisition later in life. In both cases, there was no language sufficient for functional communication before sign language exposure.

The late exposure to a sign language has major consequences on language development (Morford, 2000; Berk, 2003; Mayberry et Lock, 2003; Mayberry, 2007; Skotara et al., 2012; Ferjan-Ramirez et al., 2013; Cheng and Mayberry, 2019; Bogliotti et al., 2020), and can also be observed in neural activation patterns with atypical localization patterns during isolated sign

recognition (Ferjan Ramirez et al., 2016; Mayberry et al., 2018 with L2 deaf signers). If the gestural properties of sign language have no impact on the language network, it seems that early language deprivation shapes brain connectivity and the language network in an atypical way (Cheng et al., 2019; Ferjan-Ramirez et al. 2016).

Language deprivation causes significant cognitive and language delays (Mayberry et al., 2011; Mc Sweeney et al., 2008; Morgan et al., 2007; Courtin, 2000). Several authors have shown that deaf children with late exposure to a sign language do not master some phonological aspects (Morford, 2000; Bogliotti et al., 2020), lexical processing (Bogliotti et al., 2020; Lieberman et al., 2015; Mayberry et Eichen, 1991), lexical storage (Ferjan-Ramirez et al., 2014), or (morpho)syntax (Cormier et al., 2012 ; Berk, 2003; Morford & Mayberry, 2000; Newport, 1990), and tend to behave like second language (L2) learners (Mayberry & Eichen, 1991; Mayberry & Lock, 2003; Newman et al., 2002).

Several researchers report that early exposure to sign language provides benefits, even for L2 literacy (Newman et al., 2002; Mayberry and Lock, 2003). Many studies reported that language skills in deaf people are impacted by age of acquisition (early/native) and type of exposure (full / impoverished; spoken or signed). Native exposure must be distinguished from sign language experience: even with 15 to 20 years of practice, non-native adults with early exposure cannot behave like adults who are native signers (Mayberry, 2007).

In addition, while native signers—either deaf or hearing—with deaf parents grow up and acquire language in a sign language-rich environment, non-native signers usually first encounter the signed modality or sign language at school. Consequently, the linguistic environment has strong impacts on language acquisition and the linguistic skills observed in adulthood (Boudreault & Mayberry, 2006; Mayberry & Lock, 2003 ; Newman et al., 2002 ; Ferjan-Ramirez et al., 2013).

1.4. AOA and ERP studies

Language deprivation is another factor to consider in the investigation of language skills in deaf signers. Few ERP studies have investigated the role of AOA and / or language experience on semantic processing. Neville et al. (1997) observed processing differences between native signers (deaf or hearing) and late signers, especially for the processing of closed-class stimuli (specific sign language units). Results of Neville's study should be interpreted with caution due to their stimuli constitution: their target stimuli were always sentence-final words which can be confounded with wrap-up effects (Bastiaansen et al., 2001). In the same way, Skotara et al., (2012) used a violation paradigm experiment in which deaf native signers, deaf non-native signers and hearing native German speakers read written German sentences with semantic

or syntactic violations. While they observed that syntactic processing was affected by language deprivation, semantic processing was not. This result suggests that syntactic processing may be more cognitively demanding than semantic processing, especially in less-experienced signers.

So, observations about neurophysiological processing in sign language are consistent with previous findings from spoken language studies, in that semantic and syntactic processing are largely modality independent.

To date, no ERP studies have attempted to investigate the neurodynamic correlates of semantic and syntactic processes in LSF with deaf signers who vary in age of sign language acquisition. The goal of this study is to provide the first ERP results in LSF using a violation paradigm and an attentional judgment task to examine age of sign language acquisition effects.

2. The present study

The present study aimed to investigate the neurophysiological processing of LSF, with a focus on the semantic and morphosyntactic levels. We aimed to investigate how ERP markers associated with semantic and morphosyntactic processing in spoken languages and other sign languages are quantitatively and qualitatively similar or different in LSF. For this purpose, we used a violation paradigm with two groups of deaf adults: Native signers and Late signers. This task was associated to an offline attentional judgment task (Figures 2 and 3).

2.1. Predictions

According to previous studies, we aimed to replicate the electrophysiological correlates of semantic and syntactic processing.

Semantic condition. We predicted the emergence of an N400 component in response to the processing of sentences with a semantic violation (semantic incongruity). This N400 may be followed by a frontal P600 reflecting reanalysis of semantic integration (DeLong et al., 2011).

Morphosyntactic condition. We predicted the emergence of a LAN component in response to the processing of sentences with a morphosyntactic violation (morphosyntactic incongruity). This LAN may be followed by a posterior P600 reflecting syntactic reanalysis mechanism (DeLong et al., 2011).

Age of Acquisition effect. While Skotara et al. (2012) compared German written skills in deaf native and late signers, no ERP studies have been run on signed skills with native and late signers. Previous findings in spoken languages have suggested that L2 learners who are neither highly proficient nor very familiar with the L2's syntactic structures do not show a LAN

and/or a reduced P600, reflecting a reduced language processing (Weber Fox et al. 1996; Rossi et al., 2006; Hahne, 2001; Skotara et al., 2011). As reported in previous studies, we suggest that the native sign language acquisition might result in a robust development of neural systems, underlying syntactic processing. So, given that late signers have experienced language deprivation within the most sensitive developmental periods, they could present altered neural processes, resulting in weak N400 and LAN effects. So, we predict for both violation conditions that the different ERP markers observed in this task should be modulated in both amplitude and latency as a function of AOA. Native signers should show a greater effect of semantic and morphosyntactic incongruity in comparison to Late signers. We predicted an interplay between age of LSF acquisition and the amplitude of both N400 and the LAN: the Native group (earlier acquisition) should show a larger N400 or LAN amplitude relative to the Late group. A similar prediction is made regarding the latency of the N400 and the LAN: the Native group should show an earlier peak for these components than the Late group. Absence of the N400 - frontal P600 pattern or LAN - posterior P600 pattern in Late signers should be considered as a neurophysiological marker of language delay or reduced proficiency because of the language deprivation in childhood. In addition, later cognitive processes like syntactic reanalysis could be influenced by the age of LSF acquisition. This should be reflected by differences in amplitude and latency of P600 (both frontal and posterior) between Native and Late signers.

2.2. Methodology

2.2.1. Participants. Twenty-five deaf signers (14 female) participated in the experiment (mean age: 29.7 years-old, SD = 9.7 years; range: 18-51). They presented various Ages of Acquisition of LSF and varied in experience in LSF in terms of length of daily exposure or quality of LSF input (Table 1). Consequently, we considered 14 deaf adults as Native signers who grew up in deaf families and had daily exposure to LSF from birth (Mean Age = 27.2 years, SD = 6.9 years), and we considered 11 deaf as Late signers, who grew up in hearing families, with a first exposure to LSF after 6 years-old (Chronological Age: Mean Age = 32.9 years-old, SD = 12.14 ; Age of Acquisition: Mean Age = 13 years-old, SD = 5.1 years-old (range 6-22)). There is no significant difference of Chronological Age between the two groups ($t(23) = -1.45$; $p=0.15$). We measured language experience and language proficiency with a self-evaluation and a questionnaire with several questions about LSF exposure in daily life (family, friends, work) and quality of signed language skills of other deaf or hearing signers. In our study, Late signers acquired LSF either without previously having a spoken language acquisition or had spoken language proficiency that was not sufficient for functional communication through it. Therefore, all Late signers were LSF dominant (Table 1). All deaf signers had no known history

of neurological disease and had normal vision. Participants were informed about the experiment before giving their written consent and received monetary compensation. The data collected were anonymized by applying the European Data FAIR principle in collaboration with HumaNum for the management of the experimental data (Wilkinson et al., 2016). The study was approved by the local ethics committee of Paris Nanterre University and was performed in accordance with the principles of the Declaration of Helsinki.

Group	Gender	C.A	Sign Language Proficiency	Sign Language AOA	Frequency of Exposure	Spoken Language Proficiency	Written Proficiency
Native01	male	46	native	birth	frequent	L2	C
Native02	male	30	native	birth	daily	L2	B
Native03	male	17	native	birth	daily	L2	C
Native04	female	39	native	birth	daily	L2	A
Native05	male	24	native	birth	daily	L2	A
Native06	female	26	native	birth	daily	L2	C
Native07	male	27	native	birth	daily	L2	B
Native08	male	20	native	birth	daily	L2	C
Native09	female	39	native	birth	daily	L2	B
Native10	female	24	native	birth	daily	L2	C
Native11	male	35	native	birth	daily	L2	C
Native12	female	27	native	birth	daily	L2	C
Native13	male	18	native	birth	daily	L2	C
Native14	male	26	native	birth	daily	L2	C
Late01	female	41	late	9	frequent	L1	C
Late02	female	49	late	18	infrequent	L1	B
Late03	female	51	late	16	daily	L1	B
Late04	female	23	late	10	daily	L1	C
Late05	male	50	late	10	daily	L1	A
Late06	female	21	late	6	daily	L1	C
Late07	female	27	late	15	daily	L1	C
Late08	female	26	late	16	frequent	L1	C
Late09	male	25	late	15	infrequent	L1	C
Late10	female	26	late	22	frequent	L1	C
Late11	female	23	late	6	frequent	L1	C

Table 1. Biographical characteristics of the participants. Written proficiency was measured in A, B and C scores (respectively Low, Medium and High proficiency).

2.2.2. Material

EEG task. 180 signed sentences were created with two Native deaf signers and sign language linguists. Sentences were targeted to deaf adults, focusing on Deaf culture with social and daily life themes. Sentences were around 8 signs in length (between 6 and 10 signs) and were produced at a natural speed. The acceptability of all sentences was judged by 2 deaf native signers of LSF and 2 researchers in sign language linguistics. The set of stimuli was divided in three conditions: 1) *Control condition*: 60 sentences were semantically correct; 2) *Syntactic Incongruent Condition*: 60 sentences were grammatically incorrect, with a violation of verbal inflection (wrong place or wrong movement on the signing space) and 3) *Semantic Incongruent Condition*: 60 sentences were semantically incoherent, with a violation of lexical restriction

(Figure 2). All sentences were videotaped. We capture sentences at the standard frame rate for video, i.e. High Definition 1(920 x 1080) at 25 frames per second.

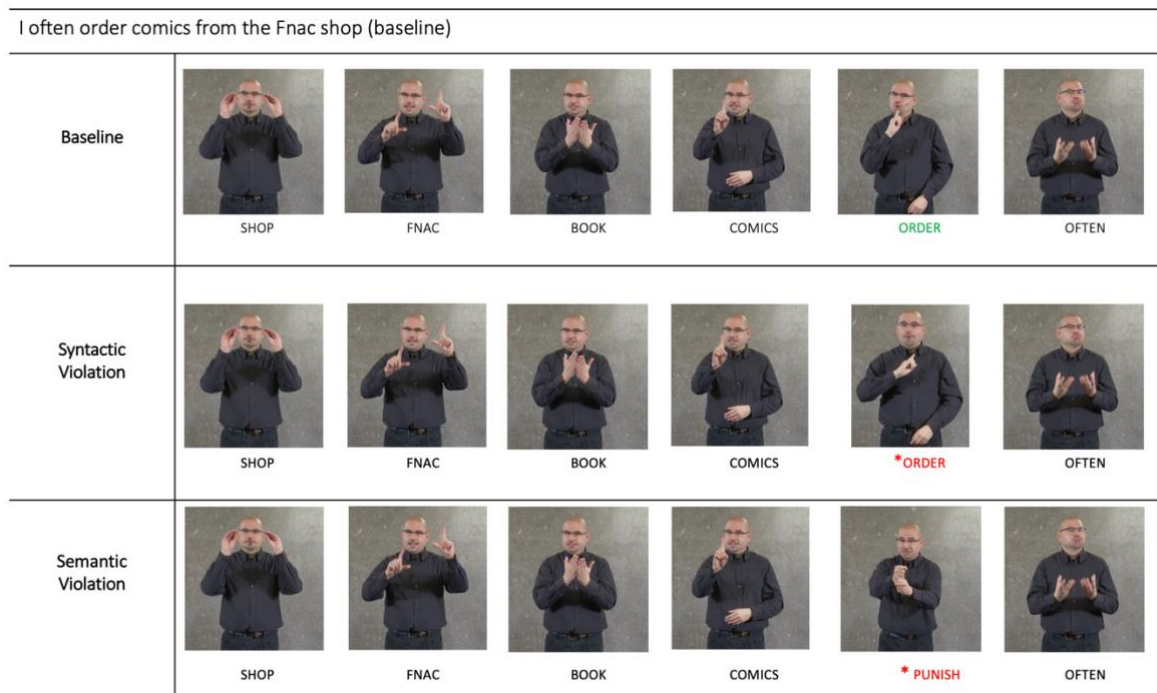


Figure 2. One trial presented in the three conditions: Control Condition (baseline), in which all stimuli are semantically congruent; Syntactic Incongruent Condition and Semantic Incongruent Condition, in which one sign is unexpected in the presented sentence (respectively order and punish).

2.2.3. Procedure. Before the experiment started, instructions were presented in LSF, by the deaf Native signer who recorded the stimuli. The participant could repeat the instructions if needed. The participant would then do four practice trials to familiarize themselves with the task. Once the experimenter ensured that the participant understood the instructions, the experiment started. Each trial started with a centered fixation cross for 1000ms. Then, the sentence was presented as a continuous video. For the 24 trials with a verification question (the attentional task, that consisted in presentation of an isolated sign, and the participant had to say if this sign was present or not in the previous sentence), 10 seconds were allocated after the end of the stimulus presentation for the response. After each sentence, a black screen appeared for 1000ms before the next fixation cross (Figure 3).

The ordering of the sentences was pseudo-randomized for each participant, such that the same condition could not appear more than three times in a row within a given block. Participants were seated comfortably in front of the computer screen, which was positioned 50 cm from the participant at eye level. They had a keyboard to answer to the attentional judgement task: a red and a green sticker were placed on the F and J keys (alternatively GREEN or RED button; counterbalanced for each participant). The experimental stimuli were presented using PsychToolbox (Kleiner et al., 2007) in Matlab (The Mathworks, Inc.). The total duration

of the experiment was 60 minutes, not including the electrode cap fitting time (30 minutes) and removing the electrode cap (10 minutes).

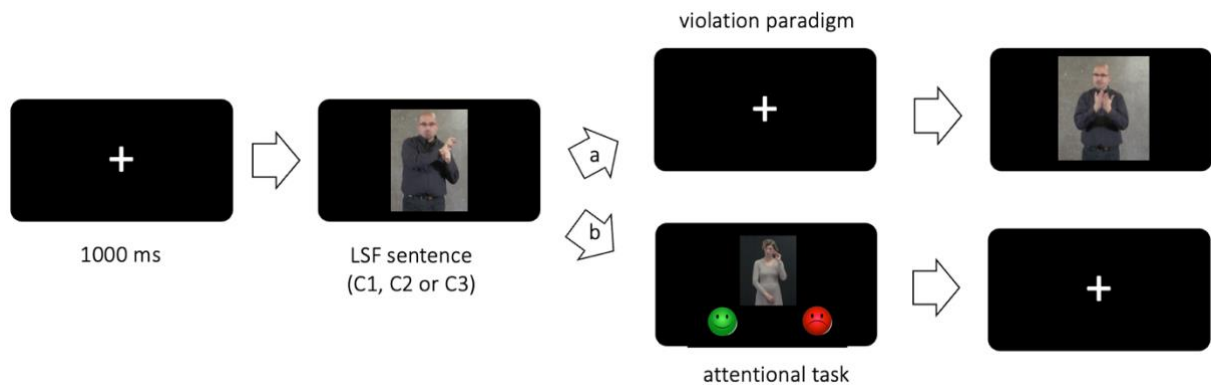


Figure 3. Experimental procedure. Participants saw the LSF sentence, and (a) either the next stimulus appeared or (b) either participant were submitted to the attentional task.

2.2.4. Trigger in sign language. As mentioned earlier, several technical and linguistic challenges must be resolved to create an EEG experiment using sign language videos as stimuli. For example, while setting a trigger to the onset of the spoken word is easy because coarticulation and transition are clear-cut, the manual sign onset is more complex to define (Krebs et al., 2023). These technical and linguistic issues are strongly interdependent must be addressed to be able to correctly analyze semantic and morphosyntactic integration. Firstly, given that i) sign articulation is known to be slower, ii) places of articulation between two signs are more or less distant (e.g., location of one first sign to the second one can be from the neutral space going to forehead, or nose to chest, or hear to eye, etc.) and consequently transitions between manual signs vary in length, iii) according to the length of transitions, coarticulation timing and manual articulator preparation can be more or less brief. So, what is the appropriate time point to consider as the onset of the sign? Is the sign onset when the target handshape arrives at the target location before starting the sign movement (Emmorey et al., 2020; Caselli et al., 2017; Hosemann et al., 2013)? If we consider this as the onset sign, we could lose some processing information: for manual sign preparation and during sign-to-sign transition, signers produce some phonological cues that could give semantic information perceived by signers, meaning that the lexical access process could already be in progress. Caselli et al. (2017) defined sign onset when the first fully formed handshape contacted the body, or when the two hands contacted each other (bimanual signs). However, in some cases, there is no clear frame for sign onset due to the dynamic characteristics of sign language. Consequently, as Caselli et al., (2017) and Emmorey et al. (2020), we defined sign onset (and

corresponding trigger point for the EEG) as the first frame in which a detectable handshape appeared. More precisely, the handshape was not necessarily completely fully formed in terms of location, or movement, but there were enough phonetic cues to activate lexical candidates.

2.2.5. Electrophysiological recording. Scalp EEG was recorded using a BioSemi ActiveTwo system from sixty-four active electrodes fixed on the participant's scalp by means of an elastic cap (Neurospec AG Switzerland). Electrodes were positioned according to the 10-20 international system. Horizontal eye movements (HEOG) were registered by electrodes at the outer canthus of each eye and vertical eye movements (VEOG) were recorded by electrodes fixed above and below the left eye. DRL and CMS electrodes (on either side of the POz electrode) were used as the online reference. EEG was re-referenced offline to the average of the two mastoids. The EEG signal was recorded with a sampling rate of 512 Hz, and online band-pass filtered between 0.5 and 100Hz.

2.2.6. ERP Data analysis. Matlab (The Mathworks, Inc.), EEGLab (Delorme & Makeig, 2004) and Fieldtrip (Oostenveld et al., 2011; <http://fieldtriptoolbox.org/>) software were used to analyze the EEG data. Data were re-referenced offline to the averaged mastoids and band-pass filtered between 0.5 to 40 Hz. Segments containing large artifacts due to participant movement were removed by manual inspection (maximum 5 % trials per participant). ICA decomposition was performed using the default runica algorithm, and components corresponding to ocular artifacts were removed (around 1 or 2 per participant). Data were separated into 1300 ms epochs (-100 to 1200 ms about sign onset), baseline corrected using the 100 ms pre-onset interval, and down sampled to 256 Hz. The difference between the syntactic or semantic manipulation conditions and the control was taken for each participant. Analyses were conducted for all participants together as well as for each of the AOA groups (i.e.: Native, Late). For the difference wave between each condition and the control condition (semantic violation – control, or morphosyntactic violation – control), a mass-univariate cluster-permutation test was conducted (Groppe et al., 2011). This test used a neighborhood distance of 40, cluster inclusion cutoff of 0.05, an overall alpha level of 0.05, and 2500 permutations. A between-groups comparison was also tested for each condition using a two-sample t-test and cluster-permutation correction. We note that while such cluster permutation testing methods are well-suited for identifying the high-level temporal and spatial distribution of effects, they do not give much insight into the amplitude of these effects.

3. Results

Behavioral data

Native and Late signers performed in the same way in the attentional task. We did not observe differences between groups, either in percentage of Correct Responses or in Reaction Times (respectively CR: $t(24)=0.59$, $p=.56$; RT : $t(24)=-1.74$; $p=.09$) suggesting that both groups were attentive throughout the task. Native and Late signers responded quickly and accurately in choosing the right signs (respectively Native signers: 86% correct, $SD=7.33\%$; RT = 860 ms, $SD=449$ ms.; Late signers: 83% correct, $SD=13.23\%$, RT = 1225 ms, $SD=621$ ms).

EEG data

Semantic condition. In the semantically incongruent condition, we found a significant cluster in the full group of participants driven by an anterior positive component beginning around 700 ms. and continuing until the end of the epoch (Fig. 4). This effect was found in the Native group with a slightly later onset around 720 ms. but was not found in the Late group (i.e. no significant result after cluster correction; Fig. 5 & Fig. 6). Because we had predicted an N400 effect in the semantic condition, we looked at the timepoint-wise t-scores in the 350-550 ms. range and found a group of electrodes with $p<0.05$ uncorrected in the right posterior portion of the scalp in the Native group which resembled an N400 component. Unfortunately, these effects were not robust to multiple comparisons correction (Fig. 7). A similar but somewhat later pattern was observed in the Late group, but again was not robust to multiple comparisons correction.

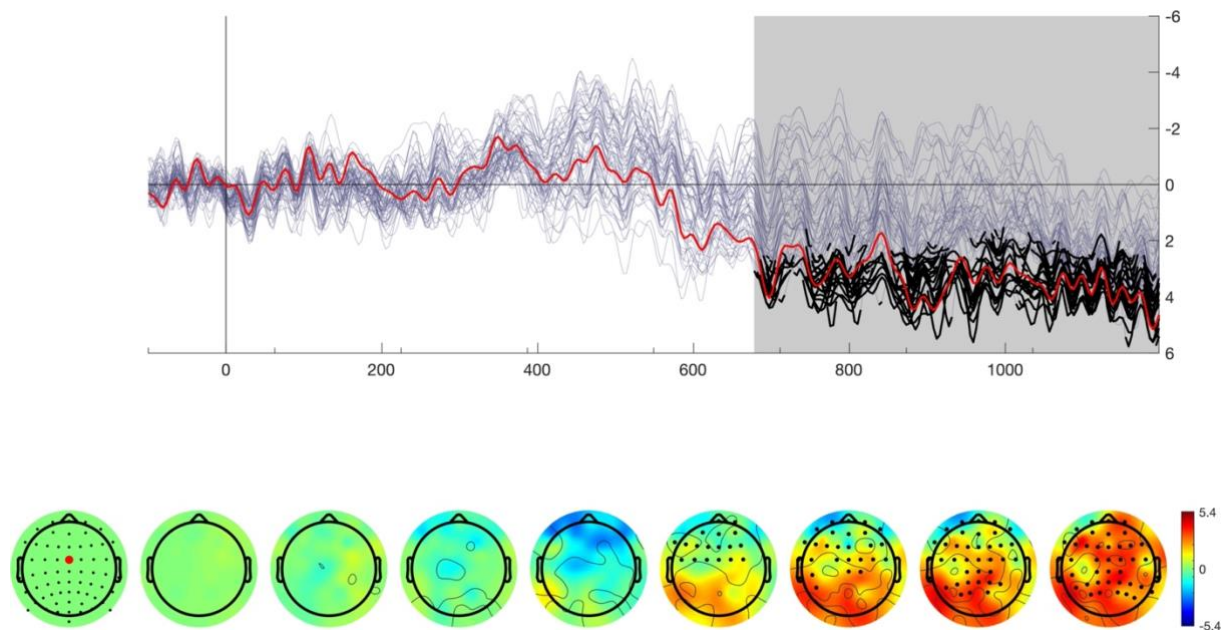


Figure 4. Full-group ERP results for the semantic condition. Shaded gray area on trace plot and marked electrodes on topographies shows region of time where the effect was significant after correction for multiple comparisons. Highlighted trace is at FCz.

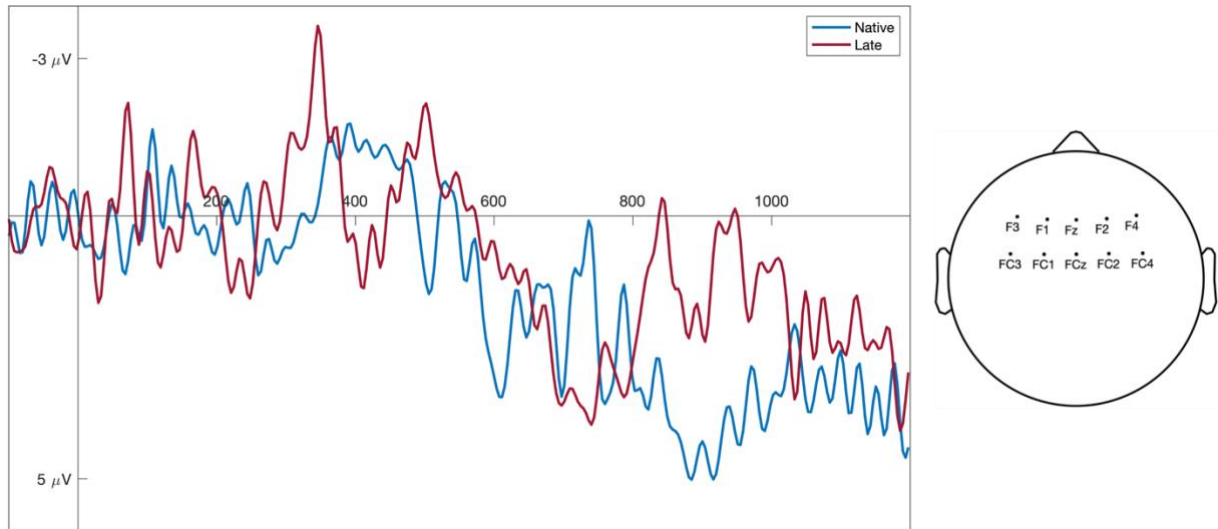


Figure 5. ERP traces and channel locations for Native and Late group for the difference between the semantic condition and the control condition (violation – control) at the marked fronto-central electrodes.

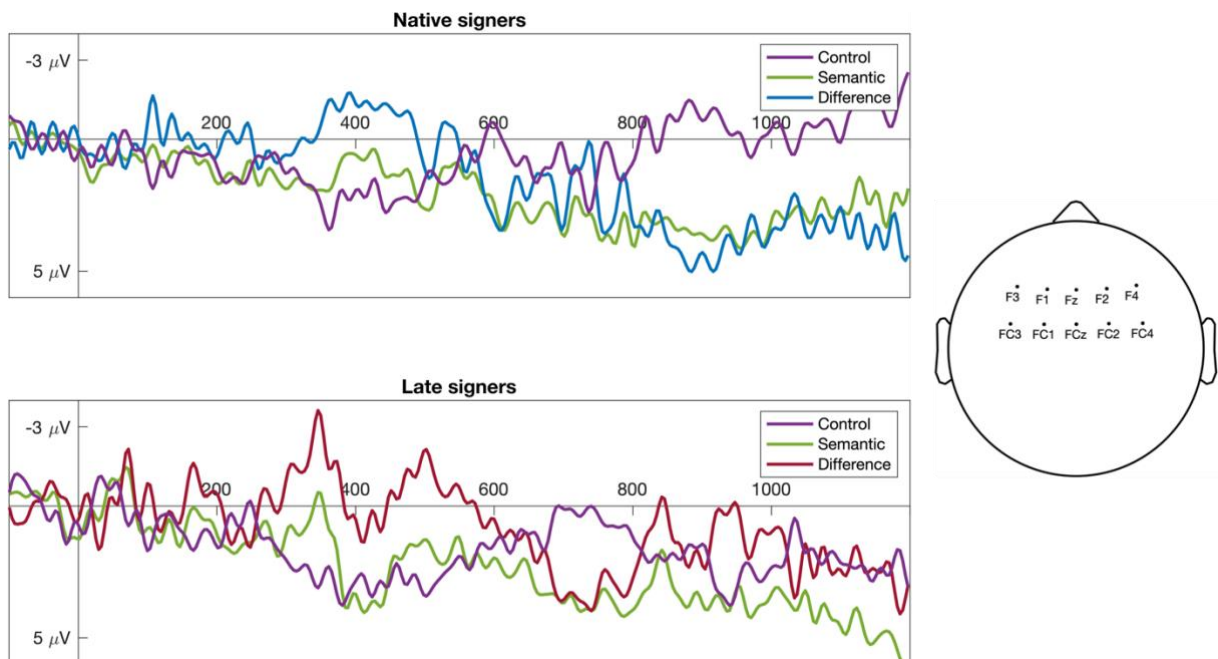


Figure 6. ERP waves for semantically anomalous and control sentences, as well as their difference in each group at the marked fronto-central electrodes.

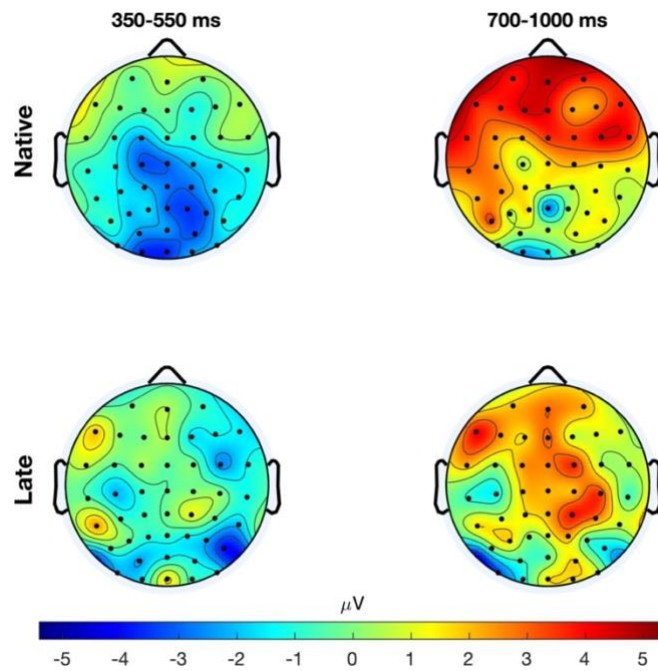


Figure 7. ERP topographies from the semantic condition (violation – control)

Morphosyntactic condition. In the morphosyntactically incongruent condition, no difference between the syntactic violation condition and the control condition was found to be robust to multiple comparisons correction in any group (Fig. 8 & Fig. 9). In search of the P600 effect, we looked at the timepoint-wise t-scores in the 600-800 ms range. In the Native group, we found a group of electrodes with $p < 0.05$ uncorrected in the left anterior portion of the scalp, however no comparable pattern was found in the Late group (Fig. 10).

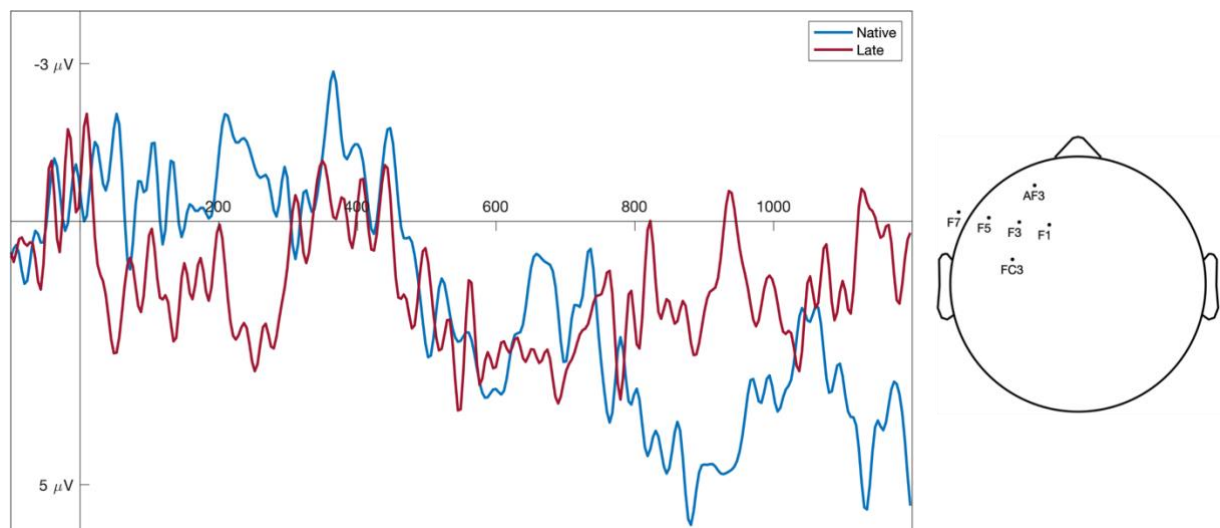


Figure 8. ERP traces from the morphosyntactic condition (violation – control) over the marked left anterior electrodes.

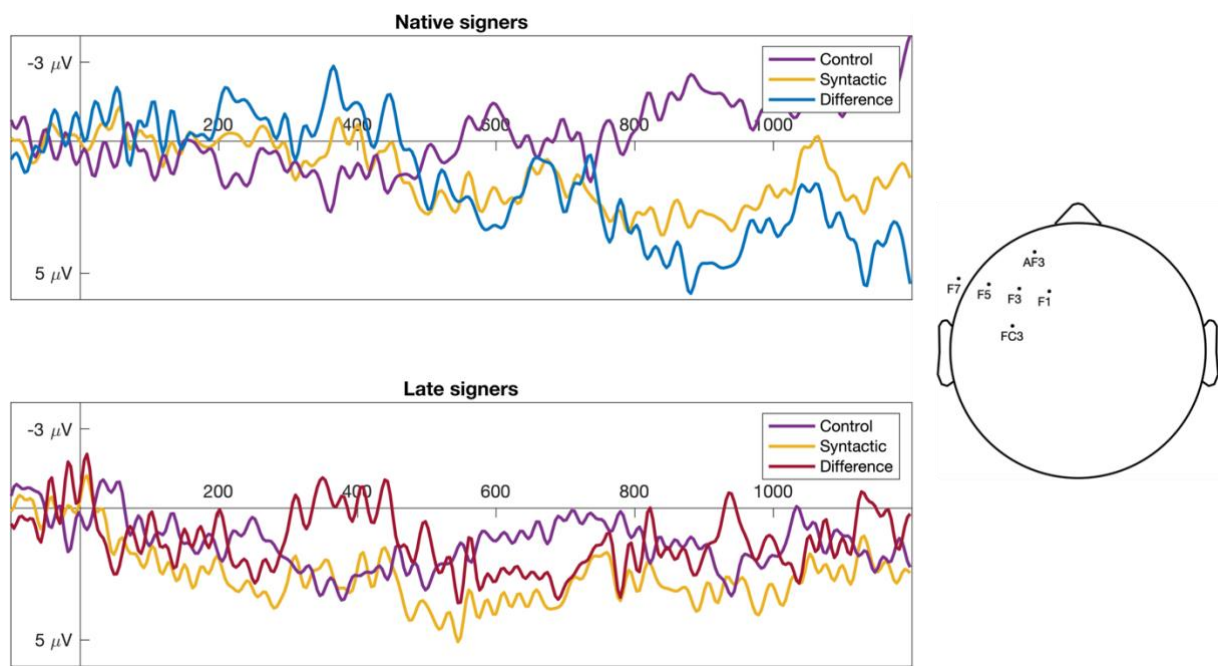


Figure 9. ERP waves for sentences with morphosyntactic violations and control sentences, as well as their difference in each group at the marked left anterior electrodes.

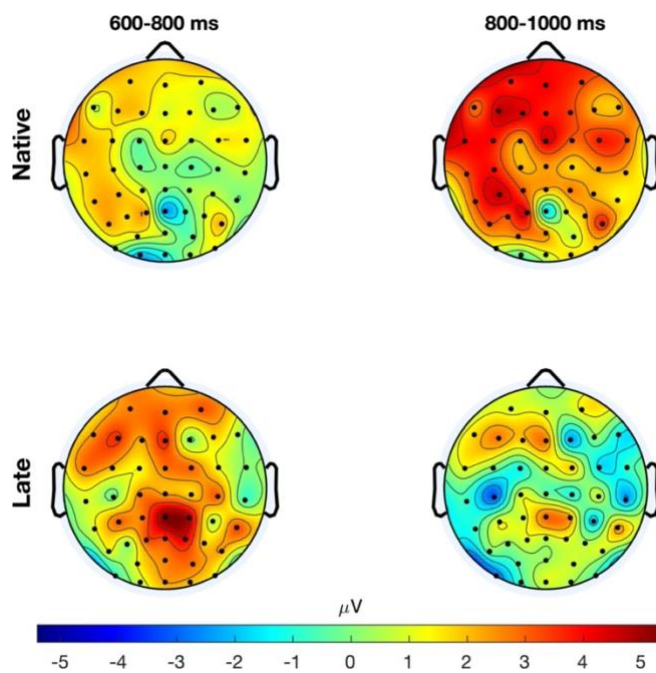


Figure 10. Scalp topographies from the morphosyntactic condition (violation – control).

4. Discussion

The present study aimed to investigate for the first time the processing of selectional restriction violations in LSF using ERPs. Based on the ERP data in different spoken languages, models of sentence processing have been developed to account for the neurodynamics of the semantic or morphosyntactic processes (for reviews, see Federmeier et Kutas, 2011; Friederici, 2011; Isel et al., 2007; Isel & Kail, 2018). Undoubtedly, neurophysiological studies in sign languages will lead researchers to reconceptualize language processing in the signed modality and consequently allow for more research into general functioning, processing, and language acquisition in this modality.

In contrast to spoken languages, relatively few ERP studies have focused on semantic or morphosyntactic processing in sign language, either in deaf or hearing signers. These studies reported an elicitation of a biphasic N400 - P600 brainwaves, respectively a marker of the detection of semantic incongruity and syntactic reanalysis mechanism. In addition, they reported a biphasic LAN – P600 component in response to the morphosyntactic violation. These results showed that sign language and spoken language qualitatively share similar underlying linguistic processes. Regarding an AOA effect on language processing, this phenomenon has been largely studied in spoken languages with L2 learners who are exposed to a second language after puberty. These studies frequently observed an interplay between the age of the onset of acquisition of an L2 and L2 achievement: the later the L2 acquisition, the lower the performance (for a review, see Birdsong et al., 2016). Interestingly, lexical-semantic level seems to be less affected by a late language acquisition than the syntactical and phonological ones (DeKeyser et al., 2005).

Consistent with previous research on spoken and signed languages, we observe an effect of a semantic violation on language processing, particularly for Native signers. Our results are consistent with previous studies in other sign languages and provide evidence that semantic processes in sign language are mediated in the same way as in spoken languages. In the semantic condition, we had predicted an N400 effect, and we observed in the right posterior portion of the scalp in the Native and Late groups a N400-like component around 350-550 ms (although this was not robust to multiple comparisons correction). This component was followed by an anterior positive component beginning around 720 ms in the Native group but was not found in the Late group. Contrary to prior results, our N400-like effect in this study was not time-delayed as we observed it in the expected 350-550 ms time-window. In Holcomb & Neville (1991), the authors reported a difference in the latency of the N400 as a function of the stimulus presentation modality: visual incongruent stimuli had a later N400 than auditory incongruent stimuli. In contrast, Hernández et al. (2022) observe a very early N400 (200-400 ms) in the visual modality with Finnish Sign Language sentences. However, in the latter study,

there is insufficient information provided about the trigger timing to do a proper comparison. If the ERPs were time-locked to sign onset *Handshape and reached Target Location*, it would be possible that there is enough linguistic information within the transition for participants to process the lexical meaning, and thus generate an early N400.

In addition, the late positivity around 720 ms that we observed is differently distributed: Native signers exhibited a frontal positivity and Late signers a centroparietal positivity. These two kinds of positivities could reflect two different patterns of processing: the frontal one could be considered as the semantic integration reanalysis (Friederici, 2002; DeLong et al., 2011) or as the marker of an ambiguity resolution (Kaan & Swaab, 2003), which could be what occurred with Native signers, given that semantic anomalies impact their processing. Regarding the centroparietal positivity we observed in Late signers, it shows qualitative similarity to the results of Kolk et al. (2003) who reported a centroparietal P600 occurring after processing of semantic anomalies, rather than biphasic brainwaves usually observed (N400 and frontal P600). They suggested that the P600 could be the results of the processing of an unexpected element, without an N400 effect (semantic integration). So, although our results did not reach significance, this is an area which merits further exploration in future studies.

In the morphosyntactic condition, no significant difference between condition or group was found. In the Native signers, we found a group of electrodes with $p < 0.05$ uncorrected in the left anterior portion of the scalp, however no comparable pattern was found in the Late signers. Regarding the morphosyntactic condition, a potential explanation concerns thematic role assignment. Some previous studies have evaluated the syntactic processing by using syntactically correct spoken Dutch sentences with an implausible thematic role assignment (Kolk et al., 2003; Van Herten et al., 2005; Kim & Osterhout, 2005; Kuperberg et al., 2007). To access meaning, Van Herten et al (2005) hypothesized that participants would use a plausibility strategy and interpret the sentence by combining lexical elements in the most plausible way. Specifically, participants' processing ability would rely on semantic cues, possibly at the expense of syntactic cues, to obtain the overall meaning of the sentence rather than performing a full syntactic analysis (Zheng & Lemhöfer, 2019). Van Herten et al. (2005) observed a P600 effect with a centro-parietal distribution and conclude that presence of a P600 was not solely the consequence of a syntactic error, but could reflect the control and re-analysis processes of the sentence's meaning, i.e. plausibility evaluation. The results observed in the present study can be analyzed in the light of Van Herten et al study. In our study, the morphosyntactic violation was carried on incongruent thematic roles, so we suggested that centro-parietal P600 observed in Late signers in morphosyntactic condition reflect the re-analysis process about the plausibility of the sentence.

Investigating Native and Late signers' language ability offers a unique perspective to understand the impact of language deprivation or deficient exposure on language processing and neurobiology of language. Unfortunately, we did not observe any significant differences between Native and Late signers. Despite our collected results, we do not suggest that AOA does not impact semantic and morphosyntactic processing in sign language. To explain these results, we suppose that the syntactic complexity of sentences, whatever the condition, could affect the process of incongruity detection. The mechanisms underlying the sentence's comprehension could be so cognitively costly that it would hinder the detection of semantic or morphosyntactic incongruity. In addition, the absence of Group differences could potentially be explained by the heterogeneity of the deaf population and the weakness of the Native / Late distinction. It would be more interesting to consider the frequency of exposure: while Late signers learnt LSF later in life (late childhood, teenager), most of them use LSF in their daily life.

As discussed above, testing a sign language in a deaf population presents methodological issues, especially in the heterogeneity of participant demographics, and challenges with experimental design and engineering of the data collection. Regarding the heterogeneity, we noticed that researchers have focused on AOA, but it could be more relevant to propose a more ecological group distinction in the future. As proposed in Puissant-Schontz (2020), language ability of deaf signers could be conditioned by several factors: age of acquisition, frequency of exposure, quality of exposure in daily life (school, friends, family) and so on. In her work, she proposed an index of language proficiency (called Index of Language Potential - ILP) and analyzed language skills of deaf signers' children from this score: the lower the ILP, the more deficient morphosyntactic abilities in LSF (Puissant-Schontz, 2020). For further studies, it will be necessary to collect more exhaustive metadata to complete this index. For now, it is impossible to analyze our data with this ILP because we did not collect enough metadata to compute it.

Second, the experimental paradigm adaptation to sign language is rarely mentioned in sign language literature while it is a major challenge. Phonetic constraints linked to the signed modality (as dynamic motor production and perceptual specificities) could have consequences on language processing, requiring us to redesign the type of paradigm, procedure, stimuli properties, and analysis to be run. For example, while word onset seems quite clear, determining sign onset is more complex. In our study, by choosing to consider the sign onset as the first detectable handshape, we are certain to include the first phonological cue and semantic information on which a signer can rely to access the signed lexicon.

Last, regarding the methodology of sign language investigation, it would be interesting to match ERP and eye-tracker methodologies to observe whether and how signers retrieve

relevant linguistic cues in sign language. Given the simultaneity feature of sign language, we could suppose the gaze of the signer could be fixed at different points on the screen, i.e., different language cues during isolated stimuli or sentence presentation, ensuring that participants do not miss the linguistic violation influencing the incongruity effect. As Bosworth et al. (2020) reported about the sign perception, the primary articulators (hands) that convey core linguistic information fall almost entirely outside (usually far below) the foveal region (Bosworth et al., 2019). Whatever their proficiency, signers tend to fixate on the signer's face and not the signer's hands (Agrafiotis et al., 2003; De Filippo & Lansing, 2006; Emmorey, Thompson, & Colvin, 2009; Muir & Richardson, 2005) despite having other competing elements they could fixate on, such as the hands. It will be therefore interesting to have a behavioral measure about the fine-grained cue's retrieval, as morphosyntactic cues carried by handshape or movement, during sentences presentation. This behavioral measure could be a control task to check if signers focus on body's region of interest (manual cues particularly). This structural difference (visuo-spatial modality) and psycholinguistic context (typical and atypical acquisition) are of major interest for studying the neurobiology of language and highlighting the specific vs. similar properties of language processing in sign languages.

Abbreviations

ILP : Index of Language Potential (IPL in French: Indice de Potentiel Langagier)

LSF : Langue des Signes Française (French Sign Language)

AOA : Age Of Acquisition

Data Accessibility Statement

Bogliotti, Caroline (2023) "EEG Data in LSF" [Dataset] NAKALA.

<https://doi.org/10.34847/nkl.4aa3dou6>

Ethics and consent

The studies involving human participants were reviewed and approved by the Local Ethics Committee of the Paris Nanterre University – Department of psychology and was performed in accordance with the Declaration of Helsinki. The participants provided their written informed consent to participate in this study.

Acknowledgments

We thank Jérôme Ponsignon for help us in sentence creation, Thomas Guiffard-Colombeau for stimuli video-capture and signal cutting, Sylvain Madec for EEG analysis, Aude Julien Da Cruz Lima for research data management support and Romane Kasprzak for recruitment of

deaf signers. We thank Frédéric Isel for talks in the early stage of this work. This study was funded by the IUF project *Clinical Linguistics and French Sign Language. A Model for Acquisition and Sign Language Disorders* (PI. Caroline Bogliotti).

Competing Interests

The authors have no competing interests to declare.

Authors' contributions

Caroline Bogliotti. Conceptualization ; Funding acquisition ; Investigation ; Methodology ; Project administration ; Resources ; Writing : original draft.

Philomène Périn. Conceptualization ; Investigation ; Methodology ; Resources ; Software.

Jeremy Yeaton. Formal Analysis ; Software ; Visualization.

Table 2. 10 examples of sentences presented in the experiment (baseline, syntactic violation, semantic violation). Sentences ranged from 6 to 10 signs. The rate of acceptability (accept.) is shown in brackets (Likert scale from 1 - not acceptable - to 5 - highly acceptable).

BASELINE	SYNTACTIC VIOLATION	SEMANTIC VIOLATION	NUMBER OF SIGNS IN SENTENCE
AFTER – SCHOOL – FINISH – CHILDREN – GARDEN – XXX – TO PLAY – HAPPY			
GO TO (accept. 5)	GO TO (accept. 1)	BUY (accept. 2)	8
COMPUTER – NEW – ME (PT LOC 1) – CHOOSE – I DON'T KNOW – NO ONE – SELLER – XXX – POSSIBLE			
ADVICE (accept. 5)	ADVICE (accept. 1)	SLEEP (accept. 1)	9
ASSOCIATION – FGIRAUD – G.I.R.A.U.D (fingerspelling) – PI – CANCER – DEAF – XXX – KNOW – CLEAR			
OPEN ACCESS (accept. 5)	CLOSED ACCESS (accept. 1)	SELL (accept. 1)	10
HOME – INSIDE – CAT – HUNT – SEE – MOUSE – XXX – SWALLOW – GOOD			
CATCH (accept. 5)	CATCH (accept. 1)	SIGN (accept. 1)	9
MOVIE – CHARLOT – MIME – STRONG – BECAUSE – PT 3 – DEAF – XXX – PT3 – PASSION			
IMITATE THEM (accept. 5)	IMITATE HIM (accept. 1)	FIX (accept. 1)	9
SHOP – FNAC – BOOK – COMICS – XXX – OFTEN			
ORDER (accept. 5)	ORDER (accept. 1)	PUNISH (accept. 1)	6
NEXT YEAR – A.A.H (fingerspelling) – INCREASE – 900 € - DEAF – XXX – THEM - HAPPY			
ME (LOC1) RECEIVE (accept. 5)	THEM (LOC3) RECEIVE (accept. 1)	MOCK (MOI LOC1) (accept. 1)	9
HOSPITAL – PARIS – SALPETRIERE – PEOPLE – DOCTOR – I MET – XXX – GOOD – HEALTH			
CARE (accept. 5)	CARE (accept. 1)	CRUSH (accept. 1)	9
SOMEONE – FAMOUS – HISTORY – NAPOLEON – WAR – XXX – LOST - RETREAT			
STRAIGHT FORWARD (accept. 5)	STRAIGHT FORWARD (accept. 1)	TEACH (accept. 2)	8
SUMMER – MOUNTAIN – XXX – HIKE – CLIMB			
STRONG SUN (accept. 5)	STRONG SUN (accept. 1)	STRONG MOON (accept. 2)	6

References

- Agrafiotis, D., Canagarajah, N., Bull, D. R., & Dye, M. (2003). Perceptually optimised sign language video coding based on eye tracking analysis. *Electronics Letters*, 39(24), 1703. <https://doi.org/10.1049/el:20031140>
- Bastiaansen, M. C. M., Van Berkum, J. J. A., & Hagoort, P. (2002). Event-related theta power increases in the human EEG during online sentence processing. *Neuroscience Letters*, 323(1), 13-16. [https://doi.org/10.1016/S0304-3940\(01\)02535-6](https://doi.org/10.1016/S0304-3940(01)02535-6)
- Berk, S. (2003). *Sensitive period effects on the Acquisition of Language : A study of language development* [Unpublished Doctoral Dissertation]. University of Connecticut.
- Birdsong, D., & Vanhove, J. (2016). Age of second language acquisition : Critical periods and social concerns. In E. Nicoladis & S. Montanari (Éds.), *Bilingualism across the lifespan : Factors moderating language proficiency*. (p. 163-181). American Psychological Association. <https://doi.org/10.1037/14939-010>
- Bogliotti, C., Aksen, H., & Isel, F. (2020). Language experience in LSF development : Behavioral evidence from a sentence repetition task. *PLOS ONE*, 15(11), e0236729. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0236729>
- Bosworth, R., Stone, A., & Hwang, S.-O. (2020). Effects of Video Reversal on Gaze Patterns during Signed Narrative Comprehension. *The Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 25(3), 283-297. <https://doi.org/10.1093/deafed/enaa007>
- Boudreault, P., & Mayberry, R. I. (2006). Grammatical processing in American Sign Language : Age of first-language acquisition effects in relation to syntactic structure. *Language and Cognitive Processes*, 21(5), 608-635. <https://doi.org/10.1080/01690960500139363>
- Boutla, M., Supalla, T., Newport, E. L., & Bavelier, D. (2004). Short-term memory span : Insights from sign language. *Nature Neuroscience*, 7(9), 997-1002. <https://doi.org/10.1038/nn1298>
- Brentari, D. (2002). Modality differences in sign language phonology and morphophonemics. In R. P. Meier, K. Cormier, & D. Quinto-Pozos (Éds.), *Modality and structure in signed and spoken languages* (p. 35-64). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511486777.003>
- Capek, C. M., Grossi, G., Newman, A. J., McBurney, S. L., Corina, D., Roeder, B., & Neville, H. J. (2009). Brain systems mediating semantic and syntactic processing in deaf native signers : Biological invariance and modality specificity. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(21), 8784-8789. <https://doi.org/10.1073/pnas.0809609106>
- Carreiras, M., Gutiérrez-Sigut, E., Baquero, S., & Corina, D. (2008). Lexical processing in Spanish Sign Language (LSE). *Journal of Memory and Language*, 58(1), 100-122. <https://doi.org/10.1016/j.jml.2007.05.004>
-

-
- Caselli, N. K., & Cohen-Goldberg, A. (2014). Lexical access in sign language : A computational model. *Frontiers in Psychology*, 5. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2014.00428>
- Caselli, N. K., Sehyr, Z. S., Cohen-Goldberg, A., & Emmorey, K. (2017). ASL-LEX : A lexical database of American Sign Language. *Behavior Research Methods*, 49(2), 784-801. <https://doi.org/10.3758/s13428-016-0742-0>
- Checchetto, A., Donati, C., & Cecchetto, C. (2022). *Wh-features and exclamatives in LIS (Italian Sign Language)*. <https://doi.org/10.21747/978-989-9082-02-1/ling>
- Cheng, Q., Roth, A., Halgren, E., & Mayberry, R. I. (2019). Effects of Early Language Deprivation on Brain Connectivity : Language Pathways in Deaf Native and Late First-Language Learners of American Sign Language. *Frontiers in Human Neuroscience*, 13, 320. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2019.00320>
- Cormier, K., Schembri, A., Vinson, D., & Orfanidou, E. (2012). First language acquisition differs from second language acquisition in prelingually deaf signers : Evidence from sensitivity to grammaticality judgement in British Sign Language. *Cognition*, 124(1), 50-65. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2012.04.003>
- Courtin, C. (2000). The Impact of Sign Language on the Cognitive Development of Deaf Children : The Case of Theories of Mind. *Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 5(3), 266-276. <https://doi.org/10.1093/deafed/5.3.266>
- De Filippo, C. L., & Lansing, C. R. (2006). Eye Fixations of Deaf and Hearing Observers in Simultaneous Communication Perception. *Ear & Hearing*, 27(4), 331-352. <https://doi.org/10.1097/01.aud.0000226248.45263.ad>
- DeKeyser, R., & Larson-Hall, J. (2005). What does the critical period really mean? In *Handbook of bilingualism : Psycholinguistic approaches* ; Kroll JF, de Groot AMB. New York: Oxford University Press, p. 88-108.
- Delong, K. A., Urbach, T. P., Groppe, D. M., & Kutas, M. (2011). Overlapping dual ERP responses to low cloze probability sentence continuations : Dual ERPs to low probability sentence continuations. *Psychophysiology*, 48(9), 1203-1207. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.2011.01199.x>
- Delorme, A., & Makeig, S. (2004). EEGLAB : An open source toolbox for analysis of single-trial EEG dynamics including independent component analysis. *Journal of Neuroscience Methods*, 134(1), 9-21. <https://doi.org/10.1016/j.jneumeth.2003.10.009>
- Dye, M., Seymour, J., & Hauser, P. (2016). Response bias reveals enhanced attention to inferior visual field in signers of American Sign Language. *Experimental Brain Research*, 4(234), 1067-1076.
-

-
- Emmorey, K. (2002). *Language, cognition, and the brain : Insights from sign language research*. Lawrence Erlbaum Associates.
http://public.ebib.com/choice/publicfullrecord.aspx?p=234142_0
- Emmorey, K. (2012). The psycholinguistics of signed and spoken languages : How biology affects processing. In M. G. Gaskell (Éd.), *The Oxford Handbook of Psycholinguistics* (1^{re} éd., p. 703-722). Oxford University Press.
<https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780198568971.013.0043>
- Emmorey, K., & Corina, D. (1993). Hemispheric specialization for ASL signs and english words : Differences between imageable and abstract forms. *Neuropsychologia*, 31(7), 645-653.
[https://doi.org/10.1016/0028-3932\(93\)90136-N](https://doi.org/10.1016/0028-3932(93)90136-N)
- Emmorey, K., Thompson, R., & Colvin, R. (2008). Eye Gaze During Comprehension of American Sign Language by Native and Beginning Signers. *Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 14(2), 237-243. <https://doi.org/10.1093/deafed/enn037>
- Fenlon, J., Cormier, K., & Schembri, A. (2015). Building BSL SignBank : The Lemma Dilemma Revisited. *International Journal of Lexicography*, 28(2), 169-206.
<https://doi.org/10.1093/ijl/ecv008>
- Ferjan Ramirez, N., Leonard, M. K., Davenport, T. S., Torres, C., Halgren, E., & Mayberry, R. I. (2016). Neural Language Processing in Adolescent First-Language Learners : Longitudinal Case Studies in American Sign Language. *Cerebral Cortex*, 26(3), 1015-1026.
<https://doi.org/10.1093/cercor/bhu273>
- Ferjan Ramirez, N., Leonard, M. K., Torres, C., Hatrak, M., Halgren, E., & Mayberry, R. I. (2014). Neural Language Processing in Adolescent First-Language Learners. *Cerebral Cortex*, 24(10), 2772-2783. <https://doi.org/10.1093/cercor/bht137>
- Ferjan-Ramirez, N. F., Lieberman, A. M., & Mayberry, R. I. (2013). The initial stages of first-language acquisition begun in adolescence : When late looks early. *Journal of Child Language*, 40(02), 391-414. <https://doi.org/10.1017/S0305000911000535>
- Friederici, A. D. (2002). Towards a neural basis of auditory sentence processing. *Trends in Cognitive Sciences*, 6(2), 78-84. [https://doi.org/10.1016/S1364-6613\(00\)01839-8](https://doi.org/10.1016/S1364-6613(00)01839-8)
- Friederici, A. D. (2011). The Brain Basis of Language Processing : From Structure to Function. *Physiological Reviews*, 91(4), 1357-1392. <https://doi.org/10.1152/physrev.00006.2011>
- Groppe, D. M., Urbach, T. P., & Kutas, M. (2011). Mass univariate analysis of event-related brain potentials/fields I: A critical tutorial review. *Psychophysiology*, 48(12), 1711-1725.
- Grosvald, M., Gutierrez, E., Hafer, S., & Corina, D. (2012). Dissociating linguistic and non-linguistic gesture processing : Electrophysiological evidence from American Sign Language. *Brain and Language*, 121(1), 12-24. <https://doi.org/10.1016/j.bandl.2012.01.005>
-

-
- Gutierrez, E., Williams, D., Grosvald, M., & Corina, D. (2012). Lexical access in American Sign Language : An ERP investigation of effects of semantics and phonology. *Brain Research*, 1468, 63-83. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2012.04.029>
- Gutierrez-Sigut, E., & Baus, C. (2019). *Lexical processing in sign language comprehension and production – experimental perspectives* [Preprint]. Open Science Framework. <https://doi.org/10.31219/osf.io/gr769>
- Gutierrez-Sigut, E., Costello, B., Baus, C., & Carreiras, M. (2016). LSE-Sign : A lexical database for Spanish Sign Language. *Behavior Research Methods*, 48(1), 123-137. <https://doi.org/10.3758/s13428-014-0560-1>
- Gutiérrez, E., & Carreiras, M. (2009). *El papel de los parámetros fonológicos en el procesamiento de los signos de la LSE*. Madrid, Fundación CNSE.
- Hahne, A. (2001). [No title found]. *Journal of Psycholinguistic Research*, 30(3), 251-266. <https://doi.org/10.1023/A:1010490917575>
- Hänel-Faulhaber, B., Skotara, N., Kügow, M., Salden, U., Bottari, D., & Röder, B. (2014). ERP correlates of German Sign Language processing in deaf native signers. *BMC Neuroscience*, 15(1), 62. <https://doi.org/10.1186/1471-2202-15-62>
- Hernandez, D., Puupponen, A., Keränen, J., Wainio, T., Ortega, G., & Jantunen, T. (2022). *Neurocognitive semantic processing of signing with and without constructed action in FinSL*. Sign Cafè 2, Ragusa, Sicilia - 13 / 15 oct.
- Hosemann, J., Herrmann, A., Sennhenn-Reulen, H., Schlesewsky, M., & Steinbach, M. (2018). Agreement or no agreement. ERP correlates of verb agreement violation in German Sign Language. *Language, Cognition and Neuroscience*, 33(9), 1107-1127. <https://doi.org/10.1080/23273798.2018.1465986>
- Hosemann, J., Herrmann, A., Steinbach, M., Bornkessel-Schlesewsky, I., & Schlesewsky, M. (2013). Lexical prediction via forward models : N400 evidence from German Sign Language. *Neuropsychologia*, 51(11), 2224-2237. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2013.07.013>
- Isel, F., Hahne, A., Maess, B., & Friederici, A. D. (2007). Neurodynamics of sentence interpretation : ERP evidence from French. *Biological Psychology*, 74(3), 337-346. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2006.09.003>
- Isel, F., & Kail, M. (2019). Neuroplasticity, network connectivity and language processing across the lifespan. *Brain and Cognition*, 134, 67-70. <https://doi.org/10.1016/j.bandc.2019.05.005>
- Jepsen, J. B., De Clerck, G., Lutalo-Kiingi, S., & McGregor, W. B. (Éds.). (2015). *Sign Languages of the World : A Comparative Handbook*. DE GRUYTER. <https://doi.org/10.1515/9781614518174>
-

-
- Johnston, T. (2012). Lexical Frequency in Sign Languages. *Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 17(2), 163-193. <https://doi.org/10.1093/deafed/enr036>
- Kaan, E., & Swaab, T. Y. (2003). Repair, Revision, and Complexity in Syntactic Analysis : An Electrophysiological Differentiation. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 15(1), 98-110. <https://doi.org/10.1162/089892903321107855>
- Kim, A., & Osterhout, L. (2005). The independence of combinatory semantic processing : Evidence from event-related potentials. *Journal of Memory and Language*, 52(2), 205-225. <https://doi.org/10.1016/j.jml.2004.10.002>
- Kleiner, M., Brainard, D., Pelli, D., Murray, R., & Boussard, C. (2007). What's new in psychtoolbox-3. *Perception*, 36(14), 1-16.
- Kocab, A., Senghas, A., & Pyers, J. (2022). From Seed to System : The Emergence of Non-Manual Markers for Wh-Questions in Nicaraguan Sign Language. *Languages*, 7(2), 137. <https://doi.org/10.3390/languages7020137>
- Kolk, H. H. J., Chwilla, D. J., van Herten, M., & Oor, P. J. W. (2003). Structure and limited capacity in verbal working memory : A study with event-related potentials. *Brain and Language*, 85(1), 1-36. [https://doi.org/10.1016/S0093-934X\(02\)00548-5](https://doi.org/10.1016/S0093-934X(02)00548-5)
- Kuperberg, G. R., Kreher, D. A., Sitnikova, T., Caplan, D. N., & Holcomb, P. J. (2007). The role of animacy and thematic relationships in processing active English sentences : Evidence from event-related potentials. *Brain and Language*, 100(3), 223-237. <https://doi.org/10.1016/j.bandl.2005.12.006>
- Kutas, M., & Federmeier, K. D. (2011). Thirty Years and Counting : Finding Meaning in the N400 Component of the Event-Related Brain Potential (ERP). *Annual Review of Psychology*, 62(1), 621-647. <https://doi.org/10.1146/annurev.psych.093008.131123>
- Kutas, M., & Hillyard, S. A. (1980). Event-related brain potentials to semantically inappropriate and surprisingly large words. *Biological Psychology*, 11(2), 99-116. [https://doi.org/10.1016/0301-0511\(80\)90046-0](https://doi.org/10.1016/0301-0511(80)90046-0)
- Lieberman, A. M., Borovsky, A., Hatrak, M., & Mayberry, R. I. (2015). Real-time processing of ASL signs : Delayed first language acquisition affects organization of the mental lexicon. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 41(4), 1130-1139. <https://doi.org/10.1037/xlm0000088>
- Lu, J., Jones, A., & Morgan, G. (2016). The impact of input quality on early sign development in native and non-native language learners. *Journal of Child Language*, 43(03), 537-552. <https://doi.org/10.1017/S0305000915000835>
- Malaia, E. A., Krebs, J., Roehm, D., & Wilbur, R. B. (2020). Age of acquisition effects differ across linguistic domains in sign language : EEG evidence. *Brain and Language*, 200, 104708. <https://doi.org/10.1016/j.bandl.2019.104708>
-

- Mayberry, R. I. (2007). When timing is everything : Age of first-language acquisition effects on second-language learning. *Applied Psycholinguistics*, 28(03).
<https://doi.org/10.1017/S0142716407070294>
- Mayberry, R. I., & Eichen, E. B. (1991). The long-lasting advantage of learning sign language in childhood : Another look at the critical period for language acquisition. *Journal of Memory and Language*, 30(4), 486-512. [https://doi.org/10.1016/0749-596X\(91\)90018-F](https://doi.org/10.1016/0749-596X(91)90018-F)
- Mayberry, R. I., & Lock, E. (2003). Age constraints on first versus second language acquisition : Evidence for linguistic plasticity and epigenesis. *Brain and Language*, 87(3), 369-384.
- Mayberry, R. I., & Witcher, P. (2005). *Age of acquisition effects on lexical access in ASL: Evidence for the psychological reality of phonological processing in sign language*. in 30th Boston University conference on language development.
- Mitchell, R. E., & Karchmer, M. A. (2004). When Parents Are Deaf Versus Hard of Hearing : Patterns of Sign Use and School Placement of Deaf and Hard-of-Hearing Children. *Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 9(2), 133-152. <https://doi.org/10.1093/deafed/enh017>
- Morford, J. (2000). Delayed phonological development in ASL : Two cases studies of deaf isolates. *Recherches linguistiques de Vincennes*, 29, 121-142.
- Morgan, G., Barrett-Jones, S., & Stoneham, H. (2007). The first signs of language : Phonological development in British Sign Language. *Applied Psycholinguistics*, 28(1), 3-22.
<https://doi.org/10.1017/S0142716407070014>
- Neidle, C., & et al. (2000). *The Syntax of American Sign Language : Functional Categories and Hierarchical Structure*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Neville, H. J., Coffey, S. A., Lawson, D. S., Fischer, A., Emmorey, K., & Bellugi, U. (1997). Neural Systems Mediating American Sign Language : Effects of Sensory Experience and Age of Acquisition. *Brain and Language*, 57(3), 285-308. <https://doi.org/10.1006/brln.1997.1739>
- Newman, A., Bavelier, D., Corina, D., Jezzard, P., & Neville, H. (2002). A critical period for right hemisphere recruitment in American Sign Language processing. *Nature Neurosciences*, 5(1), 76-80.
- Newport, E. (1990). Maturation constraints on language learning. *Cognitive Science*, 14, 11-28.
- Oostenveld, R., Fries, P., Maris, E., & Schoffelen, J.-M. (2011). FieldTrip : Open Source Software for Advanced Analysis of MEG, EEG, and Invasive Electrophysiological Data. *Computational Intelligence and Neuroscience*, 2011, 1-9. <https://doi.org/10.1155/2011/156869>
- Pfau, R., Salzmann, M., & Steinbach, M. (2018). The syntax of sign language agreement : Common ingredients, but unusual recipe. *Glossa: a journal of general linguistics*, 3(1).
<https://doi.org/10.5334/gjgl.511>
- Puissant-Schontz, L. (2020). *Les constructions prédicatives en LSF : description linguistique et développementale en vue de leur évaluation—Predicative Constructions in LSF: Linguistic*

and Developmental Description for their Assessment [PhD in Linguistic Sciences]. Université Paris Nanterre.

- Puissant-Schontz, L., Sekali, M., & Bogliotti, C. (2017, juin). *Assessing morphosyntactic skills in LSF: focus on predicative structures*. FEAST Formal and Experimental Advances in Sign Language Theory, Reykjavík, Iceland.
- Rossi, S., Gugler, M. F., Friederici, A. D., & Hahne, A. (2006). The Impact of Proficiency on Syntactic Second-language Processing of German and Italian : Evidence from Event-related Potentials. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 18(12), 2030-2048.
<https://doi.org/10.1162/jocn.2006.18.12.2030>
- Sandler, W., & Lillo-Martin, D. (2006). *Sign Language and Linguistics universals*. Cambridge University Press.
- Segui, J. (2015). Évolution du concept de lexique mental. *Revue de neuropsychologie*, 7(1), 21.
<https://doi.org/10.3917/rne.071.0021>
- Singleton, J. L., & Newport, E. L. (2004). When learners surpass their models : The acquisition of American Sign Language from inconsistent input. *Cognitive Psychology*, 49(4), 370-407.
<https://doi.org/10.1016/j.cogpsych.2004.05.001>
- Skotara, N., Kügow, M., Salden, U., Hänel-Faulhaber, B., & Röder, B. (2011). ERP correlates of intramodal and crossmodal L2 acquisition. *BMC Neuroscience*, 12(1), 48.
<https://doi.org/10.1186/1471-2202-12-48>
- Skotara, N., Salden, U., Kügow, M., Hänel-Faulhaber, B., & Röder, B. (2012). The influence of language deprivation in early childhood on L2 processing : An ERP comparison of deaf native signers and deaf signers with a delayed language acquisition. *BMC Neuroscience*, 13(1), 44. <https://doi.org/10.1186/1471-2202-13-44>
- Trettenbrein, P., Pendzich, N.-K., Cramer, J.-M., Steinbach, M., & Zaccarella, E. (2022). *Psycholinguistic norms for more than 300 lexical signs in German Sign Language (DGS)*.
<https://doi.org/10.17605/OSF.IO/MZ8J4>
- Twomey, T., Price, C. J., Waters, D., & MacSweeney, M. (2020). The impact of early language exposure on the neural system supporting language in deaf and hearing adults. *NeuroImage*, 209, 116411. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2019.116411>
- Van Herten, M., Kolk, H. H. J., & Chwilla, D. J. (2005). An ERP study of P600 effects elicited by semantic anomalies. *Cognitive Brain Research*, 22(2), 241-255.
<https://doi.org/10.1016/j.cogbrainres.2004.09.002>
- Weber-Fox, C. M., & Neville, H. J. (1996). Maturation Constraints on Functional Specializations for Language Processing : ERP and Behavioral Evidence in Bilingual Speakers. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 8(3), 231-256. <https://doi.org/10.1162/jocn.1996.8.3.231>
-

Wilkinson, M. D., Dumontier, M., Aalbersberg, I. J., Appleton, G., Axton, M., Baak, A., Blomberg, N., Boiten, J.-W., da Silva Santos, L. B., Bourne, P. E., Bouwman, J., Brookes, A. J., Clark, T., Crosas, M., Dillo, I., Dumon, O., Edmunds, S., Evelo, C. T., Finkers, R., ... Mons, B. (2016). The FAIR Guiding Principles for scientific data management and stewardship. *Scientific Data*, 3(1), 160018. <https://doi.org/10.1038/sdata.2016.18>

Discussion générale

1. Résumé de nos résultats

Nous avons présenté les trois études que nous avons conduites dans le but de fournir des réponses aux deux problématiques principales abordées dans ce travail de thèse : l'impact de la modalité langagière sur l'accès lexical en LSF et l'influence de l'âge d'acquisition (AoA) sur le traitement du langage, et notamment sur le traitement lexical, des locuteurs signeurs.

La première étude présentant FLexSign, première base de données lexicales en LSF, a été pensée pour remédier à l'absence d'informations psycholinguistiques et lexicales en LSF. Ce manque constituait effectivement un frein important aux investigations sur les processus de traitement du langage en LSF. Les données recueillies en termes de Familiarité, Concrétude et Iconicité pour 546 signes de la LSF ont permis de créer la toute première base de données lexicale en LSF, et fournissent aujourd'hui une base conséquente pour élaborer des expériences linguistiques et psycholinguistiques contrôlées du point de vue de ces facteurs. Nous avons constaté que les scores de Concrétude et d'Iconicité étaient répartis de façon homogène, les scores de Concrétude étant fortement corrélés aux scores d'Iconicité. Cela signifie que les signes très iconiques renvoient généralement à des concepts très concrets. Nous avons également remarqué que les scores de Familiarité étaient répartis de façon asymétrique avec la majorité des signes jugés comme familiers. Cette asymétrie s'explique par le fait que la plupart des signes rares ne sont pas lexicalisés mais épelés (dactylogoïés), et que nous n'avons pas inclus de tels signes dans notre base. Ce point sera peut-être à prendre en compte lors d'un prochain enrichissement de FlexSign. Nos résultats mettent également en évidence une corrélation positive entre Familiarité et Concrétude et entre Iconicité et Concrétude mais aucun lien entre Familiarité et Iconicité, ce qui évoque un traitement lexical en accès direct pour les signes familiers, c'est-à-dire sans recours au caractère plus ou moins iconique du signe. Concernant la question de l'âge d'acquisition, nous avons obtenu une corrélation entre les scores des deux groupes (natifs et non-natifs) bien que leur répartition des scores soient légèrement différentes. En moyenne, les signeurs natifs ont attribué davantage de scores élevés (4 ou 5) pour évaluer la Familiarité des signes alors que les non-natifs semblent être plus sensibles à l'Iconicité des signes par rapport au groupe natif.

Ces résultats, exploratoires, ont permis de formuler de premières hypothèses sur le traitement lexical en LSF des locuteurs natifs et non-natifs qui seront à approfondir et confirmer par de futures recherches.

La deuxième étude avait justement pour objectif d'éclaircir le rôle de différents facteurs psycholinguistiques sur le processus d'accès lexical lors du traitement de signes en LSF. Dès lors que nous avons récolté les informations de Familiarité, Concrétude et Iconicité (FlexSign), nous avons pu utiliser ces facteurs pour valider ou invalider nos hypothèses. Nous avons donc proposé à 20 participants sourds signeurs natifs et non-natifs de participer à une tâche de décision lexicale signes/pseudo-signes. L'analyse des temps de réaction (RT) et du pourcentage de réponses correctes (RA) suggère que le mécanisme d'accès lexical est indépendant de la modalité langagière puisque les adultes sourds, qu'ils soient natifs ou non-natifs ont répondu plus rapidement aux signes qu'aux pseudo-signes, ce qui est en accord avec les résultats précédents en LS (Caselli et al., 2021 ; Costello et al., 2023), et en LV avec des mots et des pseudo-mots (Tucker et al., 2019). Nous avons aussi observé que la Familiarité reflète de manière robuste la qualité et la vitesse d'accès au lexique en LSF : nos participants ont répondu plus rapidement et plus précisément à des signes familiers qu'à des signes non familiers, ce qui rejoint les conclusions de précédents travaux (Wang & Chen, 2020 en LV et Carreiras et al., 2008 en LS). L'effet de Familiarité est tellement prédominant qu'il pourrait même masquer des effets secondaires, notamment un effet d'Iconicité. En revanche, aucun effet de Concrétude n'a été observé. Nous avons également analysé nos résultats au regard de l'âge d'acquisition mais nos résultats n'ont pas montré de différences entre les groupes de locuteurs natifs et non-natifs, que ce soit en termes de temps de réaction ou de réponses correctes. Finalement, cette étude remet en question la place de l'AoA comme unique critère de distinction entre les signeurs pour étudier les différences de traitement du langage en LS. Nous évoquons la possibilité de prendre en compte un ensemble plus complet d'indices reflétant mieux l'expérience et le profil linguistique si particulier des sourds signeurs. C'est notamment ce que permet de faire l'Indice de Potentiel Langagier (IPL) en adoptant une approche multifactorielle qui vise à mieux rendre compte de la variabilité inter-individuelle des locuteurs des LS (Puissant-Schontz, 2020 ; Bogliotti, 2023).

Enfin, la troisième étude présentée avait pour objectif d'observer le décours temporel du traitement du langage en temps réel. Nous avons donc proposé à 25 adultes sourds signeurs natifs et non-natifs une tâche de violation sémantique de phrases en LSF avec vérification attentionnelle associée. En accord avec les recherches précédentes en LV et LS, nous avons observé un effet de la violation sémantique sur le traitement du langage, en particulier pour les signeurs natifs, impliquant que les processus sémantiques en LS sont indépendants de la

modalité langagière. Plus précisément, nous avons mis en évidence une composante de type N400 autour de 350-550 ms après la présentation du stimulus suivie d'une composante positive antérieure débutant autour de 720 ms dans le groupe natif, mais qui n'a pas été retrouvée dans le groupe tardif. Dans la condition morphosyntaxique, bien qu'aucune différence significative entre la condition ou le groupe n'ait été trouvée, nous avons émis l'hypothèse que la P600 centro-pariétale observée chez les signeurs tardifs reflétait un processus de réanalyse de la plausibilité de la phrase, de manière similaire à ce qui a été observé en LV (Van Herten et al., 2005). Enfin, nous n'avons pas observé de différences significatives entre les groupes de locuteurs natifs et tardifs et cela nous a invité à remettre en question à nouveau la pertinence de la distinction natif/tardif.

2. Interprétation des résultats et réponses aux questions de recherche

Comme nous l'évoquions en introduction, l'état des connaissances sur le traitement du langage en LS reste encore limité. Ce travail de thèse était donc porté, entre autres, par la volonté d'approfondir notre compréhension des mécanismes cognitifs et linguistiques qui sous-tendent l'accès lexical en LSF. En examinant l'impact de la modalité visuo-gestuelle et de la privation langagière, nous avons cherché à mettre en évidence les spécificités et les similarités du traitement lexical entre les modalités langagières.

2.1. Impact de la modalité langagière

À ce stade, plusieurs pistes se dégagent de nos résultats pour comprendre l'impact de la modalité langagière sur l'accès lexical et le traitement du langage en LSF en particulier, que l'on pourrait imaginer appliquer plus largement aux LS.

Éléments évoquant le caractère amodal du traitement du langage

Plusieurs éléments issus de nos résultats convergent vers le caractère amodal du traitement du langage. Au niveau lexical, l'étude 2 met clairement en évidence des effets de lexicalité et de Familiarité sur l'accès lexical d'un signe, semblables en tout point aux effets existants sur l'accès au mot en LV. Nous avons clairement mis en évidence que plus un signe est familier, plus il est reconnu de façon rapide et précise. Cela rejoint les études menées en LV ainsi que les précédents résultats en LS comme nous l'avons mentionné dans le chapitre sur les facteurs psycholinguistiques de l'accès au lexique (voir 3.2). Nous suggérons donc que la capacité du locuteur à traiter de façon plus efficace un mot/signe hautement familier du lexique de sa langue est similaire quelle que soit la modalité langagière. Cette similarité de traitement entre LV et LS accorde à la Familiarité un rôle d'autant plus important dans le mécanisme d'accès lexical.

Au niveau du traitement sémantique, les résultats de l'expérience 3 nous apprennent que les processus sémantiques intervenant dans la compréhension des LS sont similaires à ceux impliqués en LV, en témoigne la présence d'une composante négative aux alentours de 400 ms en réponse à une violation sémantique en LS et dont la distribution sur le scalp correspond à la N400 classiquement retrouvée en LV.

Enfin, au niveau du traitement syntaxique, à l'échelle d'une phrase, l'étude 3 démontre également que les éléments morphosyntaxiques ambigus d'une phrase signée, comme l'assignation des rôles thématiques, seraient traités de la même façon qu'en LV : cette analyse

de la plausibilité serait en effet reflétée par la même composante centro-pariétale (effet P600), telle que nous avons observé chez des signeurs tardifs. Les résultats de cette étude EEG en LSF révèlent d'ailleurs que les aires cérébrales impliquées dans le traitement du langage seraient les mêmes quelle que soit la modalité langagière traitée. Nous avons effectivement observé d'un point de vue descriptif des composantes neurophysiologiques dont les distributions sur le scalp étaient identiques à ce qui a pu être observé en LV (P600 centro-pariétale ; N400).

Éléments évoquant des spécificités du traitement du langage en LS

La linguistique des LS reposant sur un certain nombre de spécificités inhérentes à la modalité visuo-gestuelle (voir La linguistique de la Langue des Signes Française), il est cohérent de constater des spécificités dans le traitement lexical, sémantique et (morpho-)syntaxique.

Alors que l'iconicité est une notion fondamentale et spécifique du lexique des LS, nous n'avons pas constaté d'effet d'iconicité sur l'accès lexical dans notre Étude 2. Ce constat nous invite à penser que, malgré l'ancrage iconique fort dans le lexique des LS et de la LSF, l'accès lexical serait davantage influencé par des processus liés à l'expérience linguistique et psycholinguistique du locuteur (la fréquence à laquelle il rencontre tel ou tel signe) plutôt qu'aux caractéristiques lexicales intrinsèques du signe (sa phonologie, son iconicité, sa concrétude). Le fait que nous n'ayons pas retrouvé d'effet de Concrétude dans la deuxième expérience va également dans ce sens. En effet, la Concrétude est un facteur facilitant de l'accès lexical en LV (voir 3.2.3. L'effet de concrétude). Le fait que le traitement des signes ne soit pas facilité par le caractère concret, mais bien par la Familiarité, pourrait souligner une spécificité du traitement du langage en LS, d'autant plus que Familiarité et Concrétude étaient corrélées positivement (selon l'Étude 1).

Dans l'Étude 3, nous avons manipulé la morphosyntaxe de la LSF, qui présente des différences marquées par rapport à celle des LV. Nos phrases contenant une violation morphosyntaxique portant sur le verbe n'ont pas engendré de négativité antérieure gauche (LAN) comme cela a été observé en LV. Cette absence de réponse au niveau neurophysiologique pourrait s'expliquer par la complexité à manipuler exclusivement de la morphosyntaxe en LSF, du fait de la simultanéité des informations (décrite en 2.3.2. La simultanéité des informations). Étant donné le peu de littérature en LS sur le sujet, nous pourrions également envisager que l'absence de réponse neurale liée à la présentation d'une incongruité de type morphosyntaxique dans notre étude puisse refléter une spécificité de traitement de la morphosyntaxe signée.

2.2. Impact de l'AoA et de la privation langagière

Notre deuxième axe de travail consistait à dégager des éléments de réponse inédits concernant la question de l'impact de la privation langagière et en conséquence, d'un âge d'acquisition tardif de la langue, sur l'efficacité des mécanismes de traitement langagier et en particulier sur le processus d'accès lexical. Nous avons présenté dans le premier chapitre la problématique de l'hétérogénéité des profils linguistiques des sourds signeurs, directement à mettre en lien avec la problématique de l'accès à la langue signée. Notre démarche de recherche nous a donc menées à rechercher des potentielles différences de traitement neurolinguistique entre locuteurs natifs et tardifs. Dans chacune de nos études, nous avons pris soin d'étudier les résultats sous l'angle de cette question en distinguant, comme cela est régulièrement fait dans la littérature actuelle, les sourds signeurs natifs et non-natifs (tardifs). Il en ressort des conclusions nuancées qui méritent d'être examinées en détail.

Influence de l'expérience linguistique précoce sur la Familiarité et sur l'accès lexical

La première étude a objectivé que les locuteurs natifs (ceux qui ont acquis la LSF dès la naissance) avaient attribués aux signes des scores de Familiarité plus élevés par rapport aux locuteurs non-natifs. Cela démontre que l'exposition précoce à la langue engendrerait une plus grande familiarité avec un plus grand nombre de signes. Étant donné que notre deuxième expérience de décision lexicale a mis en évidence un effet très robuste de la Familiarité sur l'efficacité de l'accès lexical, nous pourrions établir un lien entre l'exposition précoce, une meilleure Familiarité et un accès lexical de bonne qualité. En comparaison, les locuteurs non-natifs qui ont vécu une période de privation langagière plus ou moins importante et acquis la LSF plus tardivement semblent s'appuyer davantage sur l'Iconicité (Étude 1). C'est également ce qui ressort de travaux sur l'iconicité dans divers LS : ce facteur faciliterait l'apprentissage du vocabulaire signé chez des apprenants tardifs de la langue (Vinson et al., 2015 ; Ortega, 2017 ; Pretato et al., 2018).

Ces résultats mettent en lumière des stratégies différentes entre les locuteurs en fonction de leur expérience linguistique précoce (accès précoce à la LS pour les signeurs natifs vs période de privation langagière pour les signeurs tardifs). Chez les locuteurs non-natifs, ces stratégies qui reposent davantage sur l'Iconicité que sur la Familiarité seraient alors développées afin de compenser la privation langagière. Pour ces locuteurs, une conséquence sur la qualité de l'accès lexical réside aussi dans le fait que, selon nos résultats à la tâche de décision lexicale, l'iconicité joue un rôle bien moindre dans le mécanisme de reconnaissance du signe. Nous n'avons pas observé de différences significatives entre signeurs natifs et non-natifs à l'expérience de décision lexicale. Il est d'ailleurs possible que la tâche utilisée ne soit pas celle

qui permettrait le mieux de mettre en évidence les différences de traitement entre les groupes. Cependant, nos différents résultats pris dans leur ensemble suggèrent toutefois que l'âge d'acquisition et en particulier la privation langagière précoce peuvent impacter la qualité du traitement lexical en LS.

Différences de réponses neurophysiologiques liées à l'expérience linguistique précoce

Dans notre troisième étude, nous avons donc deux groupes de locuteurs dont les âges d'acquisition moyens étaient sensiblement différents : acquisition depuis la naissance pour les sourds signeurs natifs et acquisition à partir de 13 ans en moyenne pour les signeurs tardifs. Grâce à notre expérience en EEG, nous avons pu observer des différences dans le déroulement temporel du traitement du langage en LS chez ces deux groupes de signeurs. Les différences observées, notamment en réponse aux violations sémantiques présentées, évoquent que le groupe natif semble plus sensible à la violation sémantique. Leurs réponses neurophysiologiques associées sont plus intenses et semblent correspondre aux composantes traditionnellement observées en LV (N400 distribution centro-postérieure, et P600 distribution frontale), bien que ces effets n'aient pas pu être statistiquement confirmés. Il est d'ailleurs possible que le nombre limité de participants ainsi que l'hétérogénéité des profils de locuteurs à l'intérieur de chaque groupe aient contribué à l'incapacité de confirmer statistiquement nos résultats. Notre analyse purement descriptive nous permet donc de supposer la présence d'une composante de type N400 chez les locuteurs natifs, ce qui indiquerait que ce groupe a détecté de façon précoce l'incongruité sémantique présente dans les phrases ; puis, la présence d'une positivité frontale autour de 700 ms qui reflèterait un processus de réanalyse sémantique directement associé à la détection de l'incongruité. Nos résultats laissent penser que les signeurs tardifs, eux, auraient dans l'ensemble moins bien détecté l'incongruité sémantique ou l'auraient détecté légèrement plus tardivement et n'auraient apparemment pas eu le même type de réponse de réanalyse sémantique. En effet, la distribution plutôt centro-pariétale de la positivité tardive chez les non-natifs évoque le traitement d'un élément inattendu (une anomalie) sans détection précoce d'une incongruité sémantique préalable (donc sans N400).

À nouveau, nous pouvons faire l'hypothèse que cette différence dans le type de stratégie de traitement mise en œuvre par les locuteurs non-natifs évoquent un mécanisme compensatoire lié à la privation langagière précoce et à l'âge d'acquisition tardif de la LS. Puisque ces locuteurs développent un mécanisme compensatoire, cela sous-tend forcément que certains facteurs ont entravé à un certain moment le développement typique de l'acquisition du langage. Nous pensons logiquement que ces facteurs sont la privation langagière précoce et l'âge d'acquisition tardif.

Hétérogénéité des profils de locuteurs : l'âge d'acquisition est-il le meilleur critère à prendre en compte ?

Dans toutes nos études, nous avons remarqué que nos participants avaient dans l'ensemble une bonne compétence dans leur langue et surtout une fréquence d'exposition importante à la LSF, et ce, indépendamment de leur âge d'acquisition. Comme nous l'avons expliqué dans le chapitre 1, certains locuteurs non-natifs peuvent bénéficier d'une fréquence d'exposition très élevée à la LS, voire exclusive, contrairement à certains locuteurs natifs qui peuvent utiliser, parfois fréquemment, une autre langue que la LS. La fréquence d'exposition à une langue, et donc de son utilisation, semble donc un paramètre important à prendre en compte puisqu'il reflète mieux l'exposition globale à la langue pour chaque locuteur et de façon indépendante de l'âge d'acquisition. Or, nous avons choisi, conformément à ce qui est le plus souvent fait dans la littérature actuelle en LS, de distinguer les participants selon leur âge d'acquisition. En effet, l'âge auquel un participant a commencé à acquérir la langue est un critère particulièrement facile à définir alors que tout autre critère tel que la fréquence d'exposition, la qualité de l'input langagier précoce, la fréquence d'utilisation de la langue ou la préférence langagière sont des critères dans lesquels interviennent nécessairement une certaine subjectivité de la part du locuteur.

Les résultats de nos travaux nous amènent néanmoins à penser que la prise en compte d'un indice plus riche que la simple prise en compte du critère AOA, serait une bonne direction à prendre pour de futures recherches. À l'instar des propositions d'Indice de Potentiel Langagier de Puissant-Schontz (2020) et Bogliotti (2023), nous pensons qu'un indicateur multifactoriel du potentiel langagier des sourds signeurs permettrait de saisir le profil complet du locuteur et ainsi de refléter au mieux la variabilité inter-individuelle des locuteurs et donc de comprendre la compétence langagière et les attendus à un âge donné en fonction de cet indice. L'Indice de Fonctionnement Linguistique (IFL) présenté dans la thèse de Puissant-Schontz (2020) et de l'Indice de Potentiel Langagier (IPL) proposé par Bogliotti (2023) considèrent que la compétence langagière est influencée par un ensemble de facteurs, aussi bien internes qu'externes au locuteur. L'analyse conjointe de ces facteurs donne une meilleure compréhension de la compétence langagière que leur analyse isolée. Les facteurs internes incluent des éléments physiologiques, tandis que les facteurs externes englobent des aspects psycholinguistiques, socio-éducatifs, socio-culturels et démographiques (voir architecture du modèle Sign-Prim en 4.2.3. Le modèle Sign-Prim (Sign Processing Interactive Model)).

3. Difficultés rencontrées dans l'étude de l'accès lexical en LSF : défis et perspectives

Étant donné le peu de recul dont nous disposions concernant l'étude du traitement du langage en LSF et le faible nombre de travaux existants en comparaison avec la littérature en LV, nous avons rencontré certaines difficultés dans le suivi de notre démarche de travail, en particulier lors de la conception, de la réalisation puis de l'analyse des résultats des trois expériences présentées. Nous présenterons ici les difficultés et les défis méthodologiques que nous avons tentés de résoudre au mieux lors de la construction et du déroulement de nos travaux de recherche. Puis, nous présenterons les perspectives de recherche futures, en évoquant des approches qui pourraient améliorer les études ultérieures. Enfin, nous discuterons des implications cliniques de nos travaux et des applications potentielles qui en découlent, notre objectif étant de montrer comment ces résultats peuvent contribuer à l'avancement des pratiques cliniques en LSF.

3.1. Difficultés et défis méthodologiques de nos travaux

Dans la première expérience ayant conduit à la création de FLexSign, la première difficulté rencontrée, qui constituait même le point de départ de notre travail, était l'absence de données lexicales préexistantes pour la LSF. Nous ne disposions pas de corpus de signes LSF isolés annoté et suffisamment conséquent pour démarrer une base de données. Nous avons donc extrait le maximum de signes d'un corpus de 60 phrases, corpus constitué dans un cadre expérimental pour une autre étude. Ce corpus avait été pensé pour fournir un recueil de phrases LSF sur le thème de la vie quotidienne et empreint des éléments incontournables de la culture Sourde. Cependant, ce n'était pas un corpus naturel de LSF et cela reflète une des limites de ce travail. Le recours à un corpus de LSF riche et annoté, similaire à ceux couramment disponibles en LV, aurait non seulement simplifié notre travail mais aurait aussi permis de donner encore plus de poids à notre démarche. Nous aurions pu proposer aux participants d'évaluer davantage de signes et ainsi inclure plus de données dans FLexSign. Partir d'un corpus de LSF conséquent nous aurait aussi permis d'inclure un plus grand nombre de signes rares, notamment des signes dactylogiés (épelés). Nous pouvons également souligner le peu de littérature sur le sujet. La création de base de données en LS est un domaine de recherche récent : les deux bases de données que nous avons principalement étudiées (ASL-LEX de Caselli et al. et LSE-Sign de Gutierrez-Sigut et al.) dataient respectivement de 2017 et 2016.

Dans notre deuxième étude et notre expérience de décision lexicale en LSF, nous nous sommes aussi confrontée au peu de recherches précédentes en comparaison à la littérature en LV. Nous proposons pour la première fois une tâche de décision lexicale en LSF à des locuteurs signeurs. Le recrutement des participants et plus précisément, l'hétérogénéité des profils de locuteurs a représenté un des défis de cette étude. Par anticipation, nous avons donc imaginé un questionnaire de métadonnées riche et le plus complet possible sur la biographie langagière des participants. Cependant, au moment de distinguer des groupes de participants, nous avons choisi d'utiliser la variable Âge d'Acquisition. Ce choix nous permettait alors de pouvoir comparer nos résultats aux précédentes études dans des LS étrangères, ce que nous n'aurions pas pu faire si nous avions utilisé un autre indice. Étant donné que notre étude était la première sur le sujet, nous pensons qu'il serait intéressant de pouvoir utiliser un indicateur plus complet dans des prochaines études pour mieux rendre compte du profil de locuteur.

Encore une fois, le peu de littérature sur l'accès lexical en LS fournissait des résultats contradictoires (effet ou non de l'iconicité sur l'accès lexical par exemple). Notre démarche initiale était donc d'éclaircir certains aspects abordés dans de précédents travaux. La question des limites temporelles d'un signe a par exemple été une question méthodologique importante car plusieurs méthodes ont été utilisées par différentes équipes. Nous avons composé avec les précédents travaux mais aussi avec nos intuitions et convictions pour décider le début et la fin d'un signe. Dans le cadre de cette étude en particulier, nous avons besoin de prendre en compte toutes les informations lexicales et sémantiques du signe afin de ne pas biaiser sa reconnaissance. C'est pourquoi nous avons décidé de retenir le point de départ du signe comme étant l'apparition de la première configuration détectable (Étude 2).

En parallèle, les aspects techniques et logiciels de la construction d'une tâche comme celle-là représentaient également des défis. L'utilisation de stimuli en format vidéo oblige à adapter les détails techniques de l'expérience. Il ne suffit pas de transposer une tâche de décision lexicale en LV où les stimuli sont entendus par le participant à l'aide d'un lecteur audio, il faut repenser tout le design expérimental de façon à proposer une expérience entièrement en modalité visuo-gestuelle. Par exemple, nous avons remarqué qu'il faut parvenir à se détacher de la traduction en français oral. Les signes [PENSER] ou [EXPRIMER] ne coïncident pas exactement aux concepts que l'on dirait « équivalents » en français et cette distinction renvoie précisément aux aspects linguistiques présentés dans le chapitre 2 sur la linguistique de la LSF. Les locuteurs sourds signeurs construisent leurs représentations sémantiques à partir de la modalité visuelle et c'est la raison pour laquelle on ne peut pas simplement traduire une expérience d'une modalité à l'autre (audio-orale vers visuo-gestuelle).

Le choix des signes utilisés dans l'expérience a par exemple été dicté par la seule base de données à notre disposition, FLexSign. En réalité, les deux expériences avaient été pensées conjointement et nous envisagions déjà la tâche de décision lexicale (étude 2) en concevant FLexSign (étude 1). La problématique de l'utilisation de cette base de données inédite était comme nous l'avons mentionné plus haut qu'elle n'a pas été construite à partir d'un corpus naturel de LSF. Un corpus naturel de LSF aurait peut-être occasionné la présence de signes rares, y compris des signes dactylogoïés, ce qui aurait permis d'étudier le traitement lexical de tels signes. Cela représente une limite pour notre étude 2 puisque nos stimuli sont uniquement issus de la base de données FLexSign.

De plus, la création des pseudo-signes a aussi représenté un défi important dans la méthodologie de notre étude. Encore une fois, nous n'avions que très peu de recul sur la définition d'un pseudo-signe selon la littérature en LS. Grâce à l'aide et à l'expertise précieuse d'une locutrice sourde native en LSF, nous avons construit plus de 500 pseudo-signes en transposant, mais aussi en repensant, la notion de pseudo-mot en LV à celle de pseudo-signe en LS. Pour cela, nous nous sommes particulièrement appuyés sur les aspects linguistiques de la langue et notamment du système phonologique. La combinaison des paramètres phonologiques en LSF n'a effectivement rien à voir avec la combinaison des phonèmes en français. Cette analogie, ou plutôt cette opposition reflète bien l'ampleur du défi relevé dans notre étude. Néanmoins, nous sommes conscients des améliorations possibles pour optimiser cette tâche expérimentale. Parmi elles, l'uniformisation des pseudo-signes utilisés serait un ajustement intéressant : par exemple, le fait de n'utiliser qu'un pseudo-signe associé à chaque signe intégré dans l'expérience, ce que nous n'avons pas fait. Le fait de mieux annoter les pseudo-signes en renseignant le paramètre modifié et le signe d'origine serait également une piste d'amélioration. De façon plus globale par rapport à cette étude, le fait de pouvoir utiliser des signes disposant d'évaluations psycholinguistiques mais issus d'un corpus naturel serait une réelle amélioration.

En définitive, le choix des facteurs psycholinguistiques de cette étude (Familiarité, Concrétude et Iconicité) a été guidé par les travaux précédents mais a surtout été contraint et limité par nos possibilités à fournir et/ou collecter d'autres informations dans le temps imparti de la thèse. Prendre en compte la phonologie de chaque signe pour investiguer l'influence de la configuration manuelle ou de l'emplacement sur l'accès lexical aurait pu être un axe de travail mais cela aurait supposé de renseigner au préalable la description phonologique de chaque signe (et éventuellement pseudo-signe) dans la base de données FLexSign. Cela constituait un travail immense qui nous aurait probablement obligé à nous concentrer notre thèse uniquement sur la création de cette base de données. La description phonologique des signes

sera donc une perspective d'amélioration intéressante pour des recherches futures au même titre que l'enrichissement de FLexSign avec des informations de type voisinage phonologique, normes d'association verbales, âge d'acquisition du signe, expérience sensorielle, etc.

Enfin, concernant la troisième étude présentée, menée en EEG, les défis méthodologiques étaient nombreux. Tout d'abord, comme dans l'étude 2 conduite de façon comportementale, la question des profils de locuteurs a représenté un enjeu méthodologique notable. Nous avons retenu la distinction natif/tardif afin de pouvoir mieux comparer nos résultats avec les données existantes.

D'autre part, dans cette étude neurophysiologique, les aspects techniques de l'enregistrement EEG ont constitué un défi majeur. Cette expérience était la première à investiguer le traitement du langage en LSF en utilisant une méthode électro-encéphalographique (EEG). Nous avons appris à utiliser l'outil à travers toutes les étapes : installation du casque et des électrodes sur le participant, maîtrise du logiciel informatique de traitement du signal, ajustements techniques pendant les enregistrements, lecture et décodage du signal pendant les phases de traitement et d'analyse des données. Chacune de ces étapes a nécessité un apprentissage complexe et spécifique.

Comme nous l'évoquions pour l'étude 2, la question du point de départ s'est également posée ici. Nous avons besoin de définir précisément le début du signe-cible dans chaque phrase présentée. L'enregistrement du signal EEG et les analyses faites sur ce signal dépendaient de la bonne position de ce point de départ (*sign onset trigger*, soit le marqueur du début de signe).

Enfin, nous avons aussi réfléchi à la qualité des stimuli utilisés dans l'étude (phrases LSF correctes ou contenant une incongruité de type sémantique ou morphosyntaxique). Avant de démarrer l'élaboration de l'expérience et la capture vidéo des stimuli, nous avons cherché à connaître plus précisément le type de stimuli utilisés en sollicitant des équipes ayant mené des travaux similaires dans d'autres LS (notamment les travaux de Hänel-Faulhaber et al., 2014 en langue des signes allemande, DGS). Malheureusement, nous n'avons pas pu obtenir d'informations précises et détaillées et avons donc élaboré nos stimuli avec très peu de recul sur ce que pouvaient être des phrases contenant une violation sémantique ou morphosyntaxique en LSF. L'expertise d'un locuteur sourd formateur qualifié en LSF a donc été indispensable. Mais après cette première expérience, la qualité de nos stimuli et les éléments ciblés pour la violation sémantique et morphosyntaxique pourront sûrement être améliorés d'un point de vue méthodologique pour de futures recherches.

3.2. Perspectives de recherche : quelles suites à donner ?

Notre travail et les résultats que nous avons présentés impliquent d'une part des perspectives de recherche concernant des futures expérimentations. En effet, des études pourraient être envisagées dans la continuité du travail présenté.

Concernant la base de données FLexSign (étude 1), nous pouvons entrevoir les pistes d'amélioration suivantes :

- l'augmentation du nombre de signes LSF évalués, avec la prise en compte de la spécificité de la notion de rareté et de la manière dont les signes rares sont construits
- des mesures complémentaires auprès d'un plus grand nombre de participants.
- l'ajout de facteurs psycholinguistiques supplémentaires tels que la densité du voisinage phonologique, des normes d'association verbales, l'âge d'acquisition du signe, des informations à propos de l'expérience sensorielle, etc.

Suite à notre expérience de décision lexicale en LSF (étude 2), les pistes d'amélioration pourraient être les suivantes :

- tester un plus grand nombre de participants en utilisant un indice plus global pour établir le profil linguistique de chaque locuteur (voir plus haut indice de Fonctionnement Linguistique (IFL) de Puissant-Schontz (2020) et indice de Potentiel Langagier (IPL) de Bogliotti (2023)).
- utiliser des signes issus d'un corpus naturel de LSF avec néanmoins toutes les informations psycholinguistiques nécessaires à l'analyse des données (familiarité, concrétude, iconicité ou autres facteurs psycholinguistiques).
- disposer de pseudo-signes annotés en fonction de la modification phonologique apportée par rapport aux signes-cibles rendrait les pseudo-signes mieux contrôlés.
- en lien avec l'enrichissement de la base de données FLexSign, un plus grand nombre de facteurs psycholinguistiques pourrait être étudié en termes d'influence sur le mécanisme d'accès lexical. Nous pensons notamment aux rôles des propriétés phonologiques telles que la configuration ou l'emplacement dans le traitement lexical.

Enfin, en ce qui concerne l'étude sur le traitement du langage en LSF et en EEG, nous pouvons également envisager des améliorations et des perspectives de recherche pour des travaux futurs :

- l'utilisation d'un indice plus riche pour établir les profils des locuteurs, comme dit plus haut.

-
- l'amélioration de la qualité des stimuli et des éléments linguistiques manipulés (sémantique/morphosyntaxe/syntaxe).
 - éclaircir le rôle et le mécanisme d'action de cette positivité centro-pariétale (P600) qui pourrait correspondre au traitement de la plausibilité des phrases (Kolk et al., 2003). De nouvelles expériences devront être menées avec des stimuli précisément conçus pour cibler l'observation de cette composante.
 - et puis, l'utilisation de l'eye-tracker, de façon combinée à l'EEG, pourrait être une perspective de recherche intéressante étant donné la modalité des LS et le fait de présenter des stimuli au format vidéo.

3.3. Applications cliniques : comment ce travail peut-il faire évoluer la pratique clinique en LSF ?

Ayant mené ce travail de thèse en parallèle d'une activité d'orthophoniste en libéral et, en travaillant auprès d'enfants sourds aux profils divers (natifs et non-natifs), j'ai toujours eu à l'esprit des perspectives d'applications cliniques en orthophonie mais aussi à destination des professionnels enseignants et éducatifs gravitant autour de l'enfant sourd.

Tout d'abord, l'existence d'une base de données lexicale en LSF, FLexSign, est une contribution inédite et importante qui pourrait tout à fait servir de support pour développer des outils pédagogiques adaptés à l'apprentissage de la LSF par des enfants ou des adultes sourds. En tenant compte des résultats concernant la Familiarité et l'Iconicité des signes (Études 1 et 2), les professionnels pourraient développer des programmes et outils pédagogiques qui mettraient l'accent sur des signes familiers et iconiques, facilitant ainsi l'apprentissage pour les apprenants tardifs de la LSF. En ce sens, et au regard des résultats concernant l'impact de la privation langagière et de l'âge d'acquisition, il pourrait être intéressant de différencier les outils pédagogiques pour les signeurs natifs et non-natifs. Selon nos résultats, il conviendrait de profiter de l'expérience linguistique riche des enfants signeurs natifs en s'appuyant sur la familiarité mais au contraire, de proposer aux enfants ayant eu accès à la LS tardivement de s'appuyer davantage sur les indices iconiques qui facilitent l'encodage du lexique.

Concernant plus spécifiquement les perspectives cliniques en orthophonie, nos résultats soulignent évidemment l'importance d'un accès précoce à une langue, quelle que soit sa modalité. L'accès et surtout l'exposition à une LS de façon précoce en particulier pour les enfants naissant de parents entendants pourraient permettre d'empêcher les conséquences néfastes de la privation langagière sur le développement des mécanismes de traitement du

langage. L'orthophonie a donc un rôle à jouer dans le parcours de soins de l'enfant sourd en encourageant un dépistage précoce et un accès, tout aussi précoce, à une langue. En parallèle, nous avons vu que la prise en compte de l'expérience linguistique de l'enfant sourd se doit d'être globale. Comme nous l'avons montré, une approche multifactorielle, au-delà de l'âge d'acquisition, est nécessaire pour comprendre au mieux le profil de locuteur et pouvoir adapter le travail rééducatif spécifique.

4. Conclusion générale

Pour conclure ce travail de thèse, situé au carrefour de la psycholinguistique et des neurosciences du langage, il nous paraît important de rappeler que les connaissances actuelles sur le traitement du langage en langue des signes sont encore assez restreintes. Les travaux que nous avons menés ont permis d'explorer des axes de recherche encore inédits en LSF. En démarrant ce travail, nous avons deux objectifs principaux : 1) étudier l'impact de la modalité visuo-gestuelle sur l'accès au lexique en LSF et 2) éclaircir la question de l'incidence de la privation langagière précoce et de l'âge d'acquisition tardif de la langue sur l'accès lexical et le traitement du langage.

Les expériences menées nous ont permis de créer FLexSign, la première base de données lexicale en LSF, de montrer que des facteurs psycholinguistiques influençaient le mécanisme d'accès lexical en LSF et d'observer le décours temporel du traitement neurophysiologique de la LSF en temps réel. Nos résultats suggèrent que le mécanisme d'accès lexical et plus globalement le traitement du langage sont majoritairement des phénomènes amodaux, malgré la présence de spécificités, linguistiques et psycholinguistiques, inhérentes à la modalité visuo-gestuelle. En ce qui concerne l'expérience linguistique (privation langagière précoce et âge d'acquisition tardif), bien que les différences observées entre signeurs natifs et non-natifs n'aient pas pu être significativement confirmées, nos résultats nous laissent penser que la privation langagière peut avoir des répercussions sur les stratégies de traitement langagier développées par les locuteurs.

Nous sommes évidemment conscients des limites que comporte aussi notre travail et des améliorations méthodologiques qui pourraient y être apportées. Ces améliorations concernent principalement le choix et la qualité des stimuli utilisés dans nos expériences ainsi qu'une prise en compte plus globale de l'expérience linguistique du locuteur. Cependant, au vu du manque de recul avec lequel nous avons entrepris ces travaux en LSF, une langue pour laquelle peu ou pas de recherches ont été menées sur ce sujet, nous savions que notre apport ne serait ni parfait ni exhaustif. C'est pourquoi nous avons identifié plusieurs pistes de recherches futures qui s'inscrivent dans la continuité de nos travaux. Parmi elles, l'étude de facteurs psycholinguistiques complémentaires à la familiarité, la concrétude et l'iconicité pouvant influencer l'efficacité de l'accès lexical et l'utilisation d'un indicateur plus global que le simple critère de l'âge d'acquisition pour établir le profil de locuteur signeur sont des perspectives particulièrement intéressantes.

Enfin, nous espérons que cette thèse pourra avoir des applications cliniques pour les professionnels enseignants et éducateurs travaillant avec la LSF et notamment des retombées positives dans la pratique clinique orthophonique.

Bibliographie

- Abrahamsen, A., Cavallo, M. M., & McCluer, J. A. (1985). Is the sign advantage a robust phenomenon? From gesture to language in two modalities. *Merrill-Palmer Quarterly (1982-)*, 177-209.
- Adorni, R., & Proverbio, A. M. (2012). The neural manifestation of the word concreteness effect: An electrical neuroimaging study. *Neuropsychologia*, 50(5), 880-891. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2012.01.028>
- Aitchison, J. (1987). The language lifegame: Prediction, explanation and linguistic change. *Explanation and linguistic change*, 11-32.
- Alario, F.-X., Ferrand, L., Laganaro, M., New, B., Frauenfelder, U. H., & Segui, J. (2004). Predictors of picture naming speed. *Behavior research methods, instruments, & computers*, 36, 140-155.
- Alekseeva, M., Myachykov, A., Margareto, B. B., & Shtyrov, Y. (2020). Automatic Integration of Gender Information during Phrase Processing: ERP Evidence. *bioRxiv*, 2020-07.
- Almeida, D., Poeppel, D., & Corina, D. (2016). The processing of biologically plausible and implausible forms in American Sign Language: Evidence for perceptual tuning. *Language, cognition and neuroscience*, 31(3), 361-374.
- Anderson, D., & Reilly, J. (2002). The MacArthur communicative development inventory: Normative data for American Sign Language. *Journal of deaf studies and deaf education*, 7(2), 83-106.
- Angrilli, A., Penolazzi, B., Vespignani, F., De Vincenzi, M., Job, R., Ciccarelli, L., Palomba, D., & Stegagno, L. (2002). Cortical brain responses to semantic incongruity and syntactic violation in Italian language: An event-related potential study. *Neuroscience letters*, 322(1), 5-8.
- Armon-Lotem, S., Meir, N., De Houwer, A., & Ortega, L. (2019). The nature of exposure and input in early bilingualism. *The Cambridge handbook of bilingualism*, 193-212.
- Aronoff, M., Meir, I., & Sandler, W. (2005). The paradox of sign language morphology. *Language*, 81(2), 301.
- Balconi, M., & Pozzoli, U. (2004). N400 and P600 or the role of the ERP correlates in sentence comprehension: Some applications to the Italian language. *The Journal of General Psychology*, 131(3), 268-303.
- Balota, D. A., Aschenbrenner, A. J., & Yap, M. J. (2013). Additive effects of word frequency and stimulus quality: The influence of trial history and data transformations. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 39(5), 1563-1571. <https://doi.org/10.1037/a0032186>
- Balota, D. A., Pilotti, M., & Cortese, M. J. (2001). Subjective frequency estimates for 2,938 monosyllabic words. *Memory & Cognition*, 29(4), 639-647. <https://doi.org/10.3758/BF03200465>

-
- Barber, H. A., Otten, L. J., Kousta, S.-T., & Vigliocco, G. (2013). Concreteness in word processing : ERP and behavioral effects in a lexical decision task. *Brain and Language*, 125(1), 47-53. <https://doi.org/10.1016/j.bandl.2013.01.005>
- Batterink, L., & Neville, H. (2013). Implicit and explicit second language training recruit common neural mechanisms for syntactic processing. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 25(6), 936-951.
- Battison, R. (1974). Phonological Deletion in American Sign Language. *Sign Language Studies*, 1005(1), 1-19. <https://doi.org/10.1353/sls.1974.0005>
- Baus, C., & Costa, A. (2015). On the temporal dynamics of sign production : An ERP study in Catalan Sign Language (LSC). *Brain Research*, 1609, 40-53.
- Baus, C., Carreiras, M., & Emmorey, K. (2013). When does iconicity in sign language matter? *Language and Cognitive Processes*, 28(3), 261-271. <https://doi.org/10.1080/01690965.2011.620374>
- Baus, C., Gutiérrez-Sigut, E., Quer, J., & Carreiras, M. (2008). Lexical access in Catalan Signed Language (LSC) production. *Cognition*, 108(3), 856-865. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2008.05.012>
- Bavelier, D., Brozinsky, C., Tomann, A., Mitchell, T., Neville, H., & Liu, G. (2001). Impact of early deafness and early exposure to sign language on the cerebral organization for motion processing. *Journal of Neuroscience*, 21(22), 8931-8942.
- Beauchamp, M. S. (2015). The social mysteries of the superior temporal sulcus. *Trends in cognitive sciences*, 19(9), 489-490.
- Berger, H. (1929). Über das Elektrenkephalogramm des Menschen (On the human electroencephalogram). *Archiv f. Psychiatrie u. Nervenkrankheiten*, 87(527-70).
- Bock, J. K. (1986). Meaning, sound, and syntax : Lexical priming in sentence production. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 12(4), 575.
- Bogliotti, C. (2023). *Modélisation (neuro) cognitive du traitement neurotypique et pathologique de la LSF.*
- Bogliotti, C., & Isel, F. (2021). Manual and Spoken Cues in French Sign Language's Lexical Access : Evidence From Mouthing in a Sign-Picture Priming Paradigm. *Frontiers in Psychology*, 12, 655168.
- Bogliotti, C., Aksen, H., & Isel, F. (2020). Language experience in LSF development : Behavioral evidence from a sentence repetition task. *PloS one*, 15(11), e0236729.
- Bonin, P. (2007). *Impact de l'âge d'acquisition des mots et de la fréquence objective dans des tâches lexicales.*
- Bonin, P., Méot, A., Aubert, L.-F., Malardier, N., Niedenthal, P. M., & Capelle-Toczek, M.-C. (2003). Normes de concrétude, de valeur d'imagerie, de fréquence subjective et de valence émotionnelle pour 866 mots. *L'année psychologique*, 103(4), 655-694. <https://doi.org/10.3406/psy.2003.29658>
- Bornkessel-Schlesewsky, I., & Schlesewsky, M. (2008). An alternative perspective on "semantic P600" effects in language comprehension. *Brain research reviews*, 59(1), 55-73.
- Bosworth, R. G., & Emmorey, K. (2010). Effects of iconicity and semantic relatedness on lexical access in american sign language. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 36(6), 1573-1581. <https://doi.org/10.1037/a0020934>
-

-
- Boudreault, P., & Mayberry, R. I. (2006). Grammatical processing in American Sign Language : Age of first-language acquisition effects in relation to syntactic structure. *Language and Cognitive Processes*, 21(5), 608-635. <https://doi.org/10.1080/01690960500139363>
- Brentari, D. (2019). *Sign language phonology*. Cambridge University Press.
- Brouwer, H., Fitz, H., & Hoeks, J. (2012). Getting real about semantic illusions : Rethinking the functional role of the P600 in language comprehension. *Brain research*, 1446, 127-143.
- Brown, R., & McNeill, D. (1966). The "tip of the tongue" phenomenon. *Journal of verbal learning and verbal behavior*, 5(4), 325-337.
- Brysbaert, M., & New, B. (2009). Moving beyond Kučera and Francis : A critical evaluation of current word frequency norms and the introduction of a new and improved word frequency measure for American English. *Behavior research methods*, 41(4), 977-990.
- Brysbaert, M., Buchmeier, M., Conrad, M., Jacobs, A. M., Bölte, J., & Böhl, A. (2011). The Word Frequency Effect : A Review of Recent Developments and Implications for the Choice of Frequency Estimates in German. *Experimental Psychology*, 58(5), 412-424. <https://doi.org/10.1027/1618-3169/a000123>
- Brysbaert, M., Mandera, P., & Keuleers, E. (2018). The Word Frequency Effect in Word Processing : An Updated Review. *Current Directions in Psychological Science*, 27(1), 45-50. <https://doi.org/10.1177/0963721417727521>
- Burani, C., Arduino, L. S., & Barca, L. (2007). Frequency, not age of acquisition, affects Italian word naming. *European Journal of Cognitive Psychology*, 19(6), 828-866. <https://doi.org/10.1080/09541440600847946>
- Capek, C. M., Grossi, G., Newman, A. J., McBurney, S. L., Corina, D., Roeder, B., & Neville, H. J. (2009). Brain systems mediating semantic and syntactic processing in deaf native signers : Biological invariance and modality specificity. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(21), 8784-8789.
- Capek, C. M., Waters, D., Woll, B., MacSweeney, M., Brammer, M. J., McGuire, P. K., David, A. S., & Campbell, R. (2008). Hand and mouth : Cortical correlates of lexical processing in British Sign Language and speechreading English. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 20(7), 1220-1234.
- Caplan, D., & Utman, J. A. (1994). Selective acoustic phonetic impairment and lexical access in an aphasic patient. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 95(1), 512-517. <https://doi.org/10.1121/1.408345>
- Carreiras, M., Gutiérrez-Sigut, E., Baquero, S., & Corina, D. (2008). Lexical processing in Spanish Sign Language (LSE). *Journal of Memory and Language*, 58(1), 100-122. <https://doi.org/10.1016/j.jml.2007.05.004>
- Caselli, N. K., & Cohen-Goldberg. (2014). Lexical access in sign language : A computational model. *Frontiers in Psychology*, 5. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2014.00428>
- Caselli, N. K., & Pyers, J. E. (2017). The Road to Language Learning Is Not Entirely Iconic : Iconicity, Neighborhood Density, and Frequency Facilitate Acquisition of Sign Language. *Psychological Science*, 28(7), 979-987. <https://doi.org/10.1177/0956797617700498>
- Caselli, N. K., & Pyers, J. E. (2020). Degree and not type of iconicity affects sign language vocabulary acquisition. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 46(1), 127.
- Casey, S. K. (2003). *"Agreement" in gestures and signed languages : The use of directionality to indicate referents involved in actions*. University of California, San Diego.
-

-
- Chen, L., Shu, H., Liu, Y., Zhao, J., & Li, P. (2007). ERP signatures of subject–verb agreement in L2 learning. *Bilingualism: Language and Cognition*, 10(2), 161-174.
- Chen, Q., & Mirman, D. (2012). Competition and cooperation among similar representations : Toward a unified account of facilitative and inhibitory effects of lexical neighbors. *Psychological Review*, 119(2), 417-430. <https://doi.org/10.1037/a0027175>
- Cheng, Q., Roth, A., Halgren, E., & Mayberry, R. I. (2019). Effects of early language deprivation on brain connectivity : Language pathways in deaf native and late first-language learners of American Sign Language. *Frontiers in Human Neuroscience*, 13, 320.
- Coerts, J. (2000). Early sign combinations in the acquisition of Sign Language of the Netherlands : Evidence for language-specific features. *Language acquisition by eye*, 91-109.
- Collomb, A., Braffort, A., & Kahane, S. (2018). L'anatomie du proforme en langue des signes française:. Quand il sert à introduire des entités dans le discours. *TIPA. Travaux interdisciplinaires sur la parole et le langage*, 34.
- Connine, C. M., Mullenix, J., Shernoff, E., & Yelen, J. (1990). Word familiarity and frequency in visual and auditory word recognition. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 16(6), 1084-1096. <https://doi.org/10.1037/0278-7393.16.6.1084>
- Corina, D. P., McBurney, S. L., Dodrill, C., Hinshaw, K., Brinkley, J., & Ojemann, G. (1999). Functional roles of Broca's area and SMG: evidence from cortical stimulation mapping in a deaf signer. *Neuroimage*, 10(5), 570-581.
- Corina, D., Chiu, Y.-S., Knapp, H., Greenwald, R., San Jose-Robertson, L., & Braun, A. (2007). Neural correlates of human action observation in hearing and deaf subjects. *Brain research*, 1152, 111-129.
- Courtin, C. (1997). Does sign language provide deaf children with an abstraction advantage ? Evidence from a categorization task. *Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 161-171.
- Crasborn, O. A., & van der Kooij, E. (1997). Relative orientation in sign language phonology. *Linguistics in the Netherlands*, 14(1), 37-48.
- Crasborn, O. A., Van Der Kooij, E., Waters, D., Woll, B., & Mesch, J. (2008). Frequency distribution and spreading behavior of different types of mouth actions in three sign languages. *Sign Language & Linguistics*, 11(1), 45-67.
- Cuetos, F., Bonin, P., Alameda, J. R., & Caramazza, A. (2010). The specific-word frequency effect in speech production : Evidence from Spanish and French. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 63(4), 750-771. <https://doi.org/10.1080/17470210903121663>
- Curtiss, S. (2014). *Genie : A psycholinguistic study of a modern-day wild child*. Academic Press.
- Cuxac, C. (1996). *Fonctions et structures de l'iconicité des langues des signes : Analyse descriptive d'un idiolecte parisien de la langue des signes française*.
- Cuxac, C. (2000). *La Langue des Signes Française. Les Voies de l'Iconicité*.
- Cuxac, C. (2004). Phonétique de la LSF: une formalisation problématique. *Linguistique de la LSF: recherches actuelles*, 93-113.
- Cuxac, C. (2013). Langues des signes : Une modélisation sémiologique. *La nouvelle revue de l'adaptation et de la scolarisation*, 4, 65-80.
- Cuxac, C., & Pizzuto, E. A. (2010). Emergence, norme et variation dans les langues des signes : Vers une redéfinition notionnelle. *Langage et société*, 131(1), 37-53.
- Danielle Bouvet. (1992). Classification articulatoire des configurations de la main dans la langue des singes française. *PROTÉE*, 20(2), 23-32.
-

-
- Daniels, M. (2001). Sign language advantage. *Sign Language Studies*, 2(1), 5-19.
- Davis, B., Kern, S., Vilain, A., & Lalevée, C. (2008). Des babils à Babel : Les premiers pas de la parole. *Revue française de linguistique appliquée*, 13(2), 81-91.
- Deacon, D., Hewitt, S., Yang, C.-M., & Nagata, M. (2000). Event-related potential indices of semantic priming using masked and unmasked words : Evidence that the N400 does not reflect a post-lexical process. *Cognitive Brain Research*, 9(2), 137-146.
- Dell, G. S., Schwartz, M. F., Martin, N., Saffran, E. M., & Gagnon, D. A. (1997). Lexical access in aphasic and nonaphasic speakers. *Psychological Review*, 104(4), 801-838. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.104.4.801>
- Delong, K. A., Urbach, T. P., Groppe, D. M., & Kutas, M. (2011). Overlapping dual ERP responses to low cloze probability sentence continuations. *Psychophysiology*, 48(9), 1203-1207.
- Demey, E., Van Herreweghe, M., & Vermeerbergen, M. (2008). Iconicity in sign languages. In *Naturalness and iconicity in language* (Vol. 7, p. 189-214). John Benjamins Amsterdam.
- Deutsch, A., & Bentin, S. (2001). Syntactic and semantic factors in processing gender agreement in Hebrew : Evidence from ERPs and eye movements. *Journal of memory and language*, 45(2), 200-224.
- Dial, H., & Martin, R. (2017). Evaluating the relationship between sublexical and lexical processing in speech perception: Evidence from aphasia. *Neuropsychologia*, 96, 192-212. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2017.01.009>
- Diezig, S., Spaar, M., Denzer, S., Achermann, P., Mast, F. W., & Koenig, T. (2023). Processing of semantic incongruity at the onset of sleep : An auditory N400 evoked potential study. *International Journal of Psychophysiology*, 188, 47-54.
- Emmorey, K. (2002). *Language, cognition, and the brain : Insights from sign language research*. Psychology Press.
- Emmorey, K. (2003). *Perspectives on classifier constructions in sign languages*. Psychology Press.
- Emmorey, K. (2014). Iconicity as structure mapping. *Philosophical transactions of the Royal Society B: Biological sciences*, 369(1651), 20130301.
- Emmorey, K. (2021). New perspectives on the neurobiology of sign languages. *Frontiers in communication*, 6, 748430.
- Emmorey, K., & Corina, D. (1990). Lexical Recognition in Sign Language : Effects of Phonetic Structure and Morphology. *Perceptual and Motor Skills*, 71(3_suppl), 1227-1252. <https://doi.org/10.2466/pms.1990.71.3f.1227>
- Emmorey, K., Bellugi, U., Friederici, A., & Horn, P. (1995). Effects of age of acquisition on grammatical sensitivity : Evidence from on-line and off-line tasks. *Applied Psycholinguistics*, 16(1), 1-23. <https://doi.org/10.1017/S0142716400006391>
- Emmorey, K., Borinstein, H. B., Thompson, R., & Gollan, T. H. (2008). Bimodal bilingualism. *Bilingualism: Language and cognition*, 11(1), 43-61.
- Emmorey, K., Giezen, M. R., & Gollan, T. H. (2016). Psycholinguistic, cognitive, and neural implications of bimodal bilingualism. *Bilingualism: Language and Cognition*, 19(2), 223-242.
- Emmorey, K., McCullough, S., & Brentari, D. (2003). Categorical perception in American sign language. *Language and Cognitive Processes*, 18(1), 21-45.
- Emmorey, K., McCullough, S., & Weisberg, J. (2015). Neural correlates of fingerspelling, text, and sign processing in deaf American Sign Language–English bilinguals. *Language, Cognition and Neuroscience*, 30(6), 749-767.
-

-
- Emmorey, K., Petrich, J. A., & Gollan, T. H. (2012). Bilingual processing of ASL–English code-blends : The consequences of accessing two lexical representations simultaneously. *Journal of memory and language*, 67(1), 199-210.
- Emmorey, K., Thompson, R., & Colvin, R. (2009). Eye gaze during comprehension of American Sign Language by native and beginning signers. *Journal of deaf studies and deaf education*, 14(2), 237-243.
- Emmorey, K., Winsler, K., Midgley, K. J., Grainger, J., & Holcomb, P. J. (2020). Neurophysiological Correlates of Frequency, Concreteness, and Iconicity in American Sign Language. *Neurobiology of Language*, 1(2), 249-267. https://doi.org/10.1162/nol_a_00012
- Fenlon, J., Cormier, K., & Brentari, D. (2017). The phonology of sign languages. In *The Routledge handbook of phonological theory* (p. 453-475). Routledge.
- Fenlon, J., Schembri, A., & Cormier, K. (2018). Modification of indicating verbs in British Sign Language : A corpus-based study. *Language*, 84-118.
- Fenlon, J., Schembri, A., Rentelis, R., Vinson, D., & Cormier, K. (2014). Using conversational data to determine lexical frequency in British Sign Language : The influence of text type. *Lingua*, 143, 187-202. <https://doi.org/10.1016/j.lingua.2014.02.003>
- Ferrand, L. (2011). Comparing word processing times in naming, lexical decision, and progressive demasking: Evidence from Chronolex. *Frontiers in Psychology*, 2. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2011.00306>
- Fiebach, C. J., Schlesewsky, M., & Friederici, A. D. (2002). Separating syntactic memory costs and syntactic integration costs during parsing : The processing of German WH-questions. *Journal of Memory and Language*, 47(2), 250-272.
- Forster, K. I. (1979). Levels of processing and the structure of the language processor. *Sentence processing*, 27-85.
- Forster, K. I. (2002). Accessing the mental lexicon. *Psycholinguistics. Critical concepts in psychology*, 1, 270-296.
- Foucart, A., & Frenck-Mestre, C. (2012). Can late L2 learners acquire new grammatical features ? Evidence from ERPs and eye-tracking. *Journal of Memory and Language*, 66(1), 226-248.
- Franklin, M. S., Dien, J., Neely, J. H., Huber, E., & Waterson, L. D. (2007). Semantic priming modulates the N400, N300, and N400RP. *Clinical Neurophysiology*, 118(5), 1053-1068.
- Franklin, S., Turner, J., Ralph, M. A. L., Morris, J., & Bailey, P. J. (1996). A Distinctive Case of Word Meaning Deafness? *Cognitive Neuropsychology*, 13(8), 1139-1162. <https://doi.org/10.1080/026432996381683>
- Frazier, L. (1987). *Theories of sentence processing*.
- Friederici, A. D. (1995). The time course of syntactic activation during language processing : A model based on neuropsychological and neurophysiological data. *Brain and language*, 50(3), 259-281.
- Friederici, A. D. (2002). Towards a neural basis of auditory sentence processing. *Trends in Cognitive Sciences*, 6(2), 78-84. [https://doi.org/10.1016/S1364-6613\(00\)01839-8](https://doi.org/10.1016/S1364-6613(00)01839-8)
- Friederici, A. D. (2011). The brain basis of language processing : From structure to function. *Physiological reviews*.
- Friederici, A. D., Gunter, T. C., Hahne, A., & Mauth, K. (2004). The relative timing of syntactic and semantic processes in sentence comprehension. *NeuroReport*, 15(1), 165-169.
- Fromkin, V. A. (1971). The non-anomalous nature of anomalous utterances. *Language*, 47(1), 27-52.
-

-
- Gernsbacher, M. A. (1984). Resolving 20 years of inconsistent interactions between lexical familiarity and orthography, concreteness, and polysemy. *Journal of Experimental Psychology: General*, 113(2), 256-281. <https://doi.org/10.1037/0096-3445.113.2.256>
- Gimeno-Martínez, M., & Baus, C. (2022b). Iconicity in sign language production : Task matters. *Neuropsychologia*, 167, 108166.
- Gimeno-Martínez, M., Mädebach, A., & Baus, C. (2021). Cross-linguistic interactions across modalities : Effects of the oral language on sign production. *Bilingualism: Language and cognition*, 24(4), 779-790.
- Goh, W. D., Yap, M. J., Lau, M. C., Ng, M. M., & Tan, L.-C. (2016). Semantic richness effects in spoken word recognition : A lexical decision and semantic categorization megastudy. *Frontiers in psychology*, 7, 190665.
- Goldinger, S. D. (1996). Auditory Lexical Decision. *Language and Cognitive Processes*, 11(6), 559-568. <https://doi.org/10.1080/016909696386944>
- González-Nosti, M., Barbón, A., Rodríguez-Ferreiro, J., & Cuetos, F. (2014). Effects of the psycholinguistic variables on the lexical decision task in Spanish : A study with 2,765 words. *Behavior Research Methods*, 46(2), 517-525. <https://doi.org/10.3758/s13428-013-0383-5>
- Goodwin, C., & Lillo-Martin, D. (2019). Morphological accuracy in the speech of bimodal bilingual children with CIs. *The Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 24(4), 435-447.
- Gow, D. W. (2012). The cortical organization of lexical knowledge : A dual lexicon model of spoken language processing. *Brain and Language*, 121(3), 273-288. <https://doi.org/10.1016/j.bandl.2012.03.005>
- Grosjean, F. (1980). Spoken word recognition processes and the gating paradigm. *Perception & Psychophysics*, 28(4), 267-283. <https://doi.org/10.3758/BF03204386>
- Grosjean, F. (1981). SIGN & WORD RECOGNITION: A FIRST COMPARISON. *Sign Language Studies*, 32, 195-220. JSTOR.
- Grosjean, F. (2015). Bicultural bilinguals. *International journal of bilingualism*, 19(5), 572-586.
- Gunter, T. C., Friederici, A. D., & Schriefers, H. (2000). Syntactic gender and semantic expectancy : ERPs reveal early autonomy and late interaction. *Journal of cognitive neuroscience*, 12(4), 556-568.
- Guo, J., Guo, T., Yan, Y., Jiang, N., & Peng, D. (2009). ERP evidence for different strategies employed by native speakers and L2 learners in sentence processing. *Journal of Neurolinguistics*, 22(2), 123-134.
- Gutierrez-Sigut, E., Costello, B., Baus, C., & Carreiras, M. (2016). LSE-Sign : A lexical database for Spanish Sign Language. *Behavior Research Methods*, 48(1), 123-137. <https://doi.org/10.3758/s13428-014-0560-1>
- Gutierrez-Sigut, E., Daws, R., Payne, H., Blott, J., Marshall, C., & MacSweeney, M. (2015). Language lateralization of hearing native signers : A functional transcranial Doppler sonography (fTCD) study of speech and sign production. *Brain and language*, 151, 23-34.
- Gutierrez, E., Williams, D., Grosvald, M., & Corina, D. (2012). Lexical access in American Sign Language : An ERP investigation of effects of semantics and phonology. *Brain Research*, 1468, 63-83. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2012.04.029>
- Hage, C., Charlier, B., & Leybaert, J. (2006). *Compétences cognitives, linguistiques et sociales de l'enfant sourd : Pistes d'évaluation*. Editions Mardaga.
-

-
- Hagoort, P. (2003). Interplay between syntax and semantics during sentence comprehension : ERP effects of combining syntactic and semantic violations. *Journal of cognitive neuroscience*, 15(6), 883-899.
- Hagoort, P. (2005). On Broca, brain, and binding : A new framework. *Trends in cognitive sciences*, 9(9), 416-423.
- Hagoort, P. (2013). MUC (memory, unification, control) and beyond. *Frontiers in psychology*, 4, 45726.
- Hagoort, P. (2016). MUC (Memory, Unification, Control). In *Neurobiology of Language* (p. 339-347). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-407794-2.00028-6>
- Hall, D. A., & Riddoch, M. J. (1997). Word Meaning Deafness : Spelling Words That Are Not Understood. *Cognitive Neuropsychology*, 14(8), 1131-1164. <https://doi.org/10.1080/026432997381295>
- Hall, M. L., Ferreira, V. S., & Mayberry, R. I. (2015). Syntactic priming in American sign language. *PLoS one*, 10(3), e0119611.
- Hall, W. C. (2017). What you don't know can hurt you : The risk of language deprivation by impairing sign language development in deaf children. *Maternal and child health journal*, 21(5), 961-965.
- Hamon, J.-F. (1996). Psychologie cognitive de la lecture. *Travaux & documents*, 09, 9-63.
- Hänel-Faulhaber, B., Skotara, N., Kügow, M., Salden, U., Bottari, D., & Röder, B. (2014). ERP correlates of German Sign Language processing in deaf native signers. *BMC neuroscience*, 15, 1-11.
- Henner, J., Caldwell-Harris, C. L., Novogrodsky, R., & Hoffmeister, R. (2016). American Sign Language syntax and analogical reasoning skills are influenced by early acquisition and age of entry to signing schools for the deaf. *Frontiers in Psychology*, 7, 230078.
- Hickok, G. (2012). Computational neuroanatomy of speech production. *Nature reviews neuroscience*, 13(2), 135-145.
- Hickok, G., & Poeppel, D. (2007). The cortical organization of speech processing. *Nature reviews neuroscience*, 8(5), 393-402.
- Hohenberger, A., Happ, D., & Leuninger, H. (2002). Modality-dependent aspects of sign language production : Evidence from slips of the hands and their repairs in German Sign Language. *Modality and structure in signed and spoken languages*, 112-142.
- Holcomb, P. J. (1988). Automatic and attentional processing : An event-related brain potential analysis of semantic priming. *Brain and language*, 35(1), 66-85.
- Holcomb, P. J., & Neville, H. J. (1990). Auditory and Visual Semantic Priming in Lexical Decision : A Comparison Using Event-related Brain Potentials. *Language and Cognitive Processes*, 5(4), 281-312. <https://doi.org/10.1080/01690969008407065>
- Howes, D. H., & Solomon, R. L. (1951). Visual duration threshold as a function of word-probability. *Journal of Experimental Psychology*, 41(6), 401-410. <https://doi.org/10.1037/h0056020>
- Hrastinski, I., & Wilbur, R. B. (2016). Academic achievement of deaf and hard-of-hearing students in an ASL/English bilingual program. *Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 21(2), 156-170.
- Isel, F., & Kail, M. (2018). Morphosyntactic integration in French sentence processing : Event-related brain potentials evidence. *Journal of Neurolinguistics*, 46, 23-36.
- Isel, F., Hahne, A., Maess, B. & Friederici, A. (2007). Neurodynamics of sentence interpretation : ERP evidence from French. *Biological Psychology*, 74, 337-346.
-

-
- Itard, J. M. G. (1994). *Victor de l'Aveyron*. Editions Allia.
- Jackendoff, R. (2002). English particle constructions, the lexicon, and. *Interface Explorations*, 67.
- Johnston, T. (2011). Lexical frequency in Sign Languages. *Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 17(2), 163-193.
- Kaan, E. (2007). Event-related potentials and language processing : A brief overview. *Language and linguistics compass*, 1(6), 571-591.
- Kaan, E., & Swaab, T. Y. (2003). Repair, revision, and complexity in syntactic analysis : An electrophysiological differentiation. *Journal of cognitive neuroscience*, 15(1), 98-110.
- Kaan, E., Harris, A., Gibson, E., & Holcomb, P. (2000). The P600 as an index of syntactic integration difficulty. *Language and cognitive processes*, 15(2), 159-201.
- Karadöller, D. Z., Sumer, B., & Ozyurek, A. (2017). *Effects of delayed language exposure on spatial language acquisition by signing children and adults*. 2372-2376.
- Karadöller, D. Z., Sümer, B., Ercenur, Ü., & Özyürek, A. (2022). Sign advantage : Both children and adults' spatial expressions in sign are more informative than those in speech and gestures combined. *Journal of Child Language*, 1-27.
- Kegl, J. A., & Bring-Wilbur, R. (1976). *When Does Structure Stop and Style Begin ? Syntax, Morphology, and Phonology v.-s. Stylistic Variation in American Sign Language*. 12, 376-396.
- Kiefer, M., & Brendel, D. (2006). Attentional modulation of unconscious "automatic" processes : Evidence from event-related potentials in a masked priming paradigm. *Journal of cognitive neuroscience*, 18(2), 184-198.
- Kim, A., & Osterhout, L. (2005). The independence of combinatory semantic processing : Evidence from event-related potentials. *Journal of memory and language*, 52(2), 205-225.
- Klima, E. S., & Bellugi, U. (1979). *The signs of language*. Harvard University Press.
- Kolk, H. H., Chwilla, D. J., Van Herten, M., & Oor, P. J. (2003). Structure and limited capacity in verbal working memory : A study with event-related potentials. *Brain and language*, 85(1), 1-36.
- Krashen, S. D. (1973). Lateralization, language learning, and the critical period : Some new evidence. *Language learning*, 23(1), 63-74.
- Kuperberg, G. R., Kreher, D. A., Sitnikova, T., Caplan, D. N., & Holcomb, P. J. (2007). The role of animacy and thematic relationships in processing active English sentences : Evidence from event-related potentials. *Brain and language*, 100(3), 223-237.
- Kutas, M. (1993). In the company of other words : Electrophysiological evidence for single-word and sentence context effects. *Language and cognitive processes*, 8(4), 533-572.
- Kutas, M., & Federmeier, K. D. (2009). N400. *Scholarpedia*, 4(10), 7790.
- Kutas, M., & Federmeier, K. D. (2011). Thirty years and counting : Finding meaning in the N400 component of the event-related brain potential (ERP). *Annual review of psychology*, 62, 621-647.
- Kutas, M., & Hillyard, S. A. (1980). Reading senseless sentences : Brain potentials reflect semantic incongruity. *Science*, 207(4427), 203-205.
- Kutas, M., & Hillyard, S. A. (1984). Brain potentials during reading reflect word expectancy and semantic association. *Nature*, 307(5947), 161-163.
- Kutas, M., & Van Petten, C. (1994). Psycholinguistics electrified. *Handbook of psycholinguistics*, 83-143.
-

-
- Kutas, M., Neville, H. J., & Holcomb, P. J. (1987). A preliminary comparison of the N400 response to semantic anomalies during reading, listening and signing. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology Supplement*, 39(1), 325-330.
- Kyriaki, L., Schlesewsky, M., & Bornkessel-Schlesewsky, I. (2020). Semantic reversal anomalies under the microscope : Task and modality influences on language-associated event-related potentials. *European Journal of Neuroscience*, 52(7), 3803-3827.
- Leïla Boutora. (2008). *Fondements historiques et implications théoriques d'une phonologie des langues des signes*.
- Lenneberg, E. (1967). The Biological Foundations of Language. *Hospital Practice*, 2, 59-67.
- Leonard, M. K., Ramirez, N. F., Torres, C., Travis, K. E., Hatrak, M., Mayberry, R. I., & Halgren, E. (2012). Signed words in the congenitally deaf evoke typical late lexicosemantic responses with no early visual responses in left superior temporal cortex. *Journal of Neuroscience*, 32(28), 9700-9705.
- Levelt, W. J., Roelofs, A., & Meyer, A. S. (1999). A theory of lexical access in speech production. *Behavioral and brain sciences*, 22(1), 1-38.
- Liberman, A. M., Harris, K. S., Hoffman, H. S., & Griffith, B. C. (1957). The discrimination of speech sounds within and across phoneme boundaries. *Journal of experimental psychology*, 54(5), 358.
- Liddell, S. K. (1990). Four functions of a locus : Reexamining the structure of space in ASL. *Sign language research: Theoretical issues*, 176-198.
- Liddell, S. K. (2003). *Grammar, gesture, and meaning in American Sign Language*. Cambridge University Press.
- Lieberman, A. M., Borovsky, A., Hatrak, M., & Mayberry, R. I. (2015). Real-time processing of ASL signs : Delayed first language acquisition affects organization of the mental lexicon. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 41(4), 1130.
- Lillo-Martin, D. (2018). Differences and similarities between late first-language and second-language learning. *Bilingualism: Language and Cognition*, 21(5), 924-925.
- Lillo-Martin, D., & Henner, J. (2021). Acquisition of sign languages. *Annual Review of Linguistics*, 7, 395-419.
- Lillo-Martin, D., Goodwin, C., & Prunier, L. (2017). *ASL IPSyn: A new measure of grammatical development*. Boston University Conference on Language Development.
- Lillo-Martin, D., Quadros, R. M. de, & Chen Pichler, D. (2016). The development of bimodal bilingualism: Implications for linguistic theory. *Linguistic Approaches to Bilingualism*, 6(6), 719-755.
- Loos, C., German, A., & Meier, R. P. (2022). Simultaneous structures in sign languages : Acquisition and emergence. *Frontiers in Psychology*, 13, 992589.
- Lu, J., Jones, A., & Morgan, G. (2016). The impact of input quality on early sign development in native and non-native language learners. *Journal of Child Language*, 43(3), 537-552.
- Luce, P. A. (1986). *Neighborhoods of Words in the Mental Lexicon. Research on Speech Perception. Technical Report No. 6*.
- Luce, P. A., & Pisoni, D. B. (1998). Recognizing spoken words : The neighborhood activation model. *Ear and hearing*, 19(1), 1-36.
- MacSweeney, M., Campbell, R., Woll, B., Brammer, M. J., Giampietro, V., David, A. S., Calvert, G. A., & McGuire, P. K. (2006). Lexical and sentential processing in British Sign Language. *Human brain mapping*, 27(1), 63-76.
-

-
- Malaia, E., & Wilbur, R. B. (2010). Early acquisition of sign language : What neuroimaging data tell us. *Sign Language & Linguistics*, 13(2), 183-199.
- Marslen-Wilson, W. (1990). Activation, competition, and frequency in lexical access. In *Cognitive models of speech processing : Psycholinguistic and computational perspectives*. (p. 148-172). The MIT Press.
- Marslen-Wilson, W. D. (1975). Sentence Perception as an Interactive Parallel Process. *Science*, 189(4198), 226-228. <https://doi.org/10.1126/science.189.4198.226>
- Marslen-Wilson, W. D. (1987). Functional parallelism in spoken word-recognition. *Cognition*, 25(1-2), 71-102. [https://doi.org/10.1016/0010-0277\(87\)90005-9](https://doi.org/10.1016/0010-0277(87)90005-9)
- Marslen-Wilson, W. D., & Welsh, A. (1978). Processing interactions and lexical access during word recognition in continuous speech. *Cognitive Psychology*, 10(1), 29-63. [https://doi.org/10.1016/0010-0285\(78\)90018-X](https://doi.org/10.1016/0010-0285(78)90018-X)
- Marslen-Wilson, W., & Tyler, L. K. (1980). The temporal structure of spoken language understanding. *Cognition*, 8(1), 1-71.
- Mayberry, R. I., & Eichen, E. B. (1991). The long-lasting advantage of learning sign language in childhood : Another look at the critical period for language acquisition. *Journal of Memory and Language*, 30(4), 486-512. [https://doi.org/10.1016/0749-596X\(91\)90018-F](https://doi.org/10.1016/0749-596X(91)90018-F)
- Mayberry, R. I., & Kluender, R. (2018). Rethinking the critical period for language : New insights into an old question from American Sign Language. *Bilingualism: Language and Cognition*, 21(5), 886-905.
- Mayberry, R. I., & Lock, E. (2003). Age constraints on first versus second language acquisition : Evidence for linguistic plasticity and epigenesis. *Brain and language*, 87(3), 369-384.
- Mayberry, R. I., & Squires, B. (2006). Sign language acquisition. *Encyclopedia of language and linguistics*, 11, 739-743.
- Mayberry, R. I., & Witcher, P. (2005). What age of acquisition effects reveal about the nature of phonological processing. *Center for Research on Language Technical Report*, 17(3), 17-3.
- Mayberry, R. I., Chen, J.-K., Witcher, P., & Klein, D. (2011). Age of acquisition effects on the functional organization of language in the adult brain. *Brain and language*, 119(1), 16-29.
- McClelland, J. L., & Elman, J. L. (1986). The TRACE model of speech perception. *Cognitive Psychology*, 18(1), 1-86. [https://doi.org/10.1016/0010-0285\(86\)90015-0](https://doi.org/10.1016/0010-0285(86)90015-0)
- McClelland, J. L., & Rumelhart, D. E. (1981). An interactive activation model of context effects in letter perception : I. An account of basic findings. *Psychological Review*, 88(5), 375-407. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.88.5.375>
- McCullough, S., Emmorey, K., & Sereno, M. (2005). Neural organization for recognition of grammatical and emotional facial expressions in deaf ASL signers and hearing nonsigners. *Cognitive Brain Research*, 22(2), 193-203.
- McCusker, L. X., Holley-Wilcox, P., & Hillinger, M. L. (1979). Frequency effects in auditory and visual word recognition. *Southwestern Psychological Association (cited in McCusker et al., 1981)*.
- McGarry, M. E., Massa, N., Mott, M., Midgley, K. J., Holcomb, P. J., & Emmorey, K. (2021). Matching pictures and signs : An ERP study of the effects of iconic structural alignment in American sign language. *Neuropsychologia*, 162, 108051.
- McGarry, M. E., Midgley, K. J., Holcomb, P. J., & Emmorey, K. (2023). How (and why) does iconicity effect lexical access : An electrophysiological study of American sign language. *Neuropsychologia*, 183, 108516. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2023.108516>
-

-
- Meade, G., Midgley, K. J., Dijkstra, T., & Holcomb, P. J. (2018). Cross-language Neighborhood Effects in Learners Indicative of an Integrated Lexicon. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 30(1), 70-85. https://doi.org/10.1162/jocn_a_01184
- Meier, R. P. (2002). Why different, why the same ? Explaining effects and non-effects of modality upon linguistic structure in sign and speech. *Modality and structure in signed and spoken languages*, 1-25.
- Meier, R. P., & Newport, E. L. (1990). Out of the hands of babes : On a possible sign advantage in language acquisition. *Language*, 1-23.
- Meier, R. P., & Willerman, R. (2013). Prelinguistic gesture in deaf and hearing infants. In *Language, gesture, and space* (p. 401-420). Psychology Press.
- Meier, R. P., Mauk, C. E., Cheek, A., & Moreland, C. J. (2008). The form of children's early signs : Iconic or motoric determinants? *Language learning and development*, 4(1), 63-98.
- Meyer, D. E., & Schvaneveldt, R. W. (1971). Facilitation in recognizing pairs of words : Evidence of a dependence between retrieval operations. *Journal of experimental psychology*, 90(2), 227.
- Millet, A. (2004). La langue des signes française (LSF) : Une langue iconique et spatiale méconnue. *Les cahiers de l'APLIUT. Pédagogie et Recherche*, 23(2), 31-44.
- Millet, A. (2006). Le jeu syntaxique des proformes et des espaces dans la cohésion narrative en LSF. *Glottopol*, 7, 96-111.
- Millet, A. (2019). *Grammaire descriptive de la Langue Des Signes Française—Dynamiques iconiques et linguistique générale* (UGA Editions).
- Mirman, D., Yee, E., Blumstein, S. E., & Magnuson, J. S. (2011). Theories of spoken word recognition deficits in Aphasia : Evidence from eye-tracking and computational modeling. *Brain and Language*, 117(2), 53-68. <https://doi.org/10.1016/j.bandl.2011.01.004>
- Mohr, S. (2014). *Mouth actions in sign languages : An empirical study of Irish Sign Language* (Vol. 3). Walter de Gruyter GmbH & Co KG.
- Molinaro, N., Barber, H. A., & Carreiras, M. (2011). Grammatical agreement processing in reading : ERP findings and future directions. *cortex*, 47(8), 908-930.
- Monsell, S., Doyle, M. C., & Haggard, P. N. (1989). Effects of frequency on visual word recognition tasks : Where are they? *Journal of Experimental Psychology: General*, 118(1), 43-71. <https://doi.org/10.1037/0096-3445.118.1.43>
- Moreno, A., Limousin, F., Dehaene, S., & Pallier, C. (2018). Brain correlates of constituent structure in sign language comprehension. *NeuroImage*, 167, 151-161.
- Morford, J. P., & Hänel-Faulhaber, B. (2011). Homesigners as late learners : Connecting the dots from delayed acquisition in childhood to sign language processing in adulthood. *Language and Linguistics Compass*, 5(8), 525-537.
- Morford, J. P., Wilkinson, E., Villwock, A., Piñar, P., & Kroll, J. F. (2011). When deaf signers read English : Do written words activate their sign translations? *Cognition*, 118(2), 286-292.
- Morton, J. (1969). Interaction of information in word recognition. *Psychological Review*, 76(2), 165-178. <https://doi.org/10.1037/h0027366>
- Morton, J. (1982). Disintegrating the lexicon : An information processing approach. *Perspectives on mental representation*, 89-109.
- Morton, J. (1983). Le lexique interne. *La recherche*, 14(143), 474-481.
- Morton, J., Koskas, E., & Kremin, H. (1984). LA DÉNOMINATION. *Langages*, 76, 19-30. JSTOR.
-

-
- Navarrete, E., Peressotti, F., Lerose, L., & Miozzo, M. (2017). Activation cascading in sign production. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 43(2), 302.
- Neville, H. J., Coffey, S. A., Lawson, D. S., Fischer, A., Emmorey, K., & Bellugi, U. (1997). Neural systems mediating American Sign Language : Effects of sensory experience and age of acquisition. *Brain and language*, 57(3), 285-308.
- New, B., Pallier, C., & Ferrand, L. (2005). Manuel de lexique 3. *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers*, 36(3), 516-524.
- Newman, A. J., Bavelier, D., Corina, D., Jezzard, P., & Neville, H. J. (2002). A critical period for right hemisphere recruitment in American Sign Language processing. *Nature neuroscience*, 5(1), 76-80.
- Newman, R. S., & German, D. J. (2005). Life span effects of lexical factors on oral naming. *Language and Speech*, 48(2), 123-156.
- Newport, E. L. (1990). Maturational Constraints on Language Learning. *Cognitive Science*, 14(1), 11-28. https://doi.org/10.1207/s15516709cog1401_2
- Nicolas, S. (2003). *La psychologie cognitive*. Armand Colin.
- Noël-Pétroff, N. (2012). Ce que l'on fait après le dépistage de la surdité. *Archives de pédiatrie*, 19(6), H34-H35.
- Norris, D. (1994). Shortlist : A connectionist model of continuous speech recognition. *Cognition*, 52(3), 189-234. [https://doi.org/10.1016/0010-0277\(94\)90043-4](https://doi.org/10.1016/0010-0277(94)90043-4)
- Norris, D., McQueen, J. M., & Cutler, A. (2000). Merging information in speech recognition : Feedback is never necessary. *Behavioral and Brain Sciences*, 23(3), 299-325. <https://doi.org/10.1017/S0140525X00003241>
- Novogrodsky, R., Henner, J., Caldwell-Harris, C., & Hoffmeister, R. (2017). The development of sensitivity to grammatical violations in American Sign Language : Native versus nonnative signers. *Language Learning*, 67(4), 791-818.
- Oldfield, R. C. (1966). Things, words and the brain. *Quarterly journal of experimental psychology*, 18(4), 340-353.
- Oldfield, R. C., & Wingfield, A. (1965). Response latencies in naming objects. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 17(4), 273-281.
- Orfanidou, E., Adam, R., McQueen, J. M., & Morgan, G. (2009). Making sense of nonsense in British Sign Language (BSL) : The contribution of different phonological parameters to sign recognition. *Memory & Cognition*, 37(3), 302-315. <https://doi.org/10.3758/MC.37.3.302>
- Ortega, G. (2017). Iconicity and Sign Lexical Acquisition : A Review. *Frontiers in Psychology*, 8, 1280. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.01280>
- Osterhout, L., & Holcomb, P. J. (1992). Event-related brain potentials elicited by syntactic anomaly. *Journal of memory and language*, 31(6), 785-806.
- Paap, K. R., Newsome, S. L., McDonald, J. E., & Schvaneveldt, R. W. (1982). An activation–verification model for letter and word recognition : The word-superiority effect. *Psychological Review*, 89(5), 573-594. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.89.5.573>
- Paivio, A. (1991). Dual coding theory: Retrospect and current status. *Canadian Journal of Psychology/Revue canadienne de psychologie*, 45(3), 255.
- Pélissier, M. (2020). Comparing ERPs between native speakers and second language learners : Dealing with individual variability. *Interpreting language-learning data*, 4, 39.
-

-
- Peressotti, F., Pesciarelli, F., Mulatti, C., & Dell'Acqua, R. (2012). Event-related potential evidence for two functionally dissociable sources of semantic effects in the attentional blink. *PloS one*, 7(11), e49099.
- Perlman, M., Little, H., Thompson, B., & Thompson, R. L. (2018). Iconicity in signed and spoken vocabulary : A comparison between American Sign Language, British Sign Language, English, and Spanish. *Frontiers in psychology*, 9, 341999.
- Perniss, P. (2021). Use of sign space : Experimental perspectives. In *The Routledge Handbook of Theoretical and Experimental Sign Language Research* (p. 378-402). Routledge.
- Perniss, P. M. (2007). *Space and iconicity in German sign language (DGS)*.
- Perniss, P., Thompson, R. L., & Vigliocco, G. (2010). Iconicity as a general property of language : Evidence from spoken and signed languages. *Frontiers in psychology*, 1, 227.
- Petitto, L. A., & Marentette, P. F. (1991). Babbling in the manual mode: Evidence for the ontogeny of language. *Science*, 251(5000), 1493-1496.
- Pfau, R., & Quer, J. (2010). *Nonmanuals: Their grammatical and prosodic roles*. na.
- Pichler, D. C., Lillo-Martin, D., de Quadros, R. M., & Stumpf, M. R. (2018). *Sign language acquisition by deaf and hearing children*. Gallaudet University Press Washington, DC.
- Pichler, D. C., Schalber, K., Hochgesang, J., Milkovic, M., Wilbur, R. B., Vulje, M., & Pribanic, L. (2008). Possession and existence in three sign languages. *Sign Languages: Spinning and Unraveling the Past, Present and Future. TISLR*, 9, 440-458.
- Pizzio, A. L. (2006). *A variabilidade da ordem das palavras na aquisição da língua de sinais brasileira : Construções com tópico e foco*.
- Pizzuto, E., & Volterra, V. (2000). *Iconicity and transparency in sign languages : A cross-linguistic cross-cultural view*.
- Post, M., van Duinen, H., Steens, A., Renken, R., Kuipers, B., Maurits, N., & Zijdwind, I. (2007). Reduced cortical activity during maximal bilateral contractions of the index finger. *Neuroimage*, 35(1), 16-27.
- Pretato, E., Peressotti, F., Bertone, C., & Navarrete, E. (2018). The iconicity advantage in sign production : The case of bimodal bilinguals. *Second Language Research*, 34(4), 449-462.
- Puhacheuskaya, V. (2021). *The "Semantic P600" : A Brief Review*.
- Puissant-Schontz, L. (2020). *Les constructions prédicatives en Langue des Signes Française (LSF) : Description linguistique et développementale, en vue de leur évaluation*.
- Radeau, M. (1983). Semantic priming between spoken words in adults and children. *Canadian Journal of Psychology / Revue Canadienne de Psychologie*, 37(4), 547-556. <https://doi.org/10.1037/h0080756>
- Radeau, M., Besson, M., Fonteneau, E., & Castro, S. L. (1998). Semantic, repetition and rime priming between spoken words : Behavioral and electrophysiological evidence. *Biological psychology*, 48(2), 183-204.
- Raymond, J. E., Shapiro, K. L., & Arnell, K. M. (1992). Temporary suppression of visual processing in an RSVP task : An attentional blink? *Journal of experimental psychology: Human perception and performance*, 18(3), 849.
- Regel, S., Meyer, L., & Gunter, T. C. (2014). Distinguishing neurocognitive processes reflected by P600 effects : Evidence from ERPs and neural oscillations. *PloS one*, 9(5), e96840.
-

-
- Reilly, J. (2006). How faces come to serve grammar : The development of nonmanual morphology in American Sign Language. *Advances in the sign language development of deaf children*, 262-290.
- Rossi, S., Gugler, M. F., Hahne, A., & Friederici, A. D. (2005). When word category information encounters morphosyntax : An ERP study. *Neuroscience Letters*, 384(3), 228-233.
- Ruben, R. J. (1997). A time frame of critical/sensitive periods of language development. *Acta otolaryngologica*, 117(2), 202-205.
- Sallandre, M.-A. (2003). *Les unités du discours en Langue des Signes Française. Tentative de catégorisation dans le cadre d'une grammaire de l'iconicité.*
- Saussure, F. (de). (1972). Cours de linguistique générale (1916). *Edition critique préparée par T. de mauro. paris: payothèque.*
- Schick, B., Marschark, M., & Spencer, P. E. (2005). *Advances in the sign language development of deaf children.* Oxford University Press.
- Schwanenflugel, P. J. (1991). Chapter 2 Contextual Constraint and Lexical Processing. In *Advances in Psychology* (Vol. 77, p. 23-45). Elsevier. [https://doi.org/10.1016/S0166-4115\(08\)61528-9](https://doi.org/10.1016/S0166-4115(08)61528-9)
- Schwanenflugel, P. J., & Stowe, R. W. (1989). Context Availability and the Processing of Abstract and Concrete Words in Sentences. *Reading Research Quarterly*, 24(1), 114. <https://doi.org/10.2307/748013>
- Schwanenflugel, P. J., Harnishfeger, K. K., & Stowe, R. W. (1988). Context availability and lexical decisions for abstract and concrete words. *Journal of Memory and Language*, 27(5), 499-520. [https://doi.org/10.1016/0749-596X\(88\)90022-8](https://doi.org/10.1016/0749-596X(88)90022-8)
- Segui, J. (2015). Évolution du concept de lexique mental: *Revue de neuropsychologie, Volume 7(1)*, 21-26. <https://doi.org/10.1684/nrp.2015.0325>
- Sehyr, Z. S., & Emmorey, K. (2022). The effects of multiple linguistic variables on picture naming in American Sign Language. *Behavior Research Methods*, 54(5), 2502-2521.
- Stadthagen-Gonzalez, H., & Davis, C. J. (2006). The Bristol norms for age of acquisition, imageability, and familiarity. *Behavior Research Methods*, 38(4), 598-605. <https://doi.org/10.3758/BF03193891>
- Steinhauer, K., & Drury, J. E. (2012). On the early left-anterior negativity (ELAN) in syntax studies. *Brain and language*, 120(2), 135-162.
- Stokoe Jr, W. C. (1960). Sign Language Structure : An Outline of the Visual Communication Systems of the American Deaf. Silver Spring Md : Lin- stock. *Stud. Ling. Occas. Pap. 8, Silver Spring Md: Linstock.*, 94.
- Stokoe, W. C. (1991). Semantic phonology. *Sign language studies*, 71(1), 107-114.
- Tanner, D., & Van Hell, J. G. (2014). ERPs reveal individual differences in morphosyntactic processing. *Neuropsychologia*, 56, 289-301.
- Taub, S. F. (2001). *Language from the body : Iconicity and metaphor in American Sign Language.* Cambridge University Press.
- Thompson, G. L., & Desrochers, A. (2009). Corroborating biased indicators : Global and local agreement among objective and subjective estimates of printed word frequency. *Behavior research methods*, 41(2), 452-471.
- Thompson, R. L. (2006). *Eye gaze in American Sign Language : Linguistic functions for verbs and pronouns.* University of California, San Diego.
-

-
- Thompson, R. L., Vinson, D. P., & Vigliocco, G. (2009). The link between form and meaning in American Sign Language : Lexical processing effects. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 35(2), 550-557. <https://doi.org/10.1037/a0014547>
- Thompson, R. L., Vinson, D. P., Woll, B., & Vigliocco, G. (2012). The road to language learning is iconic : Evidence from British Sign Language. *Psychological science*, 23(12), 1443-1448.
- Thompson, R., Emmorey, K., & Gollan, T. H. (2005). "Tip of the Fingers" Experiences by Deaf Signers : Insights Into the Organization of a Sign-Based Lexicon. *Psychological Science*, 16(11), 856-860. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9280.2005.01626.x>
- Treisman, A. M. (1960). Contextual cues in selective listening. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 12(4), 242-248.
- Trettenbrein, P. C., Pendzich, N.-K., Cramer, J.-M., Steinbach, M., & Zaccarella, E. (2021). Psycholinguistic norms for more than 300 lexical signs in German Sign Language (DGS). *Behavior Research Methods*, 53(5), 1817-1832.
- Twomey, T., Price, C. J., Waters, D., & MacSweeney, M. (2020). The impact of early language exposure on the neural system supporting language in deaf and hearing adults. *NeuroImage*, 209, 116411.
- Van de Meerendonk, N., Kolk, H. H., Chwilla, D. J., & Vissers, C. T. W. (2009). Monitoring in language perception. *Language and linguistics compass*, 3(5), 1211-1224.
- Van Den Boer, M., De Jong, P. F., & Haentjens-van Meeteren, M. M. (2012). Lexical Decision in Children : Sublexical Processing or Lexical Search? *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 65(6), 1214-1228. <https://doi.org/10.1080/17470218.2011.652136>
- Van der Kooij, E. (2002). *Phonological categories in sign language of the Netherlands : The role of phonetic implementation and iconicity*. LOT.
- Van Herten, M., Kolk, H. H., & Chwilla, D. J. (2005). An ERP study of P600 effects elicited by semantic anomalies. *Cognitive brain research*, 22(2), 241-255.
- Van Petten, C., & Luka, B. J. (2012). Prediction during language comprehension : Benefits, costs, and ERP components. *International journal of psychophysiology*, 83(2), 176-190.
- Villameriel, S. (2022). Lexical access in bimodal bilinguals. *Sign Language & Linguistics*, 25(2), 267-276.
- Vinson, D. P., Cormier, K., Denmark, T., Schembri, A., & Vigliocco, G. (2008). The British Sign Language (BSL) norms for age of acquisition, familiarity, and iconicity. *Behavior Research Methods*, 40(4), 1079-1087. <https://doi.org/10.3758/BRM.40.4.1079>
- Vinson, D., Thompson, R. L., Skinner, R., & Vigliocco, G. (2015). A faster path between meaning and form ? Iconicity facilitates sign recognition and production in British Sign Language. *Journal of Memory and Language*, 82, 56-85.
- Wang, H., Zhang, G., & Liu, B. (2017). Influence of auditory spatial attention on cross-modal semantic priming effect : Evidence from N400 effect. *Experimental brain research*, 235, 331-339.
- Wang, J., & Chen, B. (2020). A Database of Chinese-English Bilingual Speakers : Ratings of the Age of Acquisition and Familiarity. *Frontiers in Psychology*, 11, 554785. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.554785>
- Welcome, S. E., Paivio, A., McRae, K., & Joanisse, M. F. (2011). An electrophysiological study of task demands on concreteness effects : Evidence for dual coding theory. *Experimental Brain Research*, 212(3), 347-358. <https://doi.org/10.1007/s00221-011-2734-8>
-

-
- Werker, J. F., & Hensch, T. K. (2015). Critical periods in speech perception : New directions. *Annual review of psychology*, 66, 173-196.
- Wilbur, R. B. (2000). The use of ASL to support the development of English and literacy. *Journal of deaf studies and deaf education*, 5(1), 81-104.
- Woll, B., & Sieratzki, J. S. (1998). Echo phonology : Signs of a link between gesture and speech. *Behavioral and Brain Sciences*, 21(4), 531-532.
- Xue, J., Yang, J., Zhang, J., Qi, Z., Bai, C., & Qiu, Y. (2013). An ERP study on Chinese natives' second language syntactic grammaticalization. *Neuroscience Letters*, 534, 258-263.
- Yap, M. J., Balota, D. A., & Tan, S. E. (2013). Additive and interactive effects in semantic priming : Isolating lexical and decision processes in the lexical decision task. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 39(1), 140.
- Zheng, X., & Lemhöfer, K. (2019). The "semantic P600" in second language processing : When syntax conflicts with semantics. *Neuropsychologia*, 127, 131-147.
- Zorzi, G., Giustolisi, B., Aristodemo, V., Cecchetto, C., Hauser, C., Quer, J., Sánchez Amat, J., & Donati, C. (2022). On the reliability of the notion of native signer and its risks. *Frontiers in Psychology*, 13, 716554.