

# Les implants cochléaires et le français

Daan van de Velde  
Mémoire de master  
Université de Leyde  
Langues et cultures françaises  
Directeurs de mémoire : Prof. Dr. Johan Rooryck, Dr. Jenny Doetjes

## Table des matières

Préface.....	3
<b>Partie I. Revue de la littérature scientifique.....</b>	<b>4</b>
1. Introduction.....	5
2. La recherche linguistique sur les implantés cochléaires.....	11
2.1. Une typologie des études.....	11
2.2. La méthode de la recherche.....	12
3. Résultats de la revue.....	14
4. Résultats scientifiques des publications revues.....	24
5. Quelques absences dans la littérature.....	28
6. Conclusion.....	30
Bibliographie.....	31
<b>Partie II. La reconnaissance d’accents étrangers par des locuteurs français et néerlandais.....</b>	<b>35</b>
1. Introduction.....	36
2. Méthode.....	42
A) Participants.....	43
B) Stimuli.....	44
C) Procédure.....	46
D) Analyse.....	48
3. Résultats.....	49
4. Discussion.....	54
Conclusion.....	58
Remerciements.....	60
Bibliographie.....	60
Annexes.....	62
Annexe 1.....	62
Annexe 2.....	64
Annexe 3.....	65

## **Préface**

Ce mémoire concerne la recherche sur les implants cochléaires (IC) dans laquelle la langue utilisée par les participants est le français, une langue dont quelques caractéristiques linguistiques peuvent aider à mieux comprendre le fonctionnement des IC. Il consiste de deux parties. La première partie consiste d'une revue de la littérature scientifique sur ce sujet jusqu'à 2010, le moment de la rédaction de ce mémoire. La deuxième partie rapporte une étude développée et effectuée afin de compléter la littérature revue dans la première partie. Il s'agit d'une paire d'études expérimentales examinant si des locuteurs natifs et non-natifs de français sont capables de détecter un accent étranger en français dans des conditions avec et sans audition simulée d'implants cochléaires, une question qui pour autant que nous le sachions n'a pas encore été étudiée.

# **Partie I**

## **Revue de la littérature scientifique**

## 1. Introduction

La parole et l'audition sont les deux piliers de la communication verbale, dont le développement en apparence rapide (en environ trois ans) masque le fait que cet exploit requiert un degré de contrôle et d'équilibre entre ces deux facultés considérable. Deux types d'entrées linguistiques jouent un rôle dans le développement et l'entretien du système de la parole sur le long terme: (1) le langage produit par d'autres locuteurs (l'entrée externe) et (2) le langage produit par le locuteur lui-même (l'entrée interne). Tout d'abord, l'entrée externe crée dans le système de l'auditeur des images acoustiques de différents sons ou groupes de sons. L'auditeur essaye d'imiter les sons en les comparant aux images créées sur la base des occurrences venant d'autres locuteurs. Les réalisations correspondant aux sons cibles s'installent dans le système en tant que commandes articulatoires anticipatrices, qui deviennent plus robustes au fur et à mesure que le système traite plus d'exemples. Les commandes ayant été suffisamment calibrées, un système robuste n'a plus besoin de rétroaction, un phénomène par lequel la production du système réentre ce système, formant une sorte de boucle, et informe les représentations guidant à leur tour les productions futures (Guenther, 2006).

L'équilibre entre la production et la perception est rompu dans le cas des personnes sourdes et malentendantes. En effet, la perception étant dégradée, la production qui en découle devient déviante aussi. La parole déviante des sourds suggère qu'un système auditif sain n'est pas seulement indispensable pour la perception de la parole mais aussi pour sa production. Le problème linguistique dont souffrent les sourds est l'absence de rétroaction auditive.<sup>1</sup> Bien qu'ils soient capables d'apprendre à parler à un niveau dont la compréhensibilité et la qualité de la voix peuvent varier d'un individu à l'autre, leur parole fait preuve d'un système défectueux. D'une part, les personnes qui n'ont jamais entendu (victimes de surdité congénitale), peu importe la nature et l'intensité de la thérapie orthophonique reçues, développent une parole irrémédiablement atypique. D'autre part, ceux qui ont perdu l'ouïe plus tard dans la vie (victimes de surdité acquise) bénéficient d'un système qui continue à fonctionner pendant un certain temps après le commencement de la surdité (Menard et al., 2007). En somme, les commandes rétroactives favorisent l'établissement d'un système autonome pour lequel des commandes anticipatrices suffisent à la production adéquate de la parole. Ces commandes anticipatrices suffisent pour atteindre une bonne prononciation, mais elles nécessitent que des commandes rétroactives soient mises en place pour maintenir la prononciation à long terme.

---

<sup>1</sup> Nous faisons abstraction de la rétroaction provenant de la conduction osseuse dans le corps, qui est beaucoup moins informative que la rétroaction auditive.

La sévérité de la surdité est déterminée en fonction de différents seuils à partir desquels certains sons (plus ou moins intenses) sont détectés (Tableau 1). Les deux classes de surdité les plus sévères, la surdité profonde et la surdité totale, sont définies par une perte de l'audition de plus de 90 dB, une situation dans laquelle même les bruits très puissants, comme par exemple les marteaux-piqueurs, ne sont plus audibles. La surdité profonde peut être traitée avec une prothèse auditive appelée un implant cochléaire (IC). Cette intervention est applicable aux personnes sourdes pour qui un appareillage acoustique amplificateur n'a pas de bénéfices fonctionnels et qui souffrent d'un des deux types physiologiques globaux de surdité : la surdité neurosensorielle, qui touche l'oreille interne, et la surdité de transmission, qui est impliquée lorsque l'oreille moyenne ou l'oreille externe est touchée. Dans le cas le plus fréquent, celui de la surdité neurosensorielle, le passage des ondes sonores à l'oreille interne est interrompu. Une oreille normale convertit les ondes sonores en ondes mécaniques dans la cochlée, où la membrane basilaire et les cellules ciliées convertissent les ondes mécaniques en des impulsions électriques reçues et transmises au cerveau par le nerf auditif. Une oreille atteinte par la surdité neurosensorielle n'arrive pas à réaliser cette dernière étape, car trop de ces cellules ciliées sont endommagées. Il est important de noter que même les patients ayant une surdité des plus sévères peuvent encore avoir des sensations auditives, et ce particulièrement pour les sons intenses de basse fréquence.

L'IC contourne tous les stades de l'audition jusqu'à la stimulation du nerf auditif. L'audition acoustique devient ainsi l'audition électrique. Un microphone suspendu derrière l'oreillette intercepte les ondes sonores et les transmet à un microprocesseur qui se situe dans le même compartiment. Le microprocesseur extrait des parties du signal selon les paramètres jugés les plus importants par le fabricant pour la compréhension de la parole. À l'aide d'un transmetteur à l'extérieur du crâne, la sortie digitale du microprocesseur devient l'entrée d'une antenne placée à l'intérieur du crâne. L'antenne contrôle la stimulation d'une chaîne d'électrodes, chacune responsable d'un intervalle de fréquences spécifiques et placées en fonction de l'organisation tonotopique de la cochlée qui assure que chaque intervalle soit pris en charge par des zones clairement identifiables. L'implant, reproduit, ainsi, à un certain degré, la différenciation spectrale de l'oreille normale.

Cependant, la qualité de l'audition avec un IC est limitée, et cela pour un certain nombre de raisons. Tout d'abord, les oreilles déficientes étant toutes uniques, il est impossible de savoir quel type d'implant, quelle technique d'implantation ou quels paramètres du microprocesseur sont les plus adaptés. Deuxièmement, ni la technique d'implantation ni la connaissance de l'audition normale d'aujourd'hui ne suffisent pour imiter parfaitement une oreille saine. Finalement, le nerf auditif et le cerveau d'une personne sourde peuvent traiter les signaux offerts par l'IC de façon différente comparée à la cochlée et le cerveau d'un entendant typique.

La population équipée de ces implants constitue un moyen spécial de tester le rôle de l'audition pour le développement de la parole. Malgré le fait que la plupart des sourds apprennent à utiliser la parole, indépendamment de la qualité de leur audition résiduelle et de l'âge du début de l'altération, on s'attend à ce que l'IC change l'audition de telle façon que la production du langage est aussi influencée. Les deux différents types de patients, à savoir ceux souffrant de la surdité congénitale et ceux touchés par la surdité acquise, auront donc des manières de parler différentes après l'implantation. À des âges d'implantation équivalents, les personnes souffrant de la surdité acquise établissent un système auditif basé sur une plus grande quantité d'entrée auditive normale que les personnes souffrant de la surdité congénitale. De plus, la période de surdité étant plus brève, la quantité d'entrée déviante à, ainsi, moins de chance d'influencer leur système. Cette hypothèse suppose que l'entrée déviante ait un effet négatif sur la parole quand l'audition change, puisque celle-ci établit des images auditives erronées. De ce fait, un auditeur qui a suivi un développement plus long avec une audition altérée aura plus de contrôle sur sa prononciation qu'un utilisateur atteint plus tard dans son développement.

**Tableau 1** : Les classes de perte auditive.

<b>Déficiência</b>	<b>Perte tonale (dB)</b>	<b>Types de sons difficiles à entendre</b>
Audition normale	< 20	-
Déficiência auditive légère	21-40	Parole – voix normale
Déficiência auditive moyenne	41-70	Parole – voix élevée
Déficiência auditive sévère	71-90	Bruits forts
Déficiência auditive profonde	91-119	Bruits très puissants
Déficiência auditive totale	120	Tous les sons

Source : "Traitement de la surdité par pose d'implants cochléaires ou d'implants du tronc cérébral", 2007.

En revanche, une autre hypothèse peut être formulée si l'on conçoit qu'un système basé sur plus d'entrées normales et qui dépassent le seuil de l'audibilité a des chances de créer des commandes anticipatrices plus robustes. Après l'implantation (suivant une période de surdité) le locuteur a plus de problèmes à désapprendre les commandes anticipatrices déjà établies, car elles sont désormais très robustes. La raison pour laquelle les commandes d'origine doivent être adaptées à la nouvelle situation vient du fait que la rétroaction signale au système, à tort, que les mêmes commandes n'engendrent plus les sons d'origine. Cela entraîne donc un besoin d'actualiser les commandes. Les commandes créées pendant la période d'entrées dégradées sont tellement faibles qu'il est facile de les adapter. Dans ce cas, et selon cette hypothèse, les personnes souffrant de

surdité acquise ont plus de problèmes de locution dans la première période suivant l'implantation que celles souffrant de surdité congénitale.

Étant donné une telle disparité entre l'audition normale et l'audition à l'aide d'un IC, il est remarquable que l'on puisse observer des effets très positifs sur les capacités communicatives des utilisateurs. En effet, beaucoup peuvent parfaitement communiquer verbalement et il est parfois même impossible de reconnaître (à l'occasion informelle) une déviance dans la voix ou la parole d'un implanté (Wilson & Dorman, 2008). Plus généralement, une étude longitudinale conduite en France a montré qu'une cohorte de 100 enfants n'étaient pas plus ou moins avantagés dans leur niveau moyen d'éducation ainsi que le type d'emploi qu'ils ont par la suite obtenu, comparés à des normoentendants (Venail, Vieu, Artieres, Mondain, & Uziel, 2010).

Les réussites communicatives des implantés suggèrent que la densité informationnelle de l'entrée linguistique normale n'est pas requise pour la perception ni la production (quasi-)normale de la langue. Cela reflète probablement le fait que l'information contenue dans la parole est fort redondante. Les performances phonétiques et linguistiques des implantés, malgré les réussites d'une partie des utilisateurs, sont très variables, et sont influencées par un grand nombre de facteurs, y compris des caractéristiques démographiques, sociales et psychologiques. Bien que les facteurs les plus cruciaux n'aient pas encore été clairement identifiés, l'âge du commencement de la surdité, l'âge de l'implantation, la durée de la surdité, la motivation du patient et le type et la quantité de la thérapie de réhabilitation semblent être particulièrement importants (Boons et al., 2012; Geers, Brenner, & Davidson, 2003).

Les mérites de l'implant cochléaire à l'heure actuelle masquent une histoire pleine d'obstacles. La première implantation fut réalisée en 1957 par l'otologiste parisien Charles Eyries, prié par son patient de trouver une méthode de lui rendre une sensation auditive quelconque (Djourno, Eyries, & Vallancien, 1957). Celui-ci était déçu par les résultats de son implant monocanal (c'est-à-dire, à électrode unique), mais cela n'en a pas pour autant découragé le chirurgien dans sa confiance par rapport aux possibilités de la prothèse. En 1961, l'otologiste américain William House développa un implant multicanal, une entreprise qu'il a dû abandonner à cause de problèmes avec le fonctionnement mécanique de l'appareil. House et d'autres chercheurs continuèrent la quête dans les années 70 en introduisant de nouveau un implant monocanal, comportant moins de risques techniques et médicaux. D'autres chercheurs, qui étaient de l'avis que l'oreille et la compréhension du langage étaient trop compliquées et trop inconnues pour en arriver à imiter une audition normale, n'étaient pas du tout convaincus que les IC pourraient (partiellement) reconstruire l'ouïe des sourds (p.e., Jongkees, 1978). Les défenseurs signalèrent simplement que l'appareil avait les



effets voulus, même si son fonctionnement n'était pas complètement compris, étant donné que celui-ci facilitait la lecture labiale et la reconnaissance des mots de classe fermée.

Le but ultime était toujours de permettre la compréhension totale de la langue. Un ancien élève de Eyries, Claude-Henri Chouard, réintroduisit l'implant multicanal, car Chouard considérait nécessaire d'offrir une résolution de fréquence plus large pour rendre possible une meilleure compréhension de la langue. Comme Chouard en France, mais indépendamment l'un de l'autre, House aux États-Unis et Graeme Clark en Australie se trouvèrent, séparément, des partenaires industriels, une étape cruciale pour le déblocage budgétaire de la technologie. L'approbation par la *Food and Drug Administration* de l'implant de House en 1983 refléta l'acceptation grandissante. En 1985, cinq cents patients avaient reçus un IC, dont un nombre croissant d'enfants. En effet, les chercheurs pensaient que moins les patients auraient vécu sans stimulation sonore plus ils tireraient des bénéfices de l'implant au niveau de la compréhension et de la production de la langue. En décembre 2010, selon la *Food and Drug Administration*, plus de 200 mille patients étaient implantés dans le monde (dont 42.600 adultes et 28.400 enfants aux États-Unis). Trois constructeurs fournissent la grande majorité des appareils globalement : Advanced Bionics des États-Unis (le « Clarion »), Cochlear de l'Australie (le « Nucleus ») et MedEl de l'Autriche (le « MedEl ») ; ainsi qu'un quatrième fabricant, français, Neurelec avec le « Digisonic », fournissant uniquement l'Europe.

Le nombre de centres implanteurs en France était de 25 en 2005. Ils étaient appointés et subventionnés par une organisation gouvernementale (la Direction de l'Hospitalisation et de l'Organisation des Soins (DHOS)) en 2001, du fait de leur productivité considérable dans le marché national de l'implantation cochléaire (rapport de la Haute Autorité de Santé de 2007). Ces chiffres étaient comparables à ceux de l'Allemagne (25 centres) et de l'Angleterre (22) et se situent entre les nombres de la Belgique (10) et de l'Italie (40). Aujourd'hui le nombre moyen d'implantations par centre est au même niveau qu'en Angleterre, plus élevé qu'en Italie (14) et en Belgique (10), mais moins élevé qu'en Allemagne (48). Selon Euro-CIU, l'association des implantés cochléaires en Europe, le nombre d'implantés en 2009 en France est près de 800 dont un tiers sont des enfants. Cela implique un nombre d'environ 120 implantés sur un million d'habitants, comparable à celui de la Finlande, de l'Italie et du Luxembourg, mais plus élevé que, par exemple, celui de la République tchèque (50 par million) et de la Turquie (60) et moins élevé que celui de l'Angleterre (148), de la Belgique (185), des Pays-Bas (198), de l'Allemagne (270) et de l'Autriche (240) (<http://eurociu.implantecochlear.org>). Le taux actuel d'implantation en France est donc relativement bas par rapport à la taille de l'économie du pays.

Les principaux obstacles contre l'IC ne sont à ce jour pas de nature technique, financière ou scientifique mais d'ordre sociologique. La communauté sourde trouve que la surdité n'est pas un défaut à redresser. Faire d'un sourd un entendant est considéré le priver d'une partie de son

identité. Il ne sera plus un membre de la communauté sourde, puisqu'il n'est plus sourd. Mais il ne sera pas non plus un entendant, parce que l'IC ne reconstruit pas parfaitement l'ouïe. Ce point de vue est formulé par Benoît Drion, responsable du Pôle de santé Sourd LSF (Langue de Signes Française) de la région Nord pas de Calais :

L'intégration des enfants sourds parmi des enfants entendants les prive, aujourd'hui plus qu'hier encore, de tout lien social avec d'autres enfants sourds et d'accès à la langue des signes. Les performances auditives permises par les implants cochléaires (lorsqu'ils réussissent) font de ces enfants sourds, ce qu'il faut bien appeler des oralistes exclusifs. Ces enfants sont victimes du syndrome de l'enfant calque. Au moment même où la société s'ouvre à la langue des signes (reconnaissance officielle), il n'y a sans doute jamais eu une proportion aussi importante d'enfants sourds qui en soient totalement privés. (<http://bdrion.over-blog.net/article-17244332.html>, 29-12-2011)

Ce genre de critiques éthiques est souvent formulé par les personnes sourdes non-implantées. En fin de compte, l'implantation est un choix, offert à ceux qui espèrent que, par rapport à la situation sans (ou presque) aucune sensation et ce uniquement dans la communauté de personnes sourdes, leur vie sera améliorée par des sensations auditives et une inclusion (même si potentiellement partielle) dans la communauté des entendants. La France est un pays intéressant parce que c'est dans ce pays que se trouve le berceau de l'IC (Seitz, 2002) et que de grandes innovations y ont eu lieu. Il y a même un constructeur national ce qui n'est pas le cas pour d'autres pays (les États-Unis, l'Autriche et l'Australie). En revanche, l'opposition sociale y est considérable et le nombre d'implantations par million d'habitants est relativement faible.

Cette étude est consacrée aux recherches scientifiques sur la performance linguistique de locuteurs français de tout âge. Son but est de classer et compter les recherches selon leurs sujets et méthodologies afin de trouver quels sujets et quelles méthodologies sont plus représentés que les autres. Cela nous permettra de conclure quel type de recherche mérite plus d'attention dans les études futures. Dans la deuxième partie de ce mémoire, nous menons une expérience qui sert à compléter les recherches revues dans la première partie. Il s'agit d'un sujet de recherche qui, pour autant que nous le sachions, n'a jamais été étudiée, à savoir la reconnaissance d'accents étrangers avec la simulation d'un IC.

## 2. La recherche linguistique sur les implantés cochléaires

### 2.1. Une typologie des études

La recherche sur la performance linguistique des utilisateurs d'IC peut être subdivisée à l'aide de plusieurs critères représentant autant de dimensions.

- 1) *La perception ou la production de la langue.* La perception concerne la mesure dans laquelle un implanté arrive à auditivement distinguer certains contrastes linguistiques, comme différents sons, mots ou différentes structures prosodiques. La production concerne l'utilisation active de la langue, c'est-à-dire la qualité de la prononciation de sons, de mots et de phrases, les caractéristiques phonétiques de la voix, l'intelligibilité de la parole pour des auditeurs et la grammaticalité et le niveau du langage.
- 2) *La qualité ou la quantité.* La recherche peut soit se concentrer sur le jugement (subjectif) de la différence de la langue de l'implanté avec un locuteur dont l'audition est normale, soit sur la mesure exacte des différences. Le jugement subjectif est obtenu en réponse à des questions du genre « du langage bien intelligible » ou « une voix très rauque ». La mesure exacte est exprimée par exemple en termes phonétiques (comme la fréquence fondamentale moyenne de la voix) ou en nombre moyen de mots par phrase. Cette distinction porte surtout sur la production de la langue, la recherche perceptive étant plutôt de nature quantitative.
- 3) *Le niveau structurel linguistique.* On peut mesurer la performance de différentes unités linguistiques, comme le trait phonologique, le phonème, le morphème, le mot, la phrase et le langage en général.
- 4) *Recherche simple, longitudinale ou transversale.* Dans la recherche simple, les sujets sont testés une seule fois et leur développement n'est pas étudié. La recherche longitudinale est une méthodologie où les mêmes sujets sont testés à plusieurs occasions dans différents stades de leur développement. La méthodologie transversale est une étude où des sujets qui sont à différents stades sont testés une fois, la comparaison entre eux permettant de tirer des conclusions sur l'évolution longitudinale.
- 5) *Langage vocodé ou non.* Les recherches perceptives peuvent être divisées en deux catégories : celles avec ou sans l'emploi d'un vocodeur. Un vocodeur est un logiciel qui transforme les sons d'une façon qui imite la manière dont un

implanté traite le signal. Cette méthode a au moins deux avantages : (1) le chercheur peut manipuler ce que les sujets entendent, par exemple en imitant le nombre d'électrodes ou la fréquence de base de la stimulation d'un certain type d'implant ; (2) on peut tester des sujets normoentendants, qui forment une population beaucoup plus vaste et médicalement plus uniforme.

Beaucoup de linguistes, audiologistes et médecins partout dans le monde ont effectué des recherches selon l'une ou l'autre de ces dimensions. Le but général de ce type de recherches est d'identifier les traits (démographiques, psychologiques, étiologiques et audiologiques) des patients qui sont en corrélation avec leurs performances linguistiques. Les informations que nous en tirerons pourront aider les fabricants à innover, et à identifier quels types d'IC sont les plus appropriés pour différents patients.

## **2.2. La méthode de recherche**

Nous avons exploré la littérature scientifique en cherchant des publications parues dans des revues scientifiques soumises à l'évaluation par des pairs jusqu'en 2010 (le moment où cette étude a été menée), rapportant des études sur la performance linguistique de francophones utilisant un IC (ou une simulation). Les sujets devaient être des locuteurs natifs du français et les aspects de leur production devaient avoir été observés ou leur perception ou compréhension de certains énoncés français devait avoir été testée par des chercheurs en France. Vu que nous nous concentrons sur le français et non sur la perception du langage en général, nous n'avons pas inclus les études dans lesquelles le français même n'était pas l'objet de l'étude, même si des locuteurs français étaient impliqués dans ces études. Cela inclut, par exemple, les études qui portent sur la parole vocodée où les stimuli ne sont pas forcément français mais des séquences de sons qui n'appartiennent pas à une langue spécifique, et les études sur la compétence en lecture. Bien qu'intéressantes sous d'autres perspectives, nous considérons ces recherches comme étant trop indirectement liées au problème central des implants cochléaires, c'est-à-dire les répercussions que l'implantation a sur la production et la perception de la parole.

Pour obtenir ces résultats, nous avons eu recours à quelques grands moteurs de recherche digitaux spécialisés dans les publications scientifiques : Google Scholar, Web of Science et PubMed. Le premier fonctionne de façon comparable au site général de Google, mais ne retourne que des publications académiques comme les livres, les articles scientifiques et des thèses ([www.google.com/scholar](http://www.google.com/scholar)). Le moteur couvre la plupart des revues américaines et européennes y compris les revues en accès libre. Les articles sont classés par un algorithme qui privilégie et fait

apparaître en tête de liste les articles pour lesquels le nombre de citations est important. Web of Science est l'index principal de citations scientifiques multidisciplinaire mondial (<https://apps.webofknowledge.com>) et son accès est restreint à des institutions de recherche. L'index recense les publications de plus de 11.000 revues scientifiques et de plus de 110.000 actes de conférences depuis 1900, mais exclut les publications apparues dans un format autre que des revues, comme les livres ou les thèses. PubMed est un moteur spécialisé dans les domaines de la biologie, la psychologie et les médecines, un catalogue qui englobe plus de 21 millions d'entrées apparues depuis 1966 (avec quelques exceptions) jusqu'à aujourd'hui (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed>). PubMed est utile pour la présente étude parce que l'implantation cochléaire et la réhabilitation (linguistique) suivant l'opération sont des phénomènes médicaux. Les principaux termes de requête utilisés pour cette étude sont *implants cochléaires*, *cochlear implants*, *vocoder* et *vocoded* (tous sans guillemets). Étant donné que le fonctionnement des moteurs est ainsi que les résultats peuvent inclure les liens ou les termes de requêtes qui se trouvent non dans le titre de l'article mais dans le résumé, les mots clés ou parfois même le corps du texte entier, nous sommes certains d'avoir capté la plupart des publications écrites en anglais portant sur le français sans que le mot « french » figure dans le titre. En tant que contrôle secondaire, nous avons également utilisé les requêtes *implant cochleaire parole*, *implant cochleaire langue*, *implant cochleaire langage*, *implant cochleaire voix*, *implant parole*, *implant langue*, *implant langage* et *implant voix*. Après l'interrogation de ces dépôts digitaux nous avons parcouru les bibliographies des articles collectionnés afin de capter des publications qui n'auraient pas été trouvées sur nos recherches utilisant l'Internet.

Cette méthode a fourni une liste quasi-complète des articles scientifiques sur la compétence linguistique des locuteurs français, publiés entre 1966 et 2011. Nous avons exclu, évidemment, les articles non-publiés, les articles publiés ailleurs ou pendant une période non couverte par Google Scholar, Web of Science et PubMed, (des articles parus dans) des livres, des thèses et des mémoires. Les articles plus anciens ont plus de chances d'avoir échappé à la requête, dû à la couverture plus restreinte des moteurs de recherche pour les périodes antérieures. Cependant, étant donné que la couverture de PubMed après 1966 est assez complète et qu'il y a eu peu d'activité pendant les 25 premières années de l'implantation cochléaire (environ de 1957 au début des années 80) nous n'avons raté que peu de publications.

### 3. Résultats de la revue

Les requêtes ont engendré 38 publications, dont 26<sup>2</sup> sont des textes intégraux et dont 12 sont des textes non-intégraux. Au lieu de poursuivre des itinéraires non digitaux, nous nous sommes contentés de nous servir d'un résumé ou d'un titre pour connaître le contenu de l'article et savoir si la publication en question concerne suffisamment le français. Les affiliations situées dans la francophonie sont des centres médicaux, des centres de recherche (comme l'INSERM et le CNRS), des universités (notamment Paris Descartes) et une École Normale Supérieure à Paris, Lyon, Toulouse, Liège, Montréal, Bruxelles et Montpellier. Douze des 38 articles sont rédigés en français, les autres en anglais. Huit des 12 articles français font partie de la liste des publications dont nous n'avons pas le texte intégral.

Les revues dans lesquelles les articles sont publiés ainsi que les nombres d'articles dans chaque revue sont énumérés dans le Tableau 2 ci-dessous. La plupart des revues se situent dans le domaine médical. Il s'agit des spécialités de l'otologie (l'étude de l'oreille), l'audiologie (l'étude de l'ouïe) et de l'orthophonie. Quelques périodiques ont un sujet moins clinique mais plutôt cognitif ou linguistique, à savoir « Brain and Cognition », « Brain Research », « Journal of Neurolinguistics » et « Speech communication ». Une dernière catégorie comprend « Enfance », « Handicap-Revue de Sciences Humaines et Sociales », « Journal of Deaf Studies and Deaf Education » et « Speech communication », qui sont des revues avec un thème plus général couvrant des aspects cliniques et cognitifs comme des aspects théoriques et appliqués. Supposant que les revues reflètent les expertises des auteurs, nous constatons que la grande majorité des articles ont été écrits par des scientifiques médicaux, et par des linguistes (cliniques).

Dans ce qui suit, nous catégorisons ces articles selon la typologie donnée dans la section 2.1 ci-dessus. Nous appelons une *étude* chaque partie d'une publication qui comporte une analyse séparée. Par exemple, une seule publication peut rapporter deux différentes manipulations expérimentales ou une manipulation expérimentale et une analyse d'un aspect de la production de la langue des sujets. Il s'agit donc d'analyses isolées de différents aspects de la publication. Les 25 publications en texte intégral comprennent 44 différentes études. Quant aux publications non trouvées, nous n'en avons pas pu estimer dans tous les cas avec certitude le nombre d'études. Dans ce groupe, nous avons compté deux études dans une publication (Rochette et Plourde, 1988) et quatre dans une autre (Seeger et al., 1993) ; aux autres nous avons assigné une seule étude.

---

<sup>2</sup> Les 38 publications revues sont marquées d'un astérisque dans la bibliographie; les 26 publications trouvées en texte intégral sont marquées par un double astérisque.

**Tableau 2.** Nombre de publication par revue.

Revue	Nombre d'articles
Acta Oto-Laryngologica	1
Advances In Oto-Rhino-Laryngology	1
American Journal Of Otology	2
Annales D'oto-Laryngologie Et De Chirurgie Cervico Faciale : Bulletin De La Société D'oto-Laryngologie Des Hopitaux De Paris	1
Annals Of Otology Rhinology And Laryngology	1
Archives Of Otolaryngology-Head & Neck Surgery	1
Audiology	1
Brain And Cognition	2
Brain Research	1
Clinical Linguistics & Phonetics	1
Cochlear Implants International	1
Enfance	1
Handicap-Revue De Sciences Humaines Et Sociales	1
Hearing Research	2
International Journal Of Pediatric Otorhinolaryngology	5
Journal d'Études Sur La Parole	1
Journal Of Deaf Studies And Deaf Education	2
Journal Of Otolaryngology	2
ORL-Journal For Oto-Rhino-Laryngology And Its Related Specialties	1
Otology & Neurotology	1
Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America	1
Reeducation Ortophonique	1
Revista De Logopedia, Foniatria Y Audiologia	1
Revue De Laryngologie - Otologie - Rhinologie	3
Société Royale Belge D'oto-Rhino-Laryngologie Et De Chirurgie Cervico-Faciale	1
Speech Communication	1
XXIVèmes Journées d'étude Sur La Parole, Nancy, 24-27 Juin 2002	1

1) *Les études sur la perception ou la production de la langue*

Quarante-quatre études, réparties sur 24 articles, sont classifiables selon la perception de la langue. Vingt-huit études, regroupant 18 articles, concernent la production. Cinq études reflètent un point de vue plus général : une étude dans Bouton et al. (2011) ainsi que l'étude de Willems & Leybaert (2009) portent sur l'empan phonologique (une mesure cognitive); une étude dans Uziel et al. (2007) concernant l'évaluation rétrospective des performances académiques au niveau de la langue et d'autres matières ; et un test préétabli dans Duchesne et al. (2009) traitant toutes sortes de compétences linguistiques perceptives et productives (le « Reynell Developmental Language Scales » ; Reynell et Gruber, 1990). Finalement, Cochard et al. (1998), dans une étude longitudinale, suit le développement du langage dans un sens général de ses 21 sujets appariés.

### *2) Les études quantitatives et qualitatives*

Nous catégorisons 37 études (divisées sur 18 différentes publications) comme des analyses de « qualité » et 41 (23 publications) comme des analyses de « quantité ». Sept études sont non classifiables à cause de l'absence du texte intégral. Les nombres d'analyses qualitatives et quantitatives sont donc comparables.

### *3) Les études selon les différents niveaux structurels linguistiques*

Le Tableau 3 montre les niveaux linguistiques investigués dans les études revues, ainsi que les nombres d'occurrences de chaque niveau et les pourcentages du total dans l'ensemble des études. Nous avons déterminé ces niveaux en établissant quelle unité linguistique constitue l'objet de recherche principal d'une étude. Dans ce paragraphe, nous en traitons les définitions séparément.

Quant au niveau des phonèmes, nous le prenons au sens phonologique, c'est-à-dire qu'il ne s'agit non pas de segments (consonnes ou voyelles) linguistiques quelconques mais de sons qui ont un statut contrastif dans l'inventaire phonologique de la langue. Afin d'établir ce statut contrastif, les chercheurs ont demandé aux sujets d'indiquer s'ils entendaient une différence entre deux phonèmes ou, du côté de la production, les chercheurs en évaluaient l'écart ou la similarité de leur prononciation avec la prononciation modèle de normoentendants. Nous définissons les syllabes comme des unités non-lexicales, dépourvues de sens mais qui sont gouvernées par des règles phonotactiques de la langue. Les lexèmes monosyllabiques sont considérés comme des mots. Les phrases sont définies comme des unités qui consistent de plusieurs mots. Les énoncés peuvent consister d'un seul ou de plusieurs mots. Par exemple, Le Normand et al. (2003) ont compté le nombre d'énoncés différents dans un échantillon de langage spontané de leurs sujets. La prosodie fonctionne indépendamment du niveau des segments et pour cette raison elle fait part d'une analyse séparée. La plus large unité linguistique est le discours. Cela a été étudié dans Uziel et al. (2007), qui ont compté le nombre de mots correctement répétés par des sujets après avoir entendu un discours de quelques phrases. Le niveau de la voix concerne l'analyse phonétique des productions verbales. Le niveau « général » concerne des analyses qui ne s'appliquent pas à une strate linguistique spécifique ; il s'agit par exemple de l'intelligibilité globale, la fluidité verbale, d'une évaluation de la grammaire ou d'une analyse dans laquelle toutes sortes de structures sont considérées comme un tout.



**Tableau 3.** Liste, nombres d'occurrences et pourcentages du total, des niveaux structurels linguistiques des 38 articles.

Niveau linguistique	Nombre d'occurrences	% du total
Phonèmes	13	16,4
Syllabes	2	2,5
Morphèmes	1	1,3
Mots	24	30,4
Phrases	7	8,9
Énoncé	1	1,3
Prosodie	3	3,8
Discours	1	1,3
La voix	3	3,8
Général	19	24,1
Inconnu	5	5,6

D'après les données rassemblées dans le Tableau 3 nous voyons que les chercheurs ont une préférence pour les niveaux des phonèmes, des mots et des phrases. Tout d'abord, les phonèmes font partie des unités les plus recherchées par les linguistes et les médecins dans le monde car ils sont souvent utilisés pour mesurer les capacités des implantés à détecter les contrastes minimaux nécessaires pour comprendre le langage. Les hôpitaux et les centres de réhabilitation en considèrent la capacité à détecter les phonèmes comme une des mesures centrales de la réussite d'une implantation. Ensuite, les analyses de mots consistent notamment d'identifications dans la classe de mots ouverte, la classe fermée (à l'aide de questionnaires à choix multiple), la richesse du vocabulaire et l'intelligibilité des mots (c'est-à-dire, la mesure dans laquelle des auditeurs peuvent reconnaître les mots prononcés par les sujets). Les mots constituent aussi une classe appropriée pour qualifier les compétences linguistiques des appareillés, parce que leur perceptibilité ne dépend pas trop du contexte linguistique et fait donc appel à l'audition sans perdre la nature linguistique et donc fonctionnelle de l'opération. Finalement, la phrase est une construction plus fonctionnelle ; un auditeur, guidé par l'information sémantique et pragmatique, a moins besoin d'information auditive de bonne qualité pour la comprendre que pour les autres niveaux. Pour ce niveau donc par rapport aux niveaux plus bas, on ne s'attend pas à beaucoup de problèmes dans les performances des implantés.

En ce qui concerne le niveau linguistique général, les études vont encore plus dans la direction de la fonctionnalité, et tentent de savoir comment s'en sortent les implantés dans un discours, comment ils comprennent leur interlocuteur, comment ils se font comprendre et comment la qualité de leur production orale est naturelle. Prenant cette perspective, il est important que les analyses de ce niveau constituent le sujet d'un grand nombre de recherches.

Le niveau de la voix et de la prosodie sont sous-représentés dans les études revues. En ce qui concerne la voix, tout d'abord, quand elle est non naturelle, elle trahit la déviation instantanément et peut en outre compromettre l'intelligibilité. Comme nous l'avons expliqué dans l'introduction, une voix anormale est une conséquence logique d'une atteinte auditive, dû au manque de rétroaction auditive normale qui empêche que l'individu puisse bien comparer sa voix à celles d'autres locuteurs. Il est donc nécessaire de savoir quelles sont les répercussions d'une audition déviante sur la voix et la parole afin de comprendre les liens entre les deux facettes de la communication verbale. Ensuite, la prosodie peut varier selon un nombre de dimensions acoustiques : la dimension d'intensité (l'amplitude), la dimension spectrale (les fréquences) et la dimension temporelle (pauses et rythme). Étant donné qu'un implant cochléaire traite ces dimensions de façons et de qualités différentes, il est très intéressant et crucial de savoir comment ces traitements affectent la perception et la production de la prosodie. Cela nous fournit une manière de tester fonctionnellement certaines dimensions acoustiques. C'est notamment la dimension spectrale, linguistiquement utilisée pour l'intonation et pour les tons lexicaux (dans les langues tonales), qui cause le plus de problèmes pour les implantés.

#### 4) *Études simples, linguistique et transversales*

Vingt-six études (réparties sur 14 différentes publications) sont simples, 38 (17 publications) sont longitudinales et 14 (9 publications) sont inconnues. Tout d'abord, les études simples utilisent plus souvent des patients entre 5 et 15 ans que des adolescents et des adultes – une tendance facile à comprendre étant donné que le développement du langage est plus crucial chez les jeunes apprenants.

Ensuite, nous observons une absence d'études transversales dans la liste d'études revues. Ces études sont rares dans la littérature mondiale sur le développement linguistique d'implantés cochléaires, mais elles existent néanmoins. Souvent, il est difficile d'avoir à sa disposition un échantillon de patients qui peuvent être suivis pendant une période de quelques années. Ceci est souvent remédié par une approche transversale qui consiste à tester des patients appartenant à différentes catégories d'âge en même temps. La recherche transversale souffre de beaucoup de problèmes méthodologiques, dont notamment celui d'interpréter des différences entre les performances d'individus de différents âges en termes d'un développement d'un seul individu. Ainsi, le fait que la recherche française se concentre sur les études longitudinales est une situation scientifiquement désirable.

Dans ce type d'étude, l'étude longitudinale, les chercheurs ne veulent pas seulement savoir comment les implantés diffèrent des normoentendants mais également de quelle manière leur déviation se développe. Quand la déviation diminue en fonction de la durée de l'utilisation de

l'implant, on peut considérer la déviation comme un délai (c'est-à-dire, un écart quantitatif) ; quand la déviation ne diminue (presque) pas, la déviation est plutôt une vraie déviation (c'est-à-dire, un écart qualitatif). Un délai est moins sévère qu'une déviation et demande un autre type de réhabilitation. De plus, il est dans l'intérêt du patient d'accélérer autant que possible le rattrapage afin de minimaliser les risques de rater des périodes critiques de l'acquisition. Les périodes pendant lesquelles le développement a été suivi dans les articles revus varient ; les analyses sont généralement entamées le plus tôt possible après l'implantation et le suivi le plus long s'étend sur 10 ans (Uziel et al. 2007). La plupart des périodes varient entre 24 ou 36 mois de suivi. Dans ces études, les patients sont généralement testés chaque 3, 6 ou 12 mois. Le suivi de Uziel et al. (2007) et la recherche de Rouger et al. (2007) sont les seules études qui dépassent les cinq ans ; dans le cas de Uziel et al. (2007) il s'agit d'un suivi de leur propre recherche commencée dix ans auparavant (Uziel et al., 1996). Rouger et al. (2007) ont suivi leurs 97 participants pendant huit années.

#### 5) *Études avec ou sans langage vocodé*

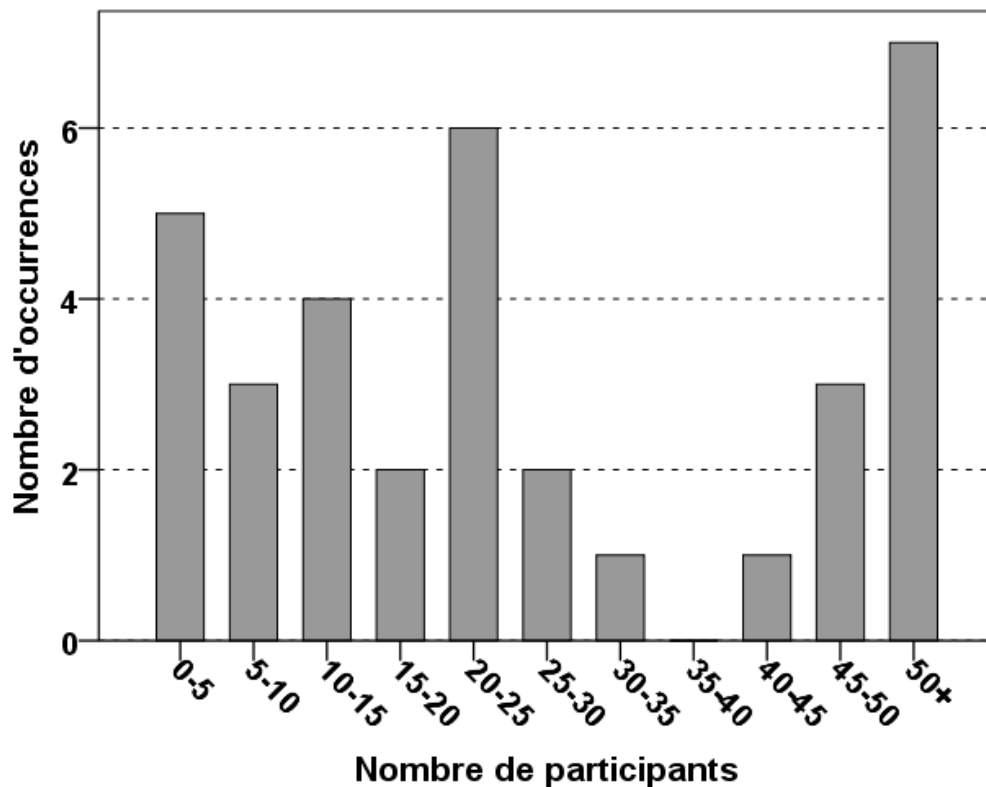
Quarante-quatre études (dans 3 publications) de la liste revue utilisent des stimuli vocodés contre 75 études (dans 38 publications) qui n'en font pas usage, et une étude utilise une méthode inconnue. Il est donc clair que le nombre d'études utilisant les stimuli vocodés est limité. Par contre, ce type d'étude est fréquent dans la littérature mondiale car elle permet de manipuler l'entrée auditive des participants et donc de découvrir les paramètres dans le signal qui sont perceptibles. Un autre avantage est qu'on peut tester des sujets normoentendants, qui forment un groupe à la fois plus hétérogène et plus large.

#### 6) *Les études selon les autres facteurs et les conditions méthodologiques*

Nous nous tournons finalement vers les facteurs méthodologiques suivants : le nombre de participants, le type de groupe de contrôle, l'âge chronologique des patients, l'âge d'implantation, la cause de la surdité, et le type de l'implant. L'éducation (par exemple, une école conventionnelle ou une école spécialisée pour les sourds) et la question si les parents des sujets sont entendants ou sourds sont également importantes, mais les auteurs n'incluent ce genre d'information que très rarement. Les chiffres donnés sont valables pour les publications dans leur totalité plutôt que pour chaque étude, puisque les participants ne changent pas d'une étude à une autre dans le même article.

*Le nombre de participants.* La Figure 1 montre la distribution des nombres d'occurrences des nombres de participants, divisés en catégories de cinq. Les articles qui n'indiquent pas les nombres de participants ont été exclus. Les nombres de participants dans les 7 publications de la dernière catégorie (50 et plus) sont les suivants : 50, 64, 66, 82, 97 et « plus que 100 » (Seeger et al., 1993).

*Le type de groupe de contrôle.* Des 32 articles pour lesquels nous connaissons les données pertinentes sur l'utilisation d'un groupe de contrôle, 19 n'ont pas employé un groupe de contrôle afin de contrebalancer la cohorte de participants expérimentaux. La plupart des recherches ayant recours à un grand groupe de patients (50 et plus) entrent dans cette catégorie. L'étude conduite par Gaudrain et al. (2007) n'a pas dû employer un groupe de contrôle parce qu'il s'agissait d'une étude utilisant des stimuli vocodés nécessitant uniquement des participants normoentendants. Deux études se servent de données normatives préexistantes au lieu de tester un groupe de participants normoentendants. Les autres études utilisent soit un groupe de normoentendants ou, dans un seul cas (Lejeune & Demanez, 2006), des utilisateurs d'une aide auditive conventionnelle. Dans ces études, les participants expérimentaux étaient contrebalancés, en moyenne, par un nombre comparable de participants de contrôle.

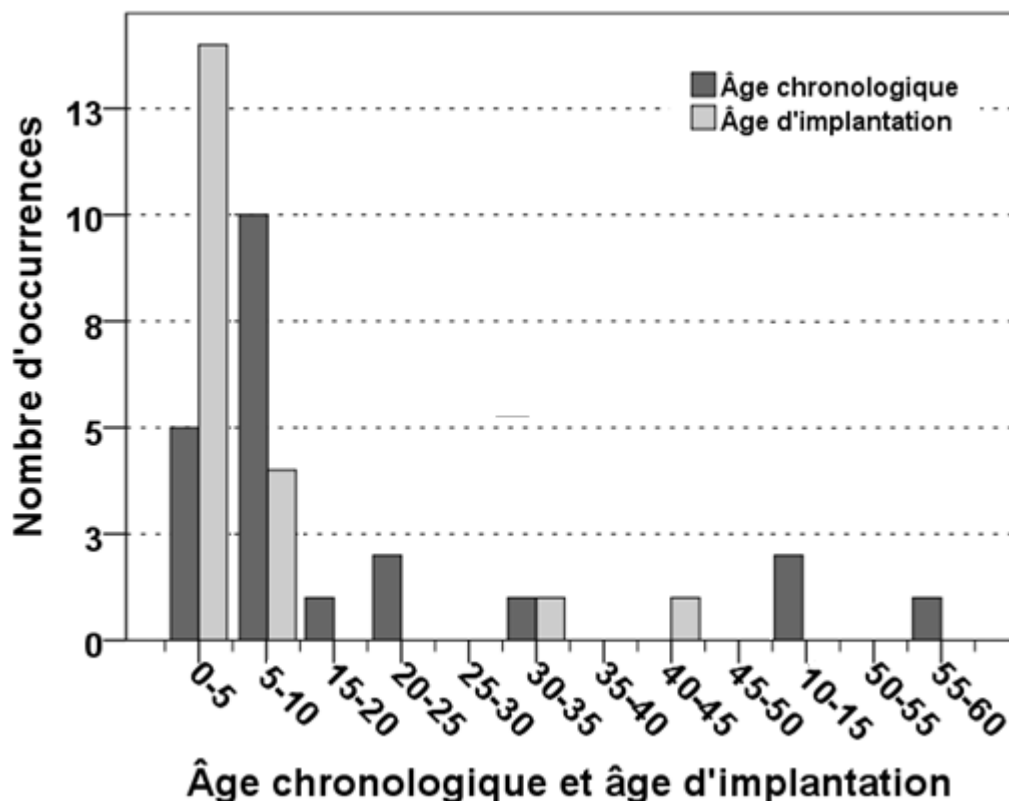


**Figure 1.** Les nombres d'études employant différents nombres de participants, divisés en groupes de cinq.

Parmi les 26 articles en texte intégral, 8 prennent soin d'explicitement les caractéristiques des participants (de contrôle et expérimentaux) que les auteurs ont contrôlés. Un article (Lejeune & Demanez, 2006) mentionne que les personnes dans le groupe de contrôle étaient des utilisateurs

d'une aide conventionnelle et qu'ils avaient un QI et de capacités psychomotrices comparables à ceux des implantés. Dans Bouton et al. (2011) une partie du groupe de contrôle, qui était divisé en deux selon la présence ou l'absence d'expérience avec Cued Speech, avait été contrôlée pour l'âge de lecture et l'autre partie pour l'âge chronologique. Bouton et al. (2012) ont choisi leurs sujets de contrôle selon la correspondance entre leur âge auditif et celui des patients, c'est-à-dire l'âge à partir duquel l'individu est capable d'entendre. Cela correspond à la date de naissance pour les normoentendants et la date de l'implantation pour les patients, respectivement. Willems & Leybaert (2009) ont fait en sorte que l'âge et le sexe des participants soit comparable. Quelques études qui n'ont pas utilisé un groupe de contrôle ont quand même pris soin d'appliquer des critères d'inclusion pour le groupe expérimental ; les critères les plus fréquents sont le QI, l'absence de problèmes physiques, mentaux et psychologiques et la capacité à reconnaître des mots à un certain niveau.

*L'âge chronologique et l'âge d'implantation des patients.* La Figure 2 montre les nombres d'occurrence de quelques catégories d'âges chronologiques et d'âges d'implantations moyens des patients rapportés dans les 26 articles en texte intégral.



**Figure 2.** Les nombres d'occurrences des catégories d'âge chronologique (de 22 articles) et d'implantation (20 articles) moyens des sujets (tous les âges).

L'âge moyen réfère à l'âge moyen de tous les participants dans une étude donnée. Il convient de noter que les études qui ont employé un grand nombre de participants valent autant que ceux qui ont employé un nombre moins élevé de participants ; il s'agit simplement du choix fait par les chercheurs en ce qui concerne l'âge des sujets. Quelques publications ne fournissent pas l'âge moyen des participants. Dans ces cas-là nous nous sommes trouvés obligés de l'estimer en prenant le moyen entre les âges des participants le plus jeune et le plus âgé.

Une gamme d'âges assez large est représentée dans l'ensemble des recherches mais nous notons deux préférences d'âges : les adolescents jusqu'à 25 ans et les enfants jusqu'à 10. Parmi les enfants ayant moins de dix ans, les âges chronologiques sont plus élevés que les âges d'implantation.

*La cause de la surdité.* Dans les recherches où la cause de la surdité est rapportée, il s'agit dans la majorité des cas d'une surdité congénitale, ce qui veut dire que les participants sont tous sourds à la naissance. Si la surdité n'est pas congénitale, elle est le plus souvent prélinguistique, ce qui correspond plus ou moins (en fonction de la définition de chaque chercheur)   l'âge en dessous de trois ans.

*Le type de l'implant.* Des 19 articles, 4 d'entre eux avaient des patients munis d'un implant d'Advanced Bionics, 1 une fois un implant de Symbion, 5 fois un implant de Neurelec et 16 fois un implant de Nucleus, où une étude peut employer, soit, des participants tous portant des implants du même fabricant, soit des participants portant des implants de différents fabricants. Deux études ont recruté des participants qui utilisaient des implants de trois différents fabricants, et trois autres études en ont employé deux. Douze des études que nous avons collectées ne fournissent pas de renseignements sur les fabricants de l'implant utilisé par les participants. Les deux études qui utilisent un vocodeur ne donnent pas non plus de renseignements à propos des constructeurs. Nucleus et Advanced Bionics sont amplement représentés dans les études. Les implants de Nucleus y figurent le plus fréquemment de tous les fournisseurs, ce qui n'est pas surprenant étant donné que ce fabricant est le leader du marché. Neurelec est sous-représenté ; ce fournisseur est apparemment peu étudié en France, ce qui est remarquable étant donné qu'il s'agit d'une entreprise française. L'absence du troisième constructeur mondial, MedEl de l'Autriche, est également surprenante. Il est possible que ce fabricant soit peu étudié en France parce qu'il est traité comme un concurrent sur le marché européen.

### **Matrice des classes principales**

La matrice de la Figure 6 ci-dessous présente un aperçu des nombres d'occurrences de quelques combinaisons de caractéristiques dans les articles dont nous avons rassemblé les données

pertinentes. Nous n'avons pas inclus les facteurs méthodologiques ni les facteurs supplémentaires (les classes 6 et 7 de la typologie) parce qu'ils sont comptés pour chaque article au lieu de chaque étude. Nous notons les principaux résultats de cet aperçu.

1) Tout d'abord, la plupart des articles de la classe « qualité » ont étudié la production, tandis que la plupart de ceux de la classe « quantité » se sont occupés de la perception. Cette distribution est logique puisque le traitement des données productives demande plus d'interprétation de la part des chercheurs alors que les tests perceptifs permettent d'exprimer les résultats en termes de chiffres, comme le nombre de fois qu'un participant a pu entendre la différence entre deux phonèmes.

Classe	Sous-classe	Perception/ Production/ Général		Qualité/ Quantité		Niveau structurel									Type de recherche		
		Perception	Production	Général	Qualité	Quantité	Phonèmes	Syllabes	Mor- phèmes	Mots	Énoncé/ phrase	Discours	Prosodie	Voix	Général	Simple	Longitu- dinale
Qualité/ Quantité	Qualité	8	21	3													
	Quantité	30	9	2													
Niveau structurel	Phonèmes	12	1	0	2	10											
	Syllabes	3	0	0	0	3											
	Morphèmes	0	2	0	1	0											
	Mots	13	9	2	9	15											
	Énoncé/phrased	4	2	0	1	5											
	Discours	0	1	0	1	0											
	Prosodie	1	1	0	1	0											
	Voix	0	3	0	1	2											
	Général	11	11	2	15	3											
Type de Recherche	Simple	17	3	2	10	16	6	3	0	10	0	0	1	1	5		
	Longitudinal	17	24	2	21	18	4	0	1	15	5	1	0	0	11		
Vocodeur	Oui	2	0	0	0	3	1	0	0	2	0	0	0	0	0	3	0
	Non	44	30	4	32	36	12	3	1	24	5	1	2	3	21	24	39

Figure 3. Matrice du nombre d'occurrences des combinaisons des classes principales de la typologie de la littérature.

2) Parmi les niveaux structurels les plus fréquents – les phonèmes, les mots et le niveau « général » – seuls les phonèmes ont été distribués très inégalement entre perception et

production. C'est-à-dire, nous notons beaucoup plus de publications concentrées sur la perception des phonèmes que sur leur production. Bien que ce soit la tendance dans la littérature mondiale, nous trouvons que les chercheurs ont ainsi raté l'occasion d'étudier des phénomènes intéressants, comme la question de quels indices temporels servent à distinguer quels traits phonologiques.

3) Les études de production sont plus souvent des études longitudinales que des études simples. Ceci explique que les chercheurs ne sont pas intéressés par la production telle qu'elle se présente à un moment donné, mais plutôt par la façon dont elle se développe. Cependant, il n'est pas clair pourquoi on n'investiguerait pas autant la production dans une étude simple en la comparant à la production de normoentendants. Apparemment, la perception et le développement sont considérés comme des thèmes plus importants.

4) Finalement, nous notons une dominance des études quantitatives dans l'étude des phonèmes et des mots qui contraste avec un plus grand nombre d'études qualitatives dans l'étude du niveau général. En effet, les études perceptives se prêtent bien à fournir des données quantitatives alors que l'étude du niveau général produit des données plutôt quantitatives car elles sont liées à une interprétation spécifique.

#### **4. Résultats scientifiques des publications revues**

Nous présentons les résultats scientifiques des articles en texte intégral. Dans la plupart des études il s'agit d'une comparaison entre les compétences ou la performance d'un groupe de personnes portant un IC et d'un groupe de contrôle normoentendants ou porteurs d'une aide conventionnelle. Il est important d'observer qu'un IC stimule la perception et la production de la parole mieux qu'un appareil amplificateur, même si le patient est plus sourd. En effet, en règle générale, les performances des implantés sont plus élevées que celles des personnes portant un appareil conventionnel mais moins élevées que celles des normoentendants. Ce résultat est exemplifié dans une étude de Lejeune & Demanez (2006), qui ont rapporté que la reconnaissance de mots monosyllabiques, disyllabiques et de mots compris dans des phrases est beaucoup plus exacte pour les 22 implantés (avec un âge moyen de 7 ans) que pour les 14 participants avec des âges comparables portant un appareil conventionnel. Le développement de la performance des implantés pendant cinq ans suivant l'implantation au test Category of Auditory Perception (Catégorie de la Perception Auditive, une échelle de huit points) allait de 2,5 à plus de 6, tandis que la performance des porteurs d'un appareil conventionnel augmentait d'environ 3,5 à environ 4,5. Une différence pareille vaut pour la mesure du Speech Intelligibility Rate (le Taux de l'Intelligibilité



de la Parole, une échelle de six points) où les implantés se sont développés d'un score de 1,5 à 4,0 alors que le score des contrôles augmentait de moins de 2,0 à environ 2,3. Les utilisateurs des appareils conventionnels commencent donc à un niveau plus élevé, mais leur développement va plus loin que celui des implantés.

Plusieurs chercheurs ont étudié la question de savoir si l'âge d'implantation affecte les résultats des patients implantés en fonction de l'âge auquel l'implantation a eu lieu. Dans une étude séminale, malgré l'absence d'un groupe de contrôle, Uziel et al. (2007) ont mené un suivi d'une recherche commencée dix ans avant, incluant aussi un moment de test à l'âge de cinq ans (Uziel et al, 1996). Les 82 sujets dans Uziel et al. (2007), divisés en un groupe de patients implantés avant l'âge de quatre ans (les jeunes implantés) et un groupe implanté après cet âge (les vieux implantés), ont passé un nombre de tests linguistiques préétablis et ont été évalués sur quelques paramètres mesurant leur réussite académique. Les résultats montrent l'effet positif de l'implantation. Tout d'abord, la majorité des implantés (96%) portaient toujours leur appareil dix ans après l'étude d'origine du suivi. Ensuite, 79% d'entre eux étaient capables de se servir du téléphone. Ensuite, environ trois quarts suivaient une éducation normale et un quart en suivaient une éducation spécialisée. Finalement, ils répondaient avec une précision de 72% au test de la reconnaissance de mots de classe ouverte (une version française du Phonetically Balanced Kindergarten Word Test). 67% des jeunes implantés mais seulement 18% des vieux implantés avaient un score supérieur à la médiane. La reconnaissance de mots contenus dans des phrases bruitées était correcte de 44% pour le groupe entier (cette mesure n'a pas été divisée selon l'âge d'implantation). L'intelligibilité des participants était de 40% en général, mais 65 % des jeunes implantés étaient plus élevés que la médiane contre 12% des vieux implantés. Les implantés ont réalisé Le Peabody Picture Vocabulary Test (adapté au français ; un autre test de vocabulaire réceptif)<sup>3</sup> avec un score de 76%, tandis que 62% des jeunes implantés et 26% des vieux implantés en avaient dépassé la médiane. Dans ce dernier test, 75% des patients avaient un score en dessous de la médiane quand ils étaient comparés au groupe de normoentendants. Sur la base de ces résultats, Uziel et al. (2007) ont suggéré qu'une implantation avant l'âge de quatre ans entraîne de meilleurs résultats au niveau de la perception et de la production de la langue dans les tests que les auteurs ont implémentés.

L'âge du commencement de la surdité, quand même, est un facteur moins clair. Malgré le fait qu'une surdité (relativement) tardive ait en général des effets moins sévères sur les performances linguistiques qu'une surdité prélinguistique, Uziel et al. (1996) n'ont pas trouvé des différences entre les enfants atteints de surdité congénitale et ceux l'ayant acquise à l'âge de deux ans en ce qui concerne la détection des phonèmes. Fugain et al. (1984) ont trouvé que l'articulation

---

<sup>3</sup> Les auteurs ne donnaient pas de chiffres sur les normoentendants. Pour ces tests nous avons dû supposer des scores de 100 % par un enfant du même âge avec une audition normale.

se développe plus vite chez les implantés qui ont été atteints de surdit e apr es la période critique de l'acquisition de la langue. Il est important de noter, cependant, que les auteurs ne donnent pas de renseignements pr ecis sur l'âge exact à partir duquel ces groupes diff erent.

Le développement linguistique d'enfants implantées est étudié par un grand nombre d'études de nature longitudinale. La recherche avec la couverture la plus longue est celle de Uziel et al. (2007) qui s'étend sur 10 ans. Ils ont trouvé que le développement peut s' tirer sur une période considérable, parce que même entre cinq et dix ans apr es implantation certains aspects du langage, dont notamment la reconnaissance de mots à classe ouverte, évoluent encore. Uziel et al. (1996) ont investigué l'ordre des unités linguistiques acquises. Le phonème est l'unit e acquise d'abord, avant le mot, qui à son tour devance la phrase. Les 64 sujets suivant une  cole conventionnelle (c'est-à-dire, non spécialisée pour les sourds) de Mondain et al. (1997) pouvaient détecter la totalité des phonèmes dès l'âge de trois mois ; les auteurs n'expliquent malheureusement rien sur la méthodologie de ce test. Bouchard et al. (2007) sont les seuls qui aient exploré l'acquisition des phonèmes de la perspective de la production (au lieu de leur perception). Leurs 22 sujets, implantées entre un an et dix mois, et trois ans et six mois, pendant une période entre six et dix-huit mois apr es l'implantation, avaient acquis les classes de consonnes dans l'ordre suivant : les labiales, les coronales, les vélaires, les palatales. Quant à la manière d'articulation, les plosives étaient acquises avant les approximantes. D'apr es leurs résultats les phonèmes comportant une place d'articulation plus antérieure sont acquis par les interlocuteurs plus facilement grâce à leur plus grande visibilité articulaire.

En ce qui concerne une unité linguistique d'un ordre diff rent des phonèmes, celui des mots, Uziel et al. (1996) ont rapport  que les enfants atteignaient le pourcentage de 88% dans un test de la reconnaissance de mots à classe fermée 12 mois apr es l'implantation, mais Mondain et al. (1997) ont observé un score de 90%   24 mois. Dans Le Normand et al. (2003), le score était de 65% pour les patients contre 84% pour les normoentendants   24 mois. La comparaison de ces trois études ne permet donc pas de conclure si le développement des implantées est retardé ou non. En revanche, Ouellet et al. (2001) ont observé que le nombre de mots différents de leurs participants était compris entre 20 et 30   6 mois vers 60 à 80   18 mois apr es l'implantation. Le développement des normoentendants était de 100 mots différents à l'âge chronologique de 33 mois et de 250 mots   60 mois. De plus, Le Normand et al., dans leur étude (2004) conduite auprès de 181 patients, ont trouvé un délai concernant le développement de la morphologie. Il en ressort clairement que les classes grammaticales fermées sont plus problématiques que les classes ouvertes (voir aussi Normand et al., 2003). Pris ensemble, la plupart de ces études suggèrent un délai dans l'acquisition de mots par les enfants implantées.

Afin de mesurer la compétence linguistique à un niveau supralexical, Mondain et al. (1997) ont mis en place un test comportant des phrases à classe ouverte modifié (*modified open-set recognition*). Il s'agit en réalité d'un test avec des phrases à classe fermée, mais on parle d'un test ouvert modifié parce que le patient répond en choisissant parmi un ensemble de mots ou phrases relativement large (par exemple, 20). Les auteurs ont trouvé des scores de 50% de mots identifiés correctement à 24 mois après l'implantation et de 80% à 48 mois après l'implantation. Des nombres comparables ont été trouvés par Le Normand et al. (2003), qui ont analysé des enregistrements de 20 minutes de langage spontané produit par 17 enfants implantés, à l'aide des catégories lexicales et grammaticales définies dans le corpus CHILDES (MacWhinney, 2000). Les catégories problématiques principales que les chercheurs ont rapportées vingt-quatre mois après l'implantation, étaient les suivantes (nombre arrondi d'occurrences dans l'enregistrement des implantés ; des normoentendants) : le nombre de mots (70 ; 92), le nombre d'énoncés (167 ; 251), le nombre de mots différents (65 ; 83), les adverbes négatifs (1 ; 6) et de lieu (1 ; 17), les prépositions (2 ; 8), des pronoms (0 ; 4), et les verbes (5 ; 12). Un an plus tard, à 36 mois après l'implantation, ces problèmes existaient encore, mais la déviation diminuait. On constate donc un retard considérable au niveau de la grammaire productive, trois ans après l'implantation et même encore plus tard.

En ce qui concerne l'effet de l'information visuelle sur la compétence linguistique, Bouton et al. (2011) ont testé 18 normoentendants ainsi que des enfants implantés avant l'âge de trois ans et six mois. Ceux-ci avaient au moins cinq ans d'expérience avec l'appareil, dont quelques-uns avec et quelques-uns sans l'expérience de Cued Speech, un système de communication développé pour les malentendants où la parole est soutenue par des gestes. Les participants faisaient trois tests : (1) un test de jugement de la similarité de deux phonèmes, (2) un test de mémoire qui leur demande de se souvenir de l'ordre de mots d'une série récemment présentée, et (3) un test de prononciation où les participants devaient nommer des images. Le groupe Cued Speech avait un score supérieur dans tous les tests. Vieu et al. (1998) ont analysé l'intelligibilité et la syntaxe de trois groupes de patients âgés en moyenne de 7 ans. Le premier groupe consistait de patients qui avaient adopté une communication orale, le deuxième de patients qui utilisaient une langue de signes, et le troisième de patients qui se servaient de Cued Speech. Trois ans après l'implantation, le groupe de Cued Speech obtenait les meilleurs résultats. Ceci suggère un grand avantage pour la combinaison de l'information visuelle et auditive. Descourtieux et al. (1999) étaient de la même opinion et ont suggéré que le Cued Speech était indispensable pour le développement linguistique des porteurs d'un implant cochléaire.

Pris ensemble, les études dont nous avons résumé les résultats montrent que le développement des implantés est retardé à tous les niveaux linguistiques. Ces problèmes se manifestent sur le plan quantitatif (nombre de mots, nombre de mots différents, nombre

d'énoncés) comme sur le plan qualitatif (détection altérée de phonèmes, problèmes avec les classes fermées). Cependant, le retard diminue en fonction de l'expérience avec l'appareil. Les enfants implantés prélinguistiquement ont un avantage par rapport aux enfants implantés plus tard. Selon beaucoup d'auteurs, Cued Speech est une solution qui pourrait faire réussir encore plus le développement de la langue des sourds devenus des entendants.

## 5. Quelques absences dans la littérature

Après avoir parcouru la littérature française sur les implants cochléaires, il manque à notre avis certaines pistes de recherches. Comme nous venons de le voir, l'audition imparfaite des implantés atteint tous les niveaux linguistiques, mais les troubles aux niveaux plus complexes comme les mots et les phrases pourraient résulter d'un effet indirect de problèmes aux niveaux de base comme la perception des détails phonétiques et des problèmes psycholinguistiques. Dans cet aperçu de propositions pour la recherche future, nous suggérons donc des études (utilisant le français) abordant la problématique du développement linguistique d'individus munis d'un IC à la source en partant de la perception des détails phonétiques.

(1) Les voyelles nasales. Dans la prononciation d'une voyelle nasale, comparée à son orale correspondante, le voile du palais est abaissé créant une cavité parallèle à la cavité buccale. En général, l'effet acoustique de nasaliser une voyelle est une atténuation globale du son, une diminution de l'énergie entre 1 et 3 kHz est diminuée et une augmentation de l'énergie entre 200 et 300 Hz (le « formant nasal » ; Fant, 1960). En français, l'abaissement des fréquences (notamment, celle du premier formant) causé par l'accouplement des cavités orale et nasale, est accompagné d'un arrondissement des lèvres (ce qui fait abaisser les fréquences encore plus) et d'une rétraction de la langue (Delvaux, 2003). Le contraste entre les voyelles nasales et les voyelles orales correspondantes est donc reconnaissable à l'aide de deux repères : un repère auditif (abaissement de fréquences) et un repère visuel (l'arrondissement des lèvres).

En demandant à des sujets de choisir entre une nasale ou une orale à partir de voyelles synthétisées selon ces dimensions auditive et visuelle<sup>4</sup>, Delvaux et al. (2004) ont montré que, pour des normoentendants, les deux repères sont aussi importants pour la discrimination des voyelles nasales et orales. Cette piste expérimentale pourrait être appliquée à la population d'implantés et cela pour deux raisons. Tout d'abord l'importance relative des repères acoustiques et visuels pourrait être différente pour les normoentendants et les non-implantés. Vu la résolution spectrale

---

<sup>4</sup> La dimension de l'arrondissement des lèvres a été représentée par une combinaison de paramètres acoustiques.

très réduite des implantés, on s'attend à ce qu'ils aient plus recours à des indices visuels tels que l'arrondissement des lèvres. Ces résultats seraient pertinents pour le choix des indices utilisés pendant la réhabilitation linguistique par des orthophonistes. Deuxièmement, si le score global des implantés est égal à celui des normoentendants et s'ils s'appuient plus sur la dimension visuelle mais moins sur la dimension auditive, cela serait une indication pour une compensation visuelle du manque d'information spectrale. Ce constat nous amène donc à poser une question simple, mais extrêmement pertinente, à savoir s'il serait possible de compenser les manques de repères auditifs par des améliorations des repères visuels ou de la manière avec laquelle les patients font usage de ces repères.

On pourrait aller plus loin en comparant les scores de la reconnaissance des voyelles à la qualité de la production de ces voyelles (à évaluer, par exemple, par des phonéticiens qui sont des locuteurs français natifs). Un score aussi élevé que celui des normoentendants dans un test auditif en combinaison avec une bonne production pourrait être expliqué en disant qu'une audition générale imparfaite n'empêche pas un fonctionnement suffisant d'un système de rétroaction de la parole, parce que les implantés ont apparemment trouvé des sources d'informations alternatives (par exemple, visuelles) pour maintenir leur système. En revanche, un score dans le test perceptif comparable à celui de normoentendants en même temps qu'un score de production inférieur comparé à ces derniers suggérerait que le centre du problème de la production se situe au niveau de la rétroaction interne. Des scores en production et en perception inférieurs à la norme seraient probablement un symptôme à la fois d'une rétroaction interne et d'une rétroaction externe défectueuses.

Un deuxième champ de recherche que nous proposons concerne l'opacité de l'orthographe française, c'est-à-dire qu'il n'y a pas de rapport clair entre les sons et les graphèmes. D'une part, certains graphèmes représentent plus qu'un son (par exemple, la lettre *c* qui est prononcé comme [k] dans le mot *calme* mais comme [s] dans le mot *sirène*) et d'autre part, certains sons sont représentés par plus d'un graphème ou groupe de graphèmes (par exemple, [o] qui est écrit différemment dans *voler* et *haut*). Les enfants implantés auront besoin de plus de soutien avec la construction mentale du système phonologique segmental de la langue à apprendre, puisque à cause de leur capacité diminuée de distinguer les sons ils ont besoin de plus d'entraînement pour diviser l'espace phonémique en les catégories pertinentes en français. L'orthographe est, en principe, une source de soutien pour internaliser les percepts abstraits que sont les phonèmes, mais le soutien fourni par l'orthographe française est particulièrement pauvre. Nous pourrions étudier, d'abord, si les enfants apprenant une langue orthographiquement plus transparente (comme l'espagnol et l'italien) ont moins de difficultés avec la prononciation des segments. Puis, nous pourrions tester si une thérapie où l'on emploie une nouvelle orthographe française transparente,

développée spécialement à cet effet, ferait accélérer l'acquisition de la parole sur le plan des phonèmes.

Une dernière proposition qui n'a pas encore été étudiée avec les implants cochléaires ou des vocodeurs concerne la question si les déviations phonétiques souvent subtiles d'un accent étranger de locuteurs néerlandais en français sont détectables avec la dégradation sévère du signal dans un implant cochléaire. Il y a une différence phonologique entre le néerlandais et le français qui pourrait survivre à la dégradation du signal, à savoir la direction de l'assimilation de voisement entre les fricatives dans l'attaque d'un mot et la plosive dans la coda du mot précédent. Elle est régressive en français mais progressive en néerlandais. Ainsi, si en français courant, *lampe verte* est prononcée comme [lamb.vɛʁt] et *bombe fatale* comme [bɔmp.fatal], en néerlandais, *groep vier* est produit comme [χrup.fi:r]. On pourrait s'attendre à ce que les Néerlandais appliquent la règle néerlandaise au lieu de la règle française en parlant français. Cette étude utiliserait des stimuli vocodés afin de pouvoir tester deux groupes de locuteurs (normoentendants français et néerlandais) similaires. L'implémentation de l'étude devrait comparer des paires de mots sans et avec ce type d'assimilation ainsi que des conditions avec et sans vocodage. Si les accents sont détectables dans la condition vocodée, cela suggère que les implantés seraient capables d'entendre des détails phonétiques subtils.

Cette dernière proposition sera réalisée et rapportée dans la deuxième partie de ce mémoire.

## 6. Conclusion

Nous avons dressé un aperçu typologique de la littérature scientifique, publiée dans des revues utilisant l'évaluation par des pairs ou dans des actes, sur le langage et la parole d'individus munis d'implants cochléaires et dans laquelle la langue française jouait un rôle, soit parce que les stimuli étaient français d'une manière ou une autre, soit parce que la parole de sujets français avait été évaluée. Trente-huit publications, 26 desquelles nous avons réussi à obtenir le texte intégral, ont été sélectionnées. La plupart étaient rédigées en anglais, le reste en français. Le plus souvent, ces articles étaient publiés dans des revues médicales (internationales). Le nombre de publications « françaises » était assez modeste, étant donné qu'il s'agit du pays où l'implant cochléaire a été inventé et qui héberge son propre fabricant. Il n'est pas facile d'estimer le nombre total de publications (anglaises) dans ce domaine, mais une requête dans PubMed, utilisant les termes « cochlear implant language » produit déjà 1742 résultats, dont sans doute la majorité ont été effectuées parmi des sujets anglophones. Il y a 25 centres implanteurs en France, ainsi que plusieurs

centres dans des régions francophones en dehors de l'Hexagone, mais peu de recherches sur l'aspect linguistique de ces patients ont été effectuées.

Tout de même, la littérature que nous avons revue couvre de façon assez représentative les dimensions diverses de la langue et de la parole des porteurs d'implants. Beaucoup de dimensions définies dans cette étude pour classifier les types de recherches ont été touchées ; les dimensions vides représentent aussi les dimensions les moins étudiées dans la littérature mondiale, mais les dimensions de la perception et de la production de la langue, comme celles des études simples et des études longitudinales, sont bien représentées. Toutefois, certaines catégories étaient plus représentées que d'autres : les niveaux structurels de phonème, de mots et le niveau de langage « général » (par exemple, l'intelligibilité, la grammaire et le niveau académique). La syllabe, le morphème, la phrase/l'énoncé, le discours, la prosodie et la voix ont été relativement négligés. La recherche phonétique sur la voix et sur la prosodie (voir aussi le mémoire de master de Scarbel (2011)) pourrait dévoiler des aspects du cercle de la rétroaction interne et externe. Un autre champ de recherche qui n'a pas été apprécié de façon optimale est celui du langage vocodé. L'emploi de stimuli vocodés permettant de bien simuler et contrôler l'entrée perceptive linguistique des implantés, offre une occasion de dénouer les finesses de ce type d'audition. Ensuite, les chercheurs français sont forts en ce qui concerne l'investigation du rôle de l'information visuelle et de Cued Speech. Pour commencer à remplir ces cases vides, et pour stimuler l'exploitation de la langue française, nous proposons trois études, sur le plan de la phonétique segmentale, de l'orthographe et de la représentation mentale des phonèmes, ainsi que sur la détection d'accents étrangers. Les résultats globaux de l'ensemble des recherches revues ici portant sur la performance linguistique de personnes biologiquement sourdes contribuent à la réussite et l'acceptation croissante des implants cochléaires.

## **Bibliographie**

Les publications avec un astérisque font partie de la liste des articles revues dans la présente étude.

- \*Bergeron, F., Ferron, P., Desgagne, M. Cochlear implantation in Quebec-City - auditory performance in a recently trained patient. *Journal Of Otolaryngology* 18 (1), pp. 17-23.
- Boons, T., Brokx, J. P., Dhooge, I., Frijns, J. H., Peeraer, L., Vermeulen, A., . . . Van Wieringen, A. (2012). Predictors of spoken language development following pediatric cochlear implantation. *Ear and Hearing*, 33(5), 617-639.
- \*Bouchard. M.-E., Le Normand, M.-T., Cohen, H. (2007). Production of consonants by prelinguistically deaf children with cochlear implants. *Clinical Linguistics & Phonetics* 21 (11-12 ), pp. 875-884.
- \*Bouton, S., Bertocini, J., Serniclaes W., et al. (2011). Reading and reading-related skills in children

- using cochlear implants: prospects for the influence of cued speech. *Journal Of Deaf Studies And Deaf Education* 16 (4), pp. 458-473.
- \*Bouton, S., Colé, P., Serniclaes W. (2012). The influence of lexical knowledge on phoneme discrimination in deaf children with cochlear implants *Speech Communication* 54 (2), pp. 189-198.
- \*Chouard, C., Fugain, C., Meyer, B., et al. (1988). Etude des variations du son fondamental larynge apres implantation cochleaire. *Annales D'oto-Laryngologie Et De Chirurgie Cervico Faciale : Bulletin De La Societe D'oto-Laryngologie Des Hopitaux De Paris* 105 (4), pp. 249-252.
- \*Chouard. C., Ouayoun, M., Meyer, B., et al. (1995). Traitement du signal et resultats cliniques de l'implant cochleaire francais Digisonic. *Annales D'oto-Laryngologie Et De Chirurgie Cervico Faciale : Bulletin De La Societe D'oto-Laryngologie Des Hopitaux De Paris* 112 (1-2), pp. 1-10.
- \*Cochard, N., Vidal, M., Baciocchi, D., et al. (1998). Developpement des differents systemes linguistiques chez les enfants porteurs d'un implant cochleaire. *Revue De Laryngologie - Otologie - Rhinologie* 119 (4), pp. 277-279.
- Delvaux, D. (2003). Contrôle et connaissance phonétique : les voyelles nasales du français. Thèse de doctorat, Université Libre de Bruxelles.
- Delvaux, V., Demolin, D., Soquet, A. & Kingston, J. (2004). La perception des voyelles nasales du français. *Actes des XXVèmes Journées d'Études sur la Parole, Aix-en-Provence.*
- \*Descourtieux, C., Groh, V., Rusterholtz, A., Simoulin, I., & Busquet, D. (1999). Cued speech in the stimulation of communication: An advantage in cochlear implantation. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology* 47, pp. 205–207.
- Djourno, A. & Eyriès, C., Vallancien, B. (1957). De l'excitation électrique du nerf cochléaire chez l'homme, par induction à distance, à l'aide d'un micro-bobinage inclus à demeure. *CR Soc Biol (Paris)* 151, pp. 423–425.
- \*Duchesne, L., Sutton, A., Bergeron, F. (2009). Language achievement in children who received cochlear implants between 1 and 2 years of age: group trends and individual patterns. *Journal Of Deaf Studies And Deaf Education* 14 (4), pp. 465-485.
- \*Frayssé, B., Dillier, N., Klenzer, T., et al. (1998). Cochlear implants for adults obtaining marginal benefit from acoustic amplification - A European study. *American Journal Of Otology* 19 (5), pp. 591-597.
- Fant, G. (1960). *Acoustic theory of speech production.* Mouton, La Haye.
- \*Fugain, C., Meyer, B., Chabolle, F., et al. (1984). Clinical-results of the French multichannel cochlear implant. *Acta Oto-Laryngologica* 411, pp. 237-246.
- \*Gaudrain, E., Grimault, N., Healy, E., Béra, J.-C. (2007). Effect of spectral smearing on the perceptual segregation of vowel sequences. *Hear Res.* 231 (1), pp. 32-41.
- Guenther, F. H. (2006). Cortical interactions underlying the production of speech sounds. *Journal of Communication Disorders*, 39(5), 350-365. doi: S0021-9924(06)00058-X
- Geers, A., Brenner, C., & Davidson, L. (2003). Factors associated with development of speech perception skills in children implanted by age five. *Ear and Hearing*, 24(1), 24s-35s. doi: Doi 10.1097/01.Aud.0000051687.99218.0f
- \*Hilaire, G., Régol, V., & Lisha, H. (2002). Développement morphologique de 2 enfants en train d'acquérir le français après un implant cochléaire. *XXIVèmes Journées d'étude sur la parole, Nancy, 24-27 Juin*, pp. 201-203.
- Jongkees, L. (1978). Doven weer horen? *Nederlands Tijdschrift voor Geneeskunde* 122, p. 1621.
- Jun, S.-A., & Fougeron, C. (2002). Realizations of accentual phrase in French intonation. *Probus* 14, pp. 147-172.
- \*Lejeune, B., & Demanez, L. (2006). Speech discrimination and intelligibility: Outcome of deaf children fitted with hearing aids or cochlear implants. *Acta Oto-Rhino-Laryngologica Belgica* 2 (2), pp. 63-68.
- \*Le Normand, M.-T., Ouellet, C., Cohen, H. (2003). Productivity of lexical categories in French-speaking children with cochlear implants. *Brain And Cognition* 53 (2), pp. 257-262.
- \*Le Normand, M.-T. (2004). Évaluation du lexique de production chez des enfants sourds profonds



- munis d'un implant cochléaire sur un suivi de trois ans. Rééducation orthophonique.
- \*Le Normand, M.-T. (2005). Production du lexique chez des enfants sourds profonds munis d'un implant cochléaire sur un suivi de quatre ans. *Handicap-Revue de Sciences Humaines et Sociales*, 105–106, pp. 21–31.
- \*Le Normand, M.-T. & Lacheret, A. (2008). Prosodie et acquisition du langage chez les enfants implantés cochléaires. *Journées d'Étude Sur La Parole*.
- \*Leybaert, J., Colin, C., (2007). Le rôle des informations visuelles dans le développement du langage de l'enfant sourd muni d'un implant cochléaire. *Enfance* 59 (3), pp. 245–253.
- \*Loundon, N., Busquet, D., Roger, G., Moatti, L., & Garabedian, E. (2000). Audiophonological results after cochlear implantation in 40 congenitally deaf patients : preliminary results. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology* 56, 9-21.
- MacWhinney, B. (2000). *The CHILDES Project: Tools for analyzing talk*. 3rd Edition. Vol. 2: The Database. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Martin, P. (2004). Intonation de la phrase dans les langues romanes : l'exception du français. *Langue Française* 141, pp. 36-55.
- Menard, L., Polak, M., Denny, M., Burton, E., Lane, H., Matthies, M. L., . . . Vick, J. (2007). Interactions of speaking condition and auditory feedback on vowel production in postlingually deaf adults with cochlear implants. *Journal of the Acoustical Society of America*, 121(6), 3790-3801. doi: 10.1121/1.2710963
- \*Mondain, M., Sillon, M., Vieu, A., et al. (1997). Speech perception skills and speech production intelligibility in French children with prelingual deafness and cochlear implants. *Archives Of Otolaryngology-Head & Neck Surgery* 123 (2), pp. 181-184.
- \*Mondain, M., Sillon, M., Vieu, A., et al. (2002). Cochlear implantation in prelingually deafened children with residual hearing. *International Journal Of Pediatric Otorhinolaryngology* 63 (2), pp. 91-97.
- \*Ouellet, C., Le Normand, M.-T., Cohen, H. (2001). Language evolution in children with cochlear implants. *Brain And Cognition* 46 (1-2), pp. 231-235.
- \*Pelizzone, M., Boex, C., Montandon, P. (1993). Vowel and consonant identification tests can be used to compare performances in a multilingual group of cochlear implant patients. *Orl-Journal For Oto-Rhino-Laryngology And Its Related Specialties* 55 (6), pp. 341-346.
- \*Perrin, E., Berger-Vachon, C. et al. (1995). The voice normality of cochlear implanted children. *Adv. Oto-Rhino-Laryngol.* 50, pp. 167–173.
- \*Perrin, E., Berger-Vachon, C., Topouzhanian, A., et al. (1999). Evaluation of cochlear implanted children's voices. *International Journal Of Pediatric Otorhinolaryngology* 47 (2), pp. 181-186.
- Reynell, J. K., & Gruber, C. P. (1990). *Reynell Developmental Language Scales*. Los Angeles, CA: Western Psychological Services.
- \*Rochette, C., Plourde, C. Cochlear and phonetic implants - case analysis of the French implant Chorimac-12. *Journal Of Otolaryngology* 17 (6), pp. 315-320.
- \*Rouger, J., Lagleyre, S., Fraysse, B., Deneve, S., Deneve, O., Deguine, O., Barone, P. (2007). Evidence that cochlear-implanted deaf patients are better multisensory integrators. *PNAS* 104 (17), pp. 7295-7300.
- \*Rouger, J., Fraysse, B., Deguine, O., Barone, P. (2008). McGurk effects in cochlear-implanted deaf subjects. *Brain Res.* 1188, pp. 87–99.
- Scarbel, L. (2011). Production de parole et perception de sons et de parole par les enfants sourds porteurs d'un implant cochléaire. Université Stendhal, Grenoble.
- \*Seeger, T., Reid, J. (1993). Perception de la parole chez les enfants implantés avec le Nucleus mini system 22. *Revue De Laryngologie - Otologie – Rhinologie* 114 (5), pp. 319-322.
- Seitz, P. R. (2002). French origins of the cochlear implant. *Cochlear Implants International*, 3(2), 77-86.
- \*Seldran, F., Michey, C., Truy, E., Berger-Vachon, C., Thai-Van, H., Gallego, S. (2011). A model-based analysis of the “combined-stimulation advantage”. *Hear Res* 282 (1-2), pp. 252-64.
- \*Serniclaes, W., De Guchteneere, R., Secqueville, T., et al. (1996). Objective evaluation of vowel

- identification with the digisonic cochlear implant. *Audiology* 35 (1), pp. 23-36.
- \*Tobey et al. (2000) Temporal characteristics of speech in young French speaking children with cochlear implants. *Cochlear Implants International*.
- \*Truy, E., Lina-Granade, G., Jonas, A., et al. (1998). Compréhension du langage par les enfants sourds profonds congénitaux au moyen de l'implant cochléaire. *Revue De Laryngologie – Otologie - Rhinologie* 119 (4), pp. 271-275.
- \*Uziel, A., Reuillard-Artieres, F., Sillon. M., et al. (1996). Speech-perception performance in prelingually deafened French children using the nucleus multichannel cochlear implant. *American Journal Of Otology* 17 (4), pp. 559-568.
- \*Uziel, A., Sillon, M., Vieu, A., et al. (2007). Ten-year follow-up of a consecutive series of children with multichannel cochlear implants *Otology & Neurotology* 28 (5), pp. 615-628.
- Venail, F., Vieu, A., Artieres, F., Mondain, M., & Uziel, A. (2010). Educational and employment achievements in prelingually deaf children who receive cochlear implants. *Archives of Otolaryngology–Head & Neck Surgery*, 136(4), 366-372.
- \*Vieu, A., Mondain, M., Blanchard, K., et al. (1998). Influence of communication mode on speech intelligibility and syntactic structure of sentences in profoundly hearing impaired French children implanted between 5 and 9 years of age. *International Journal Of Pediatric Otorhinolaryngology* 44 (1), pp. 15-22.
- \*Willems, P., & Leybaert, J. (2009). Phonological short-term memory in deaf children fitted with a cochlear implant : Effects of phonological similarity, word length and lipreading cues. *Revista de Logopedia, Foniatria y Audiologia* 29, pp. 174-185.
- Wilson, B. S., & Dorman, M. F. (2008). Cochlear implants: a remarkable past and a brilliant future. *Hearing Research*, 242(1-2), 3-21. doi: S0378-5955(08)00125-1

## **Partie II**

**La reconnaissance d'accents étrangers  
avec la simulation d'implants cochléaires**

## 1. Introduction

La parole humaine est caractérisée par une grande quantité de variations. Les détails phonétiques des sons, des mots et des phrases varient en fonction, entre autres, de leur environnement linguistique, du moment de l'énonciation, du locuteur, de l'émotion et de l'attitude, du dialecte et de la compétence du locuteur en la langue en question (p.e., Armstrong, 1996; Kraayeveld, Rietveld, & Heuven, 1993; Piske, MacKay, & Flege, 2001; Van Bezooijen, 1993). Malgré cette variation, un auditeur est capable de comprendre le message. Il associe les variantes entendues à une entrée lexicale abstraite stockée, c'est-à-dire une représentation mentale d'un mot, par un processus appelé normalisation (Dahan, Drucker, & Scarborough, 2008). Cela n'empêche que certaines formes de variation ne lui échappent pas. Une de ces formes qui reste audible est l'accent étranger (désormais 'accent'), une forme de variation qu'on pourrait classer sous la compétence linguistique. On parle d'un accent étranger quand la variante de la prononciation d'une langue énoncée par un locuteur est reconnue comme étant non-native (étrangère) par un locuteur natif ou non-natif de cette langue, à cause de différences systématiques et non-pathologiques entre les deux langues (Munro, 1998). Les linguistes distinguent au moins deux types de locuteurs étrangers, à savoir (1) les locuteurs d'une langue seconde (L2), et (2) les locuteurs d'une langue étrangère (LE) (Lecumberri, Cooke, & Cutler, 2010). Si les locuteurs L2 apprennent la langue cible par immersion dans la région où la langue est courante, les locuteurs LE l'apprennent par le biais d'une instruction explicite dans leur pays d'origine, comme par exemple à l'école secondaire. (Dans ce qui suit, nous parlerons de 'langue cible' (LC) pour désigner la langue non-maternelle en général (L2 ou LE).) Ces deux notions sont encore à distinguer du phénomène de bilinguisme, où un locuteur apprend deux langues simultanément dès son enfance (Lecumberri et al., 2010). Ces deux langues maternelles (L1) peuvent ou bien être acquises de façon équivalente, ou bien une seule des deux langues est acquise ou encore une de ces langues se développe comme la langue dominante. Dans le cas de tous les types de LE, le degré de la déviation de l'accent de la norme native peut varier d'un apprenant à l'autre. Nous appelons ce degré l'ampleur de l'accent. Il peut être exprimé en termes des jugements subjectifs d'auditeurs maternels sur une échelle de, par exemple, 1 (une prononciation très peu native) à 9 (une prononciation tout à fait native).

L'ampleur de l'accent de l'apprenant, tout comme sa compétence linguistique générale de la langue cible, dépend de différents facteurs. Tout d'abord, la relation entre l'âge d'acquisition et la compétence est souvent proportionnellement inverse (Flege, Yeni-Komshian, & Liu, 1999). Plus le locuteur est âgé au début de l'apprentissage, moins la probabilité d'atteindre un niveau (quasi)-maternel après une durée donnée d'utilisation est grande. Dans une étude classique, Lenneberg (1967) avait suggéré qu'il existait une fenêtre, appelée la « période critique », qui délimitait

l'apprentissage d'une langue comme langue maternelle expirant vers l'âge de treize ans, parce qu'il avait trouvé que les locuteurs qui avaient commencé l'apprentissage avant cet âge n'atteignaient jamais le niveau maternel même après une longue période d'immersion. Plus récemment, des chercheurs ont remis cette observation en question. Ils ont parlé plutôt de « période sensible » que de « période critique », car la période varie d'individu à individu et l'acquisition d'une langue est toujours possible une fois cette période passée (Patkowski, 1980). Autrement dit, il s'agit d'une différence relative et non absolue entre les périodes pendant et après la période sensible. De surcroît, des chercheurs ont montré qu'il existait différentes périodes sensibles pour différents domaines linguistiques, comme la syntaxe et la prononciation et même différents phénomènes dans un domaine (comme par exemple dans la syntaxe, Johnson & Newport, 1989). La prononciation est un domaine pour lequel la période sensible semble en effet se terminer relativement tôt (Walsh & Diller, 1979).

Dans le cas des apprenants L2, l'âge d'acquisition correspond à l'Âge d'Arrivée (l'AA), c'est-à-dire, l'âge auquel l'apprenant s'installe dans la région de la langue cible avant le début de l'apprentissage; autrement dit, ils commencent à apprendre la langue cible dès qu'ils arrivent dans la région où la langue en question est parlée. Comme l'âge d'acquisition, l'Âge d'Arrivée a une relation négative avec le niveau atteint (Flege et al., 1999). Si nous considérons l'âge d'acquisition et l'AA comme le même facteur, le deuxième facteur qui influence l'accent est la Durée de Résidence (DR), c'est-à-dire le temps depuis l'AA (Piske et al., 2001).<sup>5</sup> La DR est en relation positive avec le niveau atteint si bien que l'ampleur de l'accent a plus de chances d'être réduite si le locuteur a vécu plus longtemps dans la région de la langue cible. Ensuite, le troisième et le quatrième facteurs sont la nature et la quantité de l'entrée linguistique (Flege, 1999; Flege & Liu, 2001). Une entrée riche, diverse et offerte dans des circonstances naturelles par des locuteurs natifs sera plus efficace qu'une entrée offerte par un seul locuteur non-natif dans des circonstances d'apprentissage explicite (Lively, Pisoni, Yamada, Tohkura, & Yamada, 1994). Par conséquent, une situation d'immersion assure de meilleurs résultats qu'une situation d'apprentissage à l'école qui est typiquement celle éprouvée par un apprenant LE.

Le dernier facteur est la distance linguistique entre la langue maternelle d'un apprenant et la langue cible. Au niveau de la phonétique, la distance pourrait être exprimée par le degré de chevauchement entre les inventaires phonologiques, c'est-à-dire, le nombre de sons correspondants ainsi que le degré de correspondance moyen entre eux. Cela vaut non seulement pour les unités segmentales mais également pour les règles et les unités prosodiques. Il y a dans la littérature au

---

<sup>5</sup> Nous faisons abstraction des situations plus complexes comme celles où un locuteur a appris une langue comme LE et est ensuite allé dans la région de cette langue et celles où un locuteur a passé plusieurs périodes séparées dans la région.

moins trois modèles créés pour expliquer l'exactitude de la prononciation de sons étrangers, étant donné les différences entre les inventaires de la L1 et de la L2. Tout d'abord, dans le modèle Native Language Magnet (NLM; Kuhl & Iverson, 1995), les tokens des sons entendus se regroupent selon des sous-espaces dans l'espace phonétique entier couvrant l'inventaire phonologique. Ces sous-espaces constituent des catégories dont les éléments centraux sont des prototypes qui fonctionnent comme des aimants qui attirent d'autres tokens vers ce centre. De cette façon, la sensibilité au centre des catégories est réduite tandis que celle aux frontières est renforcée. Ceci tend à rendre la perception des tokens qui tombent phonétiquement dans une catégorie, incluant les sons étrangers, comme des allophones d'un même phonème. Les tokens aux frontières ont donc plus de chances d'être distingués comme des allophones d'un autre phonème que des sons voisins phonétiquement très proches.

Ensuite, dans le Perceptual Assimilation Model (PAM), des paires de sons étrangers sont classifiées selon le degré auquel elles sont assimilées à des catégories natives (Best, 1994). Deux sons peuvent être assimilés à deux catégories différentes (assimilation Two Category), à une seule catégorie à des degrés équivalents (assimilation Single Category), à des degrés non-équivalents (Category Goodness difference) ou bien avec un son qui est assimilé et un autre restant non-assimilé (paire Categorized-Uncategorized) ou encore avec les deux non-assimilés (paire Uncategorized-Uncategorized). Finalement, les sons peuvent être perçus comme des sons qui n'appartiennent pas à la langue (des sons Non-Assimilable<sup>6</sup>). En général, dépendant de sa similarité phonétique avec un son natif, un son étranger est catégorisé comme un son natif, comme un son entre plusieurs catégories natives, ou il n'est pas assimilé comme un son linguistique du tout.

Finalement, le Speech Learning Model (SLM) fait une distinction entre les sons qui sont identiques dans la L1 et la LC, les sons similaires et, enfin, les sons nouveaux (Flege, 1995). Les sons identiques ne posent pas de problèmes pour les apprenants, les sons différents peuvent être problématiques et les sons similaires (c'est-à-dire, les sons presque identiques) sont ceux qui posent le plus de problèmes, car ils se trouvent aux frontières de différentes catégories natives. Cette hiérarchie de difficultés de sons est une caractéristique que les trois modèles ont en commun. Les sons similaires sont les plus problématiques (cf. le SLM) parce qu'ils peuvent être assimilés à deux catégories différentes dans la L1 (PAM), un processus qui est facilité par la sensibilité augmentée aux frontières des catégories (NLM). Selon Major (2001), le développement de l'inventaire étranger est caractérisé par un changement des influences relatives des systèmes L1, L2 et du développement linguistique général. Si au début de l'apprentissage les influences de la L1 et le développement général sont prépondérants, l'influence de la L2 domine dans les stades plus avancées.

---

<sup>6</sup> Un mot anglais (ici).

Tous les modèles introduits jusqu'ici concernent les unités linguistiques, mais pas les règles linguistiques. Le traitement de règles (phonologiques, morphologiques, syntaxiques ou autres) dans une L1 a été décrit dans la Markedness Differential Hypothesis (MDH; Eckman, 1987; Rasier & Hiligsmann, 2007). Cette hypothèse oppose les règles dans une même langue ou entre deux langues selon leur degré relatif de « marque ». Les règles A sont plus marquées que les règles B quand la présence des règles A dans une langue ou, typologiquement, dans plusieurs langues comparées, implique la présence des règles B mais pas l'inverse. Les règles moins marquées dans la L2 que dans les règles correspondantes dans la L1 ou moins marquées que d'autres règles dans la L2, sont plus faciles à apprendre que les règles plus marquées. En outre, les règles plus marquées de la L1 ont moins de chances d'influencer la L2. Par exemple, la position des accents intonatifs est basée sur des règles structurelles en français mais sur des règles pragmatiques en néerlandais. Dans la production des syntagmes suivants, où le locuteur réalisera un contraste consciemment ou inconsciemment en énonçant l'un après l'autre, l'accent dans *un triangle rouge* sera aussi souvent sur *rouge* après *un triangle bleu* qu'après *un cercle rouge*, tandis qu'en néerlandais un locuteur mettra dans *een rode driehoek* (*un triangle rouge*) l'accent sur *driehoek* (*triangle*) après *een rode cirkel* (*un cercle rouge*) mais sur *rode* après *een blauwe driehoek* (*un triangle bleu*). Le francophone met donc l'accent sur le dernier mot (règle structurelle) alors que le néerlandophone le met sur le mot contrastif (règle pragmatique). La règle française est plus simple que la règle néerlandaise. De plus, les langues qui font usage des règles pragmatiques (dans un contexte linguistique) impliquent typologiquement la présence des règles structurelles (dans un autre contexte), mais pas l'inverse. Or, un locuteur néerlandais parlant français comme LC aura moins de difficulté avec la règle française qu'un locuteur français parlant néerlandais, parce que la règle française est moins marquée que la règle néerlandaise (Rasier & Hiligsmann, 2007).

Cet aperçu nous permet de conclure qu'il existe des facteurs linguistiques et extralinguistiques qui déterminent l'ampleur de l'accent étranger. Parmi les facteurs linguistiques, l'ampleur de l'accent est liée, entre autres, aux détails phonétiques de la parole et à la manière d'appliquer les règles linguistiques. Dans l'étude présente, le rôle des détails phonétiques et des règles linguistiques seront testés expérimentalement en employant, respectivement, une condition destinée à obscurcir certains de ces détails, à savoir la simulation de perception avec des implants cochléaires, et deux conditions impliquant, ou non, une règle d'assimilation phonologique en français dans des stimuli que les participants devaient prononcer.

L'audition avec un implant cochléaire (IC) est un exemple d'une condition auditive adverse (voir la première partie de cette étude), où la compréhension orale est compromise par des distorsions du signal acoustique, dont trois classes ont été identifiées, à savoir (1) des réverbérations, (2) du bruit

ajouté et (3) des distorsions des canaux (Lecumberri et al., 2010). La distorsion qui a lieu dans un implant cochléaire, réel ou simulé, entre dans la dernière catégorie, parce qu'il s'agit de modifications du signal même et non de distorsion par des effets externes. La reconnaissance d'accents est souvent compromise dans ces conditions, mais elle n'est pas impossible (Munro, 1998; Munro, Derwing, & Burgess, 2010; Rogers, Dalby, & Nishi, 2001). Munro et al. (2010) ont présenté des phrases enregistrées par des apprenants d'anglais canadien comme L2 dont la L1 était soit le mandarin, le cantonais ou le tchèque, à des locuteurs natifs de l'anglais canadien et leur ont demandé d'indiquer si le locuteur parlait oui ou non avec un accent. Dans plusieurs expériences, ils faisaient entendre les phrases à l'envers, avec une intonation monotonisée ou elles étaient coupées en courtes parties jouées à l'envers dans un ordre aléatoire. La performance des auditeurs était plus élevée que le hasard même dans des conditions de distorsion grave. Ces résultats suggèrent que les accents sont détectables même avec peu d'information segmentale et sans information grammaticale ni lexicale, étant donné que la reconnaissance des mots n'était pas nécessaire.

Dans Rogers et al. (2001), l'exactitude de la transcription de phrases anglaises produites par deux locuteurs natifs, deux locuteurs mandarins ayant une compétence avancée en anglais ainsi que deux apprenants débutants en anglais, a été mesurée dans quatre conditions : sans bruit ajouté ou avec du bruit sous forme de plusieurs locuteurs de fond ayant des rapports de signal sur bruit de +10, 0 et -5 dB. Les coûts de la présence du bruit étaient plus graves et augmentaient plus avec les rapports de signal sur bruit moins favorables pour la transcription de la parole des locuteurs non-natifs que pour celle des locuteurs natifs, ce qui implique que la perception de la parole accentuée est affectée relativement sévèrement par les distorsions du signal, sans pour autant être impossible. Pris ensemble, les résultats de ces études démontrent que la compréhension de la parole non-native est affectée relativement sévèrement mais n'est pas rendue impossible par les distorsions graves.

Cette constatation, ainsi que la découverte que les auditeurs natifs sont capables de détecter un accent avec seulement 30 ms. de parole (Flege & Hillenbrand, 1984) pourrait indiquer que les accents (plus saillants) peuvent dépasser les limites de la variation de la parole dans une langue dans beaucoup de dimensions phonétiques différentes, car peu d'information ou même une dégradation de l'information assez forte n'abolissent pas la détection de l'accent. Ceci soulève la question de savoir si les accents peuvent aussi bien être détectés quand le type de distorsion est similaire à une distorsion typique d'une situation auditive réelle comme celle de l'audition à travers un IC. Cet axe de recherche, pour autant que nous le sachions, n'a pas encore été investigué. Comme nous l'avons expliqué dans la première partie de ce mémoire, la distorsion du signal introduite par un IC consiste notamment en la destruction des dimensions de l'intonation (le mouvement de la fréquence fondamentale de la voix, le F0, au niveau d'un énoncé entier) et de la structure fine (les variations du F0 au niveau des périodes de quelques millisecondes). L'amplitude est également affectée mais dans



une moindre mesure. La structure temporelle et la distinction entre les segments sourds et sonores restent relativement intactes.

Cette étude visait à tester la détectabilité des accents étrangers avec la simulation d'un IC par des locuteurs néerlandais avec le français comme L2, comparés à un groupe contrôle de locuteurs natifs français. Il leur a tous été demandé d'enregistrer les mêmes phrases françaises consistant en deux mots cibles précédés d'une phrase porteuse. Il y en avait deux types, distingués par la présence ou l'absence d'assimilation de voisement entre la coda du premier mot et l'attaque du deuxième mot. Il y avait plusieurs raisons à l'introduction de cette condition : (1) l'information segmentale pourrait être très importante pour la reconnaissance des accents (Saito, Trofimovich, & Isaacs, 2015) ; (2) les recherches montrent que le voisement survit mieux aux distorsions du signal que le mode d'articulation (Hazan & Simpson, 1998) ; (3) avec les IC, la distinction entre les sons sonores et sourds est également relativement bien transmise (Dowell et al., 1982; Most, Gaon-Sivan, Shpak, & Luntz, 2012) ; (4) les règles d'assimilation diffèrent entre le néerlandais et le français. Pour ces raisons, on s'attend au moins à une différence entre les enregistrements des locuteurs L1 et L2 audibles dans la circonstance de l'audition avec un IC. De cette façon, nous avons essayé d'éviter un effet plancher.

On parle d'assimilation de voisement quand un son adopte le statut de voisement d'un son (presque) voisin et par conséquent devient un autre phonème. L'assimilation est appelée régressive quand un son s'adapte au son prochain et progressive dans le cas inverse. En français comme en néerlandais l'assimilation de voisement est régressive à travers les frontières de morphèmes, mais en néerlandais, contrairement au français, la direction est progressive quand le premier morphème finit par une plosive et le deuxième morphème commence par une fricative (Booij, 1999; Rigault, 1967). Ainsi, si en français courant, *lampe verte* est prononcée comme [lamb.vɛʁt] et *bombe fatale* comme [bɔmp.fatal] ; en néerlandais, *groep vier* est produit comme [χrup.fi:r]. Il convient de faire remarquer qu'en néerlandais il n'y a pas de cas comme *bombe fatale* avec une plosive voisée dans la coda du premier mot, parce que ces consonnes sont toujours dévoisées selon la règle de dévoisement final (Booij, 1999). Compte tenu de ces observations, on pourrait s'attendre à ce que les apprenants néerlandais du français appliquent la direction néerlandaise de voisement au lieu de la direction française. La difficulté avec les règles d'assimilation pour des apprenants a été démontrée dans une étude sur des apprenants débutants et avancés en français (Darcy, Peperkamp, & Dupoux, 2007). Si les locuteurs néerlandais avancés font des erreurs en appliquant l'assimilation régressive de voisement de fricatives en français, cela irait à l'encontre de la MDH, parce que le système français est plus régulier que le système néerlandais, où l'assimilation est une exception dans le système néerlandais même.

En résumé, nos questions de recherche et nos hypothèses sont les suivantes.

- 1) Les accents étrangers de locuteurs néerlandais parlant français sont-ils reconnaissables dans des conditions d'audition simulant le port d'un implant cochléaire ? Vu les résultats positifs des recherches précédentes avec les signaux gravement brouillés, nous prévoyons que cette reconnaissance est possible, bien que diminuée par rapport aux signaux non-modifiés.
- 2) Les auditeurs néerlandais sont-ils capables de détecter les accents en français ? Puisqu'il s'agit de connaître l'étendue de la variation phonétique dans une L2 au lieu de la langue maternelle, l'hypothèse est que ce n'est possible que pour les accents les plus marqués.
- 3) Les accents néerlandais sont-ils mieux audibles dans la condition avec assimilation régressive que dans la condition sans assimilation régressive en français ? Nous supposons que cela est le cas, mais plus nettement en cas de simulation d'un IC que dans des conditions normales, parce que dans le premier cas, la présence ou absence de voisement de certains segments sera un des très rares indices pour l'accent, tandis que dans le deuxième cas, beaucoup d'indices sont présents, conduisant à un effet plafond.

## **2. Méthode**

L'étude a consisté en deux expériences menées au cours de deux jours, dans le même ordre pour tous les participants. Dans la première expérience (l'expérience de production), huit locuteurs natifs francophones et huit apprenants du français néerlandophones ont enregistré une liste de phrases ; dans la deuxième expérience (l'expérience de perception) ils en ont écouté une partie et ont évalué l'ampleur de l'accent ainsi que l'intelligibilité. Nous avons supposé que l'expérience subjective des locuteurs, en tout cas des locuteurs natifs, sans formation linguistique ni pédagogique pour pouvoir détecter les accents était suffisant pour cette tâche auditive, parce que cette classe d'évaluateurs a été employée dans des recherches précédentes (Derwing & Munro, 2009; Saito et al., 2015). Quant aux apprenants, l'objectif était d'en recruter à plusieurs niveaux de compétence en français. Ce groupe comprenait pour la plupart des étudiants de français de différentes années de l'université de Leyde et des personnes qui avaient uniquement appris le français au lycée mais pas depuis. Tous les participants ont suivi la même procédure ; par conséquent ils ont été confrontés lors la deuxième expérience à leurs propres enregistrements et à ceux de quinze autres locuteurs. Dans l'expérience de production, il y avait deux conditions, sans et avec assimilation de voisement. Dans l'expérience de perception, il y avait deux conditions pour chaque condition d'assimilation, à savoir avec ou sans simulation d'un IC. Cette mise en place expérimentale est une déviation de la méthodologie dans la littérature, où les auteurs n'invitaient jamais les mêmes locuteurs pour les évaluations-mais recrutaient toujours un nouveau groupe. Nous trouvons que la mise en place que nous avons

adoptée serait plus efficace sans perdre l'équilibre méthodologique, puisque tous les participants ont exécuté les mêmes tâches.

## **A) Participants**

Huit locuteurs natifs néerlandais apprenant le français comme LE (FLE) et huit locuteurs natifs français habitant aux Pays-Bas (FLN) ont participé aux deux expériences rapportées dans cette étude. Quelques détails linguistiques et démographiques des deux groupes, basés sur deux questionnaires (voir la section Procédure et les annexes 1 et 2), sont résumés dans le Tableau 1. Sauf leur langue maternelle, parmi les participants du groupe FLE, tous avaient indiqué qu'ils connaissaient également, à des niveaux divers, l'anglais et l'allemand, une l'italien, quatre l'espagnol, une le suédois, une le japonais et une le danois. Cinq participants avaient passé plus de trois mois sans interruption en France, au Bénin, au Cameroun et en Afrique du Sud, au Soudan et au Japon. Cinq d'entre eux parlaient français plusieurs fois par semaine avec quelqu'un qui parle français avec un accent néerlandais ; trois d'entre eux ne le faisaient jamais, mais parlaient bien avec des personnes avec d'autres accents et/ou en d'autres langues une à trois fois par mois (un participant), une fois par semaine (un participant) ou moins d'une fois par mois (un participant).

Parmi les participants du groupe FLN, tous connaissaient aussi l'anglais, une l'italien, quatre l'allemand, deux l'espagnol, un le russe et l'occitan et une le polonais. En dehors des Pays-Bas, trois d'entre eux avaient passé plus de trois mois sans interruption hors de France en Belgique, aux États-Unis ou en Angleterre. Deux d'entre eux parlaient français avec quelqu'un qui parle français avec un accent néerlandais une fois par semaine, une une à trois fois par semaine, deux moins d'une fois par mois, et trois jamais, mais quatre d'entre eux parlaient avec des personnes avec d'autres accents et/ou en d'autres langues chaque jour, deux plusieurs fois par semaine, une moins d'une fois par mois, et un une à trois fois par mois.

Nous pouvons conclure que les locuteurs FLE maîtrisaient plus de langues que les locuteurs NLF, que les participants des deux groupes ont passé à peu près autant de temps à l'étranger (excepté les Pays-Bas pour les Français), que les locuteurs FLE parlent plus avec des personnes qui parlent français avec un accent néerlandais mais moins avec celles parlant d'autres langues et d'autres accents. Les locuteurs FLE étaient plus positifs par rapport à leur compétence en français et faisaient plus d'efforts.

**Tableau 1.** Caractéristiques linguistiques et démographiques des deux locuteurs néerlandais de français comme LE (FLE) et des locuteurs natifs français (NLF). Les chiffres présentés sont le nombre d'hommes/femmes (deuxième colonne) et le nombre de participants nés aux Pays-Bas (quatrième colonne) et des moyennes (écarts types) pour les autres variables.

Groupe	Hommes/ femmes	Âge	Né(e) aux Pays-Bas oui/non	Âge d'Arrivée aux Pays- Bas	Durée de la Résidence aux Pays- Bas	Combien aimes-tu parler français ? <sup>3</sup>	Combien d'effort fais-tu pour parler français sans accent ? <sup>3</sup>
FLE	1/7	29,4 (13,6) <sup>1</sup>	8/0	-	29,4 (13,6) <sup>2</sup>	8,3 (0,9)	6 (2,3)
FLN	2/6	27,3 (9,8)	2/6	24,2 (4,4)	4,6 (8,1)	7,6 (1,7)	1,1 (0,4)

<sup>1</sup> un participant ne voulait pas divulguer son âge ; il a été estimé à 50 ans

<sup>2</sup> sans les périodes passées hors des Pays-Bas

<sup>3</sup> sur une échelle de 1 à 9

Un participant du groupe FLN a indiqué avoir eu des troubles orthophoniques à l'âge de cinq ans, à savoir des problèmes avec la prononciation du son /s/, et qu'il s'agissait d'un problème complètement résolu au moment du test. Tous les participants ont passé un examen auditif à l'aide d'un audiomètre (Audio Console 3.3.2, Inmedico A/S, Lystrup, Denmark) pour les octaves de fréquence entre 0,125 et 8 kHz. Personne ne dépassait le critère d'une perte auditive de plus de 40 dB sur au moins une des fréquences, sauf une participante dans le groupe FLE, qui démontrait des pertes jusqu'à 70 dB (le plafond du test).<sup>7</sup> On doit tenir compte d'éventuelles déviations dans les résultats de cette participante. À la fin de la deuxième expérience, il a été demandé aux participants d'indiquer les autres participants qu'ils connaissaient (comme individu en général, sur la base de leur nom complet), incluant eux-mêmes. Des 16 × 16 = 256 connaissances logiquement possibles, 41 étaient marquées. Cela veut dire qu'environ 16 % des participants se connaissaient, ce qui pourrait jouer un rôle dans l'interprétation des résultats.

## B) Stimuli

Le but de l'expérience de production était de rassembler les phrases à évaluer dans l'expérience de perception. Les participants lisaient à haute voix des phrases présentées consécutivement sur un écran. Les phrases étaient prédéterminées pour permettre de manipuler la présence ou absence d'assimilation de voisement et pour éviter des effets lexicaux sur la perception de l'accent. La partie pertinente de la liste de phrases enregistrées pour la présente analyse consistait en deux groupes de 24 phrases distingués par l'absence ou la présence d'assimilation de voisement entre la consonne

<sup>7</sup> Un défaut dans l'audiomètre a été constaté après cette participante. L'appareil a été réparé par le fournisseur après la participation du participant numéro onze, mais on ne peut pas être sûr des résultats avant la réparation.

finale du premier mot et la consonne initiale du deuxième mot de la phrase.<sup>8</sup> Toutes les phrases suivaient la structure *Et je dis X Y* dans laquelle *Et je dis* fonctionnait comme une phrase porteuse, où X et Y étaient un nom ou un adjectif (mais pas deux adjectifs). Il était soit question d'assimilation régressive de voisement entre la plosive finale de X et la fricative initiale de Y, comme dans *Et je dis lampe verte* [lamb.vɛʁt] et *Et je dis robe sale* [ʁɔp.sal], soit il n'y était pas question d'assimilation parce que les deux consonnes avaient déjà le même statut de voisement, comme dans *Et je dis fête féroce* [fɛt.fɛʁɔs] et *Et je dis robe verte* [ʁɔb.vɛʁt] (voir l'annexe 3 pour la liste complète des stimuli). Les cibles de l'assimilation, la consonne finale du premier mot, avaient comme lieux d'articulation le trait bilabial (8 stimuli), alvéolaire (8 stimuli) ou vélaire (8 stimuli), dont pour chaque lieu d'articulation une moitié voisée et l'autre moitié sourde. Les lieux d'articulation pour les sources de l'assimilation représentaient le trait palatal (8 stimuli), labiodental (8 mots) ou alvéolaire (8 mots), dont une moitié sourde et l'autre moitié sonore. Les lieux d'articulation comme, par définition, les voisements de la cible et de la source, ne correspondaient jamais. Les stimuli sans assimilation étaient des paires de mots recombinaisonnés d'après les paires avec assimilation, afin d'assurer que les éventuelles différences d'évaluations dans l'expérience de perception ne soient pas dues à des différences d'items. Dans la moitié des items la coda du premier mot et l'attaque du deuxième mot étaient sourdes et dans l'autre moitié elles étaient voisées. Les lieux d'articulation, comme pour les paires avec assimilation, ne correspondaient jamais entre la cible et la source. Bien que la recombinaison ait engendré des paires de mots sémantiquement illogiques, l'équivalence lexicale entre les deux conditions a été considérée comme une priorité. Bien que courtes, les phrases devaient être suffisamment longues pour la détection des accents, étant donné que dans des études précédentes un seul mot émis à l'envers suffisait (Munro et al., 2010).

Tous les stimuli ont été maximalisés tous ensemble vers l'amplitude de crête et ensuite traités avec un vocodeur digital en utilisant Matlab® (R2015a, the MathWorks, Natick, MA, États-Unis) pour simuler l'algorithme employé par un IC. Les étapes essentielles sont les suivantes. Le vocodeur analyse le signal en 22 filtres non chevauchants espacés logarithmiquement, en utilise les enveloppes d'amplitude pour y convoluer des bandes de bruit espacées de la même manière et finalement, les additionne. Les pentes des filtres de synthèse étaient de 80 dB/octave pour manipuler le chevauchement des bandes de fréquence et la perte partielle de la résolution spectrale. Il convient de noter que cette simulation garde plus de détail spectral que dans la plupart des utilisateurs d'implants cochléaires, dont les paramètres moyens seraient plutôt de huit filtres et une pente de 20 dB/octave (Friesen, Shannon, Baskent, & Wang, 2001; Litvak, Spahr, Saoji, & Fridman, 2007). La simulation employée dans cette étude sert donc à imiter une situation de dégradation

---

<sup>8</sup> Les phrases enregistrées non analysées dans cette étude concernent des phrases avec ou sans focus correctif ainsi que des équivalents de toutes les phrases en néerlandais, s'élevant à 192 phrases au total.

spectrale sévère du signal à la lumière de laquelle la circonstance auditive d'un IC pourrait être interprétée indépendamment. Cela signifie que, quand la détection des accents dans la présente étude s'avère (presque) infaisable, elle ne sera probablement pas non plus faisable avec un IC. D'un autre côté, si la détection est possible avec cette simulation, cela sera une motivation pour mener une expérience avec de vrais utilisateurs d'implants.

Les stimuli ont été divisés en deux nouvelles conditions : une condition avec vocodage et une condition sans. Dans l'expérience de perception, chaque locuteur a écouté 6 des 24 phrases de chaque condition de chaque locuteur (les siennes incluses ; 6 phrases × 2 conditions d'assimilation × 2 conditions de vocodage × 16 locuteurs = 384 stimuli). Au lieu de présenter à chaque auditeur tous les stimuli, ce qui aurait rendu l'expérience trop longue, nous avons adopté un carré latin, où chaque auditeur a jugé un quart des stimuli, mais où tous les stimuli ont été évalués un nombre égal de fois par la cohorte entière. Une procédure alternative aurait été celle où il n'y avait que six stimuli différents au total, mais nous avons pensé que cela aurait été trop peu de variation pour représenter la population de paires de mots avec et sans assimilation de voisement.

### **C) Procédure**

Au début de la première séance, chaque participant a lu une lettre d'information et on a demandé à chacun de signer un formulaire de consentement. L'étude a été approuvée par le comité d'éthique de la Faculté des Sciences Humaines de l'Université de Leyde. Les expériences de production et de perception, séparées en deux séances pour chaque participant, ont eu lieu dans trois cabines différentes et insonorisées à l'université de Leyde. Les consignes pour tous les tests et les deux expériences étaient en anglais pour éviter les biais favorisant un des groupes de locuteurs.

*Expérience de production.* Durant l'expérience de production, le participant a rempli un questionnaire sur son passé linguistique et démographique (voir l'annexe 1), a fait les versions néerlandaises et françaises du test de vocabulaire Lextale (Brybaert, 2013), dont l'ordre était contrebalancé entre les participants<sup>9</sup>. Le test Lextale, dont il a été suggéré qu'il prédisait de façon fiable un niveau plus général de maîtrise de la langue (Brybaert, 2013; Lemhöfer & Broersma, 2012), était inclus pour obtenir une mesure quantitative objective de la compétence en français. Nous n'en avons analysé que les résultats français pour la présente recherche. Ensuite, le participant a passé un examen auditif<sup>10</sup> et, finalement, a fait l'expérience de production. Dans ce test, pour des chaînes de lettres phonotactiquement licites affichées consécutivement (60 en néerlandais et 84 en

---

<sup>9</sup> La version française n'a pas été développée ni autorisée par les mêmes auteurs qui ont développé les versions originales, l'anglaise et la néerlandaise.

<sup>10</sup> Pour cinq participants, à cause du défaut de l'audiomètre, cet examen a dû être reporté à la deuxième séance.

français), le participant a été prié de choisir s'il s'agissait d'un mot existant ou non. Nous avons supposé que le niveau des locuteurs FLE serait moins élevé que celui des locuteurs FLN et qu'il y aurait une corrélation entre la performance dans ce test et les évaluations de l'accent dans l'expérience de perception.

Avant de commencer l'expérience de production, l'expérimentateur a adapté la sensibilité du logiciel d'enregistrement (Audition 1.5, Adobe Systems, San Jose, États-Unis) et de la carte son externe (Roland Quad-Capture USB 2.0 Audio Interface) à la voix spécifique du participant sur un niveau de parole normale à l'aide d'une phrase d'essai. Durant l'expérience, le participant a lu à haute voix 192 phrases présentées sur un écran une par une, divisées en huit listes de 24 essais et séparées par des pauses. Chaque liste présentait une condition différente, à savoir deux langues différentes (français et néerlandais) et deux types de phrases et leurs conditions de contrôle (présence/absence d'assimilation de voisement et présence/absence de focus correctif) ( $2 \times 2 \times 2 = 8$  conditions). L'ordre de toutes ces conditions était aléatoire. Il a été demandé à chaque locuteur de prendre le temps qu'il estimait nécessaire pour produire une variante satisfaisante de chaque phrase et de recommencer la tentative tant qu'il n'en était pas satisfait. Le locuteur appuyait sur un bouton pour passer au prochain essai. Il est important de noter qu'il était aussi prié d'éviter une prononciation soignée mais de parler de façon colloquiale et courante. Cette consigne avait deux raisons. Tout d'abord, l'assimilation avait de meilleures chances de survenir, et ensuite, les risques de différence de débit de parole entre les deux groupes (locuteurs FLE et FLN) étaient réduites. Les phrases néerlandaises étaient sautées pour les participants français qui n'avaient aucune idée de leur prononciation. Une séance durait environ 75 minutes.

*Expérience de perception.* Les participants sont revenus pour l'expérience de perception entre une et quatre semaines après l'expérience de production, mais pas avant que tous ne soient venus pour la première séance, puisque les résultats de celle-ci servaient comme stimuli pour l'expérience de perception. La séance commençait par un deuxième questionnaire démographique (voir l'annexe 2)<sup>11</sup>. Avant de commencer l'expérience, l'expérimentateur devait régler le volume des stimuli jusqu'à un niveau jugé confortable par l'auditeur. Après une liste de 24 stimuli d'entraînement très semblables mais pas identiques à ceux de l'expérience même, le participant a écouté seize listes de 24 phrases, séparées par des pauses. Pour chaque phrase, il devait évaluer le degré selon lequel la prononciation semblait native (appelé *nativelikeness*, en anglais) et ensuite le degré selon lequel elle était intelligible (*intelligibility*), les deux sur une échelle de 1 à 9 (comme l'auto-évaluation des niveaux de français et néerlandais dans le premier questionnaire). Ces échelles ont souvent été employées dans des études sur l'évaluation d'accents par des auditeurs naïfs (Isaacs & Thomson,

---

<sup>11</sup> Ce questionnaire était suivi de l'examen auditif pour cinq participants (voire la note précédente).

2013; Munro et al., 2010; Saito et al., 2015). Nous avons expliqué aux participants dans les instructions écrites et verbales pourquoi ces deux évaluations étaient en principe indépendantes, pour qu'ils les évaluent indépendamment. L'évaluation de l'intelligibilité était incluse afin de pouvoir vérifier dans quelle mesure des différences d'évaluation de l'accent (*nativelikeness*) seraient accompagnées de différences de clarté de prononciation. Quand l'auditeur appuyait sur un bouton, le stimulus était interrompu et l'essai passait à la prochaine question ou au stimulus suivant. Il y avait quatre variantes de l'expérience avec différents sous-ensembles de stimuli selon la procédure du carré latin. Les ordres de tous les stimuli et conditions ont été randomisés, à l'exception de l'ordre des conditions de vocodage, qui était contrebalancé (tout d'abord tous les stimuli vocodés et ensuite tous les stimuli normaux ou l'ordre inverse). Pour chacune des quatre variantes, il y avait quatre locuteurs FLE et quatre locuteurs FLN. Le nombre de participants par groupe et le nombre total de participants qui faisaient les deux ordres de vocodage ont été contrebalancés.

Après l'expérience, il a été demandé au participant de cocher dans une liste de noms de tous les participants les personnes qu'il connaissait et les personnes dont il avait cru reconnaître la voix (y compris la sienne), séparément dans les deux conditions de vocodage. Une séance durait à peu près 60 minutes.

#### **D) Analyse**

Les données des évaluations sur le degré de prononciation native et de l'intelligibilité ont été analysées avec un modèle linéaire mixte avec comme effets fixes le groupe d'auditeurs, le groupe de locuteurs, le vocodage, la présence d'assimilation, les interactions doubles et l'interaction triple entre groupe d'auditeurs, groupe de locuteurs et vocodage, et avec comme effets aléatoires les auditeurs et les locuteurs. Le choix de ce modèle est dû au fait que nous avons voulu analyser des comparaisons inter-sujets (groupe d'auditeurs) ainsi que des comparaisons intra-sujets (groupe de locuteurs, vocodage, présence d'assimilation) et que la mise en œuvre de l'expérience est hiérarchique. Cette hiérarchie concerne les corrélations présumées pour les données d'un même locuteur et d'un même auditeur. Nous avons également analysé, à l'aide de régressions linéaires, les relations entre les paramètres jugés et, d'un côté l'auto-évaluation du niveau général de français dans le premier questionnaire et, de l'autre, les scores dans la version française de Lextale. Nous avons adopté un seuil de signification de  $p < 0.05$ . Les analyses ont été exécutées avec le logiciel SPSS 23 (IBM Corp., Armonk, NY, États-Unis).



### 3. Résultats

Nous concentrons la présentation des résultats par rapport au niveau de maîtrise du français des deux groupes de participants (c'est-à-dire, l'auto-évaluation ainsi que les deux versions du test Lextale) et sur l'expérience de perception. D'autres résultats des questionnaires ont été présentés dans la section Participants.

L'auto-évaluation des niveaux de maîtrise générale de néerlandais et de français concernait la réponse à la question *How would you rate your overall level of Dutch/French on a scale from 1 (very low) to 9 (mother-tongue level) ?* (Comment évalueriez-vous votre niveau général de néerlandais/français sur une échelle de 1 (très bas) à 9 (niveau maternel) ?) Pour les locuteurs FLE, l'évaluation moyenne de néerlandais était de 8,8 (écart type : 0,5 ; minimum : 8 ; maximum : 9) et celle de français était de 6,4 (1,4 ; 4 ; 8). Pour les locuteurs FLN, l'évaluation moyenne de néerlandais était de 5,3 (3,4 ; 1 ; 9) et celle de français était de 8,9 (0,4 ; 8 ; 9). L'exactitude dans la version française du test Lextale était de 61,5% (avec un écart type de 9,9%) pour les locuteurs FLE et de 81,4% pour les locuteurs FLN. L'exactitude de la version néerlandaise était de 93,3% (5,2%) pour les locuteurs FLE et de 62,0% (20,8%) pour les locuteurs FLN. Bien que ces deux versions ne soient, malgré leurs procédures presque identiques, pas directement comparables, ces résultats montrent tout d'abord que le niveau des apprenants est moins élevé que celui des locuteurs natifs, ce qui n'est pas une surprise. Ensuite, les résultats montrent que cette différence n'est probablement pas due simplement à un niveau linguistique général ou à l'intelligence mais à la maîtrise spécifique du français et du néerlandais. Les auto-évaluations sont en accord avec les résultats de Lextale. La comparaison des auto-évaluations néerlandaise et française suggère que l'évaluation moins élevée des apprenants du français n'est pas causée uniquement par une modestie moins présente chez les locuteurs natifs.

Les Figure 1 et 2 et le Tableau 2 montrent les résultats des évaluations sur le degré de prononciation native et l'intelligibilité, respectivement, des stimuli dans les conditions expérimentales (avec assimilation) et de contrôle (sans assimilation), vocodée et non-vocodée, pour les deux groupes d'auditeurs. Dans le Tableau 2, les données divisées selon les conditions d'assimilation ont été supprimées pour la clarté de la présentation et parce qu'aucune différence statistiquement significative n'y a été trouvée. Pour le degré de prononciation native, les effets principaux de groupe d'auditeurs (FLE ou FLN) ( $F(1, 6144) = 11,22, p = 0,001$ ), de groupe de locuteurs (FLE ou FLN) ( $F(1, 6144) = 1186,03, p < 0,001$ ) et de vocodage ( $F(1, 6144) = 26,38, p < 0,001$ ) étaient significatifs, mais l'effet de la présence d'assimilation ne l'était pas ( $F(1,6144) = 0,060, p = 0,81$ ). Parmi les interactions, celles entre groupe d'auditeurs et groupe de locuteurs ( $F(1, 6144) = 81,57, p < 0,001$ ) et entre groupe de locuteurs et vocodage ( $F(1, 6144) = 114,56, p < 0,001$ ) étaient

significatives, mais pas celles entre groupe d'auditeurs et vocodage ( $F(1, 6144) = 2,38, p = 0,123$ ), entre groupe d'auditeurs et présence d'assimilation ( $F(1, 6144) = 0,46, p = 0,50$ ), entre groupe de locuteurs et présence d'assimilation ( $F(1, 6144) = 0,76, p = 0,38$ ) ni la triple interaction entre groupe d'auditeurs, groupe de locuteurs et vocodage ( $F(1, 6144) = 2,35, p = 0,13$ ).

Quant à l'intelligibilité, les effets principaux de groupe d'auditeurs ( $F(1, 6144) = 53,54, p < 0,001$ ), de groupe de locuteurs (FLE ou FLN) ( $F(1, 6144) = 53,99, p < 0,001$ ) et de vocodage ( $F(1, 6144) = 736,08, p < 0,001$ ) atteignaient le seuil de signification, mais l'effet de la présence d'assimilation ne le faisait pas ( $F(1,6144) = 0,022, p = 0,88$ ). Parmi les interactions, celles entre groupe d'auditeurs et groupe de locuteurs ( $F(1, 6144) = 28,44, p < 0,001$ ), entre groupe de locuteurs et vocodage ( $F(1, 6144) = 29,73, p < 0,001$ ) et entre groupe de locuteurs et vocodage ( $F(1, 6144) = 9,56, p = 0,02$ ) étaient significatives, mais pas celles entre groupe d'auditeurs et présence d'assimilation ( $F(1, 6144) = 0,55, p = 0,46$ ), entre groupe de locuteurs et vocodage ( $F(1, 6144) = 1,72, p = 0,19$ ) ni la triple interaction entre groupe d'auditeurs, groupe de locuteurs et vocodage ( $F(1, 6144) = 1,06, p = 0,30$ ).

En résumant les principaux résultats, dans la condition non-vocodée, la prononciation des locuteurs FLE a été jugée moins native (5,5 sur l'échelle de 1 à 9) et moins intelligible (7,7) que celle des locuteurs FLN (8 et 8,2, respectivement). Ces comparaisons post-hoc étaient significatives ( $p < 0,001$ ). Ce qui est important c'est que dans la condition vocodée, les différences entre les deux groupes de locuteurs étaient atténuées significativement mais étaient toujours significatives, avec 5,8 (FLE) et 7,1 (FLN) pour le degré de prononciation native et 6,6 et 6,8 pour l'intelligibilité. Il est intéressant d'observer que les groupes d'auditeurs évaluaient les deux paramètres plus élevés (ou moins élevés mais avec un écart moins important) pour leur propre groupe de locuteurs que ne le faisait l'autre groupe. Il y a au moins deux explications pour cette observation. Tout d'abord, il est possible que les auditeurs reconnaissent la langue maternelle des locuteurs et jugent simplement la mesure dans laquelle ils la reconnaissent, sans se demander nécessairement si cet accent appartient à la langue de la production actuelle. Une deuxième explication serait que les auditeurs FLE étaient moins sensibles en ce qui concerne la détection d'un accent étranger dans une LC et qu'ils font donc moins de différenciation dans les évaluations. Comme il n'est pas sûr que les groupes aient utilisé les échelles de la même façon, nous préférons la deuxième explication. Une autre observation déduite des données est que la présence ou absence d'assimilation n'a aucun effet sur les paramètres jugés, ni dans la condition vocodée ni dans la condition non-vocodée. Cette observation sera traitée dans la section Discussion.

Afin d'explorer de plus près la façon dont les auditeurs ont émis les évaluations, nous avons analysé la corrélation entre le degré de prononciation native et deux paramètres de niveau général de français, à savoir l'auto-évaluation et le score dans Lextale. Les Figures 3 et 4 présentent des nuages de points montrant ces résultats divisés par le vocodage et le groupe de locuteurs. Les

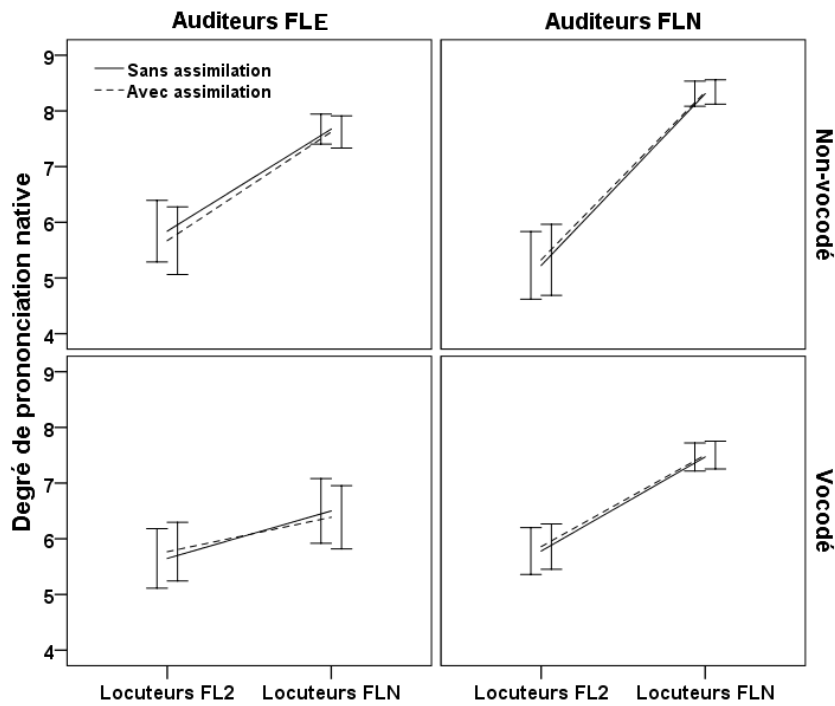
résultats équivalents pour l'intelligibilité n'ont pas été inclus parce que les corrélations en étaient très faibles (typiquement  $R^2 < 0,1$  ; voir les Figures). Avec des valeurs entre  $r = 0,47$  et  $r = 0,81$ , toutes les corrélations étaient moyennes ou fortes (Cohen, 1988), mais plus faibles pour l'intelligibilité que pour le degré de prononciation native, et très significatives. La corrélation était plus forte pour les auditeurs FLN que pour les auditeurs FLE et plus forte dans la condition non-vocodée que dans la condition vocodée. On pourrait interpréter ces observations en supposant que les auditeurs ne basent leur évaluation ni sur l'intelligibilité des productions, ni sur la reconnaissance éventuelle de l'identité des locuteurs individuels. En effet, il est prévisible que dans le cas contraire les corrélations ne diffèreraient pas entre les cellules des conditions et les corrélations seraient plus fortes pour l'intelligibilité.

Dans la liste de voix reconnues par les auditeurs, 10,5% des cellules étaient cochées dans la condition normale et 4,7% dans la condition vocodée.

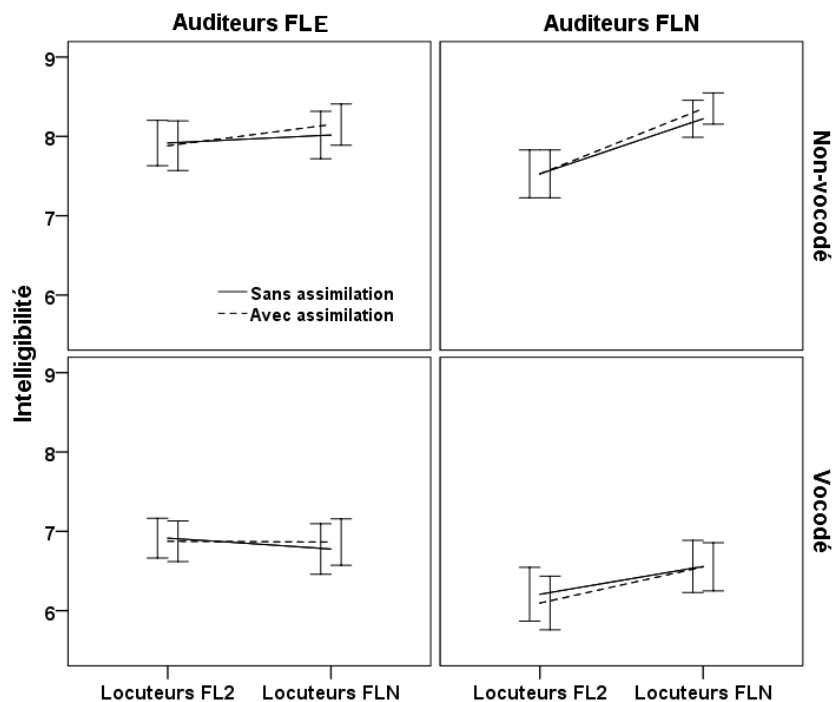
Globalement, les résultats montrent que la détection des accents est possible avec la simulation des IC employée dans cette étude, que même les auditeurs FLE sont capables de faire la distinction (bien qu'avec plus de difficulté), que les accents modifient l'intelligibilité (mais que l'intelligibilité n'explique pas les accents entièrement), que la présence d'assimilation n'a pas influencé la perception des accents et que les évaluations sur le degré de prononciation native sont basées sur le niveau de français des locuteurs.

**Tableau 2.** Degré moyen de prononciation native et intelligibilité moyenne (écart type entre parenthèses) pour les différents groupes d'auditeurs et de locuteurs et pour les deux conditions de vocodage (pour la clarté de présentation, la distinction entre les conditions avec et sans assimilation, entre lesquelles aucune différence statistiquement significative n'a été trouvée, ou a été supprimée).

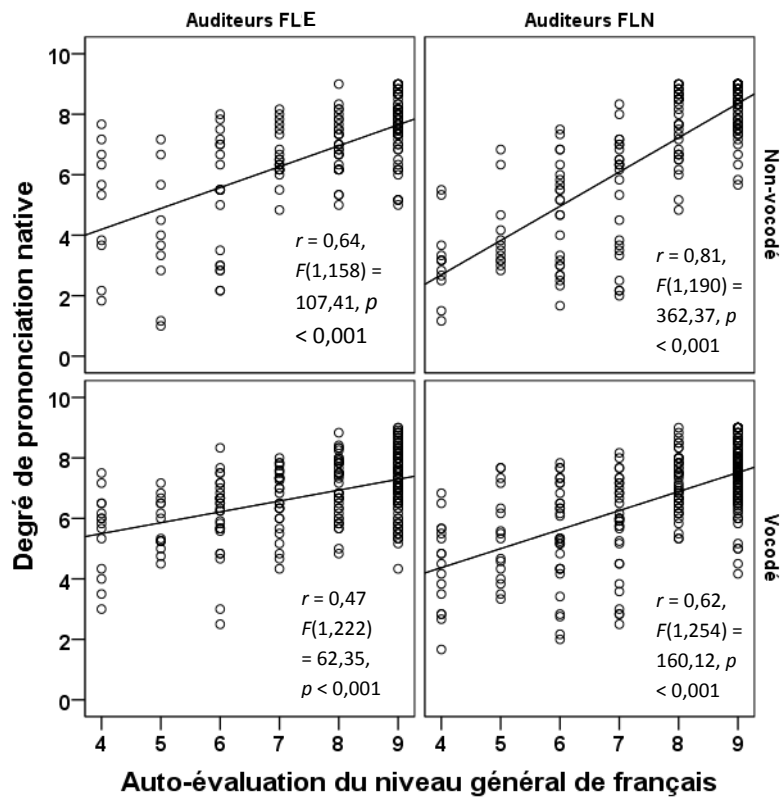
		Locuteurs FLE		Locuteurs FLN		Totaux	
Groupe	Vocodage	Degré de prononciation native	Intelligibilité	Degré de prononciation native	Intelligibilité	Degré de prononciation native	Intelligibilité
FLE	Non-vocodé	5,8 (2,3)	7,9 (1,2)	7,7 (1,4)	8,1 (1,3)	<b>6,7 (2,2)</b>	<b>8 (1,2)</b>
	Vocodé	5,9 (2,4)	7 (1,9)	6,8 (2,4)	7 (2)	<b>6,3 (2,5)</b>	<b>7 (1,9)</b>
	<b>Totaux</b>	<b>5,8 (2,4)</b>	<b>7,4 (1,7)</b>	<b>7,1 (2,1)</b>	<b>7,4 (1,8)</b>	<b>6,5 (2,4)</b>	<b>7,4 (1,8)</b>
FLN	Non-vocodé	5,3 (2,5)	7,5 (1,4)	8,3 (1,1)	8,3 (1,1)	<b>6,8 (2,5)</b>	<b>7,9 (1,3)</b>
	Vocodé	5,8 (2,2)	6,2 (2)	7,5 (1,4)	6,6 (2)	<b>6,6 (2,1)</b>	<b>6,4 (2)</b>
	<b>Totaux</b>	<b>5,6 (2,3)</b>	<b>6,7 (1,9)</b>	<b>7,8 (1,4)</b>	<b>7,3 (1,9)</b>	<b>6,7 (2,2)</b>	<b>7 (1,9)</b>
<b>Totaux</b>	<b>Non-vocodé</b>	<b>5,5 (2,4)</b>	<b>7,7 (1,3)</b>	<b>8 (1,3)</b>	<b>8,2 (1,2)</b>	<b>6,8 (2,3)</b>	<b>8 (1,3)</b>
	<b>Vocodé</b>	<b>5,8 (2,3)</b>	<b>6,6 (1,9)</b>	<b>7,1 (2)</b>	<b>6,8 (2)</b>	<b>6,5 (2,3)</b>	<b>6,7 (2)</b>
	<b>Totaux</b>	<b>5,7 (2,4)</b>	<b>7 (1,8)</b>	<b>7,4 (1,8)</b>	<b>7,3 (1,9)</b>	<b>6,6 (2,3)</b>	<b>7,2 (1,8)</b>



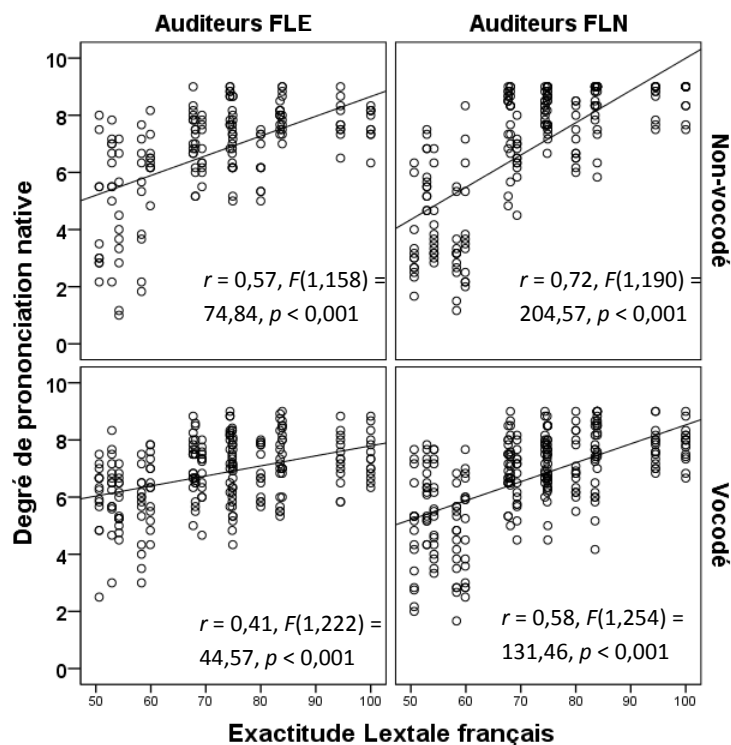
**Figure 1.** Évaluations du degré de prononciation native des stimuli dans les conditions expérimentales (avec assimilation) et de contrôle (sans assimilation), vocodées et non-vocodées, pour les deux groupes d'auditeurs. Les barres d'erreur représentent les intervalles de confiance à 95%.



**Figure 2.** Évaluations de l'intelligibilité des stimuli dans les conditions expérimentales (avec assimilation) et de contrôle (sans assimilation), vocodées et non-vocodées, pour les deux groupes d'auditeurs. Les barres d'erreur représentent les intervalles de confiance à 95%.



**Figure 3.** Nuages de points montrant les corrélations entre l’auto-évaluation du niveau général de français et le degré de prononciation native, pour les deux groupes d’auditeurs et les deux conditions de vocodage. La quantité de variance expliquée, les valeurs  $F$ , les degrés de liberté et les valeurs  $p$  des cellules sont montrés dans les panneaux respectifs.



**Figure 4.** Nuages de points montrant les corrélations entre l’exactitude dans la version française de Lextale et les scores d’exactitude dans la version française de Lextale pour les deux groupes d’auditeurs et les deux conditions de vocodage. La quantité de variance expliquée, les valeurs  $F$ , les degrés de liberté et les valeurs  $p$  des cellules sont montrés dans les panneaux respectifs.

#### 4. Discussion

La présente étude avait pour but d'examiner si des auditeurs natifs (FLN) et non-natifs (FLE) de français étaient capables de détecter des accents étrangers dans des phrases très courtes sans et avec assimilation régressive d'obstruantes dans des circonstances auditives reflétant celles éprouvées par des utilisateurs d'implants cochléaires (IC ; le vocodage). Seize participants avaient enregistré des stimuli et, quelques semaines plus tard, en avaient évalué le degré de prononciation native et l'intelligibilité sur des échelles de 1 (très non-native/très peu intelligible) à 9 (tout à fait native/tout à fait intelligible). Dans la lumière de la distorsion spectrale sévère produite par le vocodage, la distinction entre les conditions avec et sans assimilation était introduite afin d'assurer qu'il y aurait un indice, à savoir le contraste entre des consonnes sonores et sourdes, présent dans le signal qui pourrait trahir une éventuelle provenance linguistique autre que française. En effet, la direction de l'assimilation de voisement entre des fricatives dans l'attaque d'un mot et la coda de la précédente est régressive en français mais progressive en néerlandais, un type de règle que les apprenants de tous les niveaux ne maîtrisent pas toujours (Darcy et al., 2007). Cette étude investiguant la détection d'accents apporte deux nouveautés. Tout d'abord, elle n'a, pour autant que nous le sachions, jamais été étudiée dans des conditions réelles ou simulées d'IC. Deuxièmement, les locuteurs et les auditeurs étaient les mêmes individus, une procédure qui rend les deux expériences constituant la recherche, celle de l'enregistrement des stimuli et celle des évaluations des stimuli, plus efficace puisqu'on n'a besoin que d'un seul groupe. Puisque tous les participants suivaient exactement la même procédure, la méthodologie était complètement équilibrée.

Les résultats des questionnaires sur la démographie générale et linguistique des participants, et du niveau général de français à l'aide du test de vocabulaire Lextale français (Brysbart, 2013) ont montré que les niveaux de français étaient différents entre les participants FLE et les participants FLN, ce qui assure que les participants FLE étaient vraiment des apprenants au moment des tests. Les locuteurs FLE avaient indiqué qu'ils aimaient parler français dans une mesure de 8,3 sur 9 et qu'ils faisaient un effort pour parler français sans accent dans une mesure de 6 sur 9. Ces nombres pourraient indiquer qu'ils trouvent important de bien parler français et ne cultivent pas un accent étranger afin de souligner une identité non-française. La plupart d'entre eux étaient des étudiants de langues et culture françaises à l'université de Leyde, un statut compatible avec cette motivation. Les résultats de Lextale sont en accord avec l'auto-évaluation, montrant une différence significative entre les deux groupes en faveur des locuteurs natifs. Pour ces raisons, nous pouvons supposer que les accents à évaluer par les auditeurs soient naturels reflétant un degré véritable de compétence de français.

Le résultat principal de cette recherche est que les accents sont détectables avec la simulation, bien que dans une moindre mesure que sans la simulation. Les évaluations du degré de prononciation native par les deux groupes d'auditeurs étaient moins élevées pour les locuteurs FLE que pour les locuteurs FLN. Comme la simulation détruit une grande partie de l'information spectrale et, à un moindre degré, de l'information dynamique, du signal (Shannon, 2002), cette observation suggère qu'il reste suffisamment d'information temporelle dans le signal pour permettre la détection. Comme cette tâche n'a jamais été effectuée dans la littérature sur la perception avec un IC, il n'existe pas de base de comparaison directe, mais la distinction de voix familières pourrait être un paradigme relativement semblable. La reconnaissance de l'identité de voix n'était guère possible après une phase d'entraînement intensive pour des implantés mais elle l'était pour des normoentendants, tandis que les deux groupes étaient capables de distinguer des voyelles (Vongphoe & Zeng, 2005). Cette difficulté de l'identification de voix est reflétée par des études prouvant une exactitude d'environ 70% pour la distinction de voix (Cleary, Pisoni, & Kirk, 2005) et de genres (Fu, Chinchilla, & Galvin, 2004). Massida et al. (2011), en comparant la distinction entre des voix humaines et des sons environnementaux de 500 ms. de 64 jusqu'à 2 canaux dans des simulations, ont trouvé que l'exactitude était plus élevée que le niveau de hasard même avec 2 canaux, mais qu'elle était déjà moins que parfaite avec 64 canaux. Les résultats de ces recherches ne sont pas en désaccord avec la présente étude, parce qu'on pourrait s'attendre à ce que la détection d'accents avec les 22 canaux employés soit plus facile que la distinction d'identité de voix mais qu'elle soit plus difficile que la distinction entre la voix humaine et des sons environnementaux.

Comment les accents ont-ils été reconnus ? Il y a un nombre de facteurs linguistiques et extralinguistiques qui pourraient jouer un rôle. L'observation d'un effet dans la simulation, où l'information spectrale est gravement dégradée, suggère que surtout l'information temporelle, mais aussi l'information dynamique, fournissaient des indices. La condition de la présence ou de l'absence d'assimilation de voisement aurait pu survivre à la modification de la voix, parce que les obstruantes sourdes et sonores ont différentes intensités intrinsèques (par exemple, l'explosion d'une plosive sourde est plus intense que son équivalent sonore), une différente organisation temporelle (par exemple, l'occlusion d'une plosive sourde est plus longue que l'occlusion de son équivalent sonore) et de différentes influences co-intrinsèques sur leur environnement phonétique (par exemple, les voyelles à côté d'une plosive sourde sont plus longues que celles à côté de son équivalent sonore) (Slis & Cohen, 1969). Suivant Darcy et al. (2007), nous estimons que les apprenants non avancés n'appliquent souvent pas la règle d'assimilation cible. C'est pourquoi, malgré les différences phonétiques entre les obstruantes sourdes et voisées et bien qu'elles soient présentes dans les données, les auditeurs n'ont soit pas entendu les différences, soit ils ne les ont pas utilisées dans leurs évaluations. L'effet était absent dans les deux conditions de vocodage. Pour cette raison, il est

très peu probable que les locuteurs NLF n'aient pas du tout entendu des erreurs de voisement, sinon l'effet se serait produit au moins dans la condition auditive normale. Il est donc plus probable qu'ils ne l'aient pas utilisé mais se soient concentrés sur d'autres indices, dont par exemple le débit de parole. Le débit de parole est défini comme le nombre de mots par seconde avec pauses (Goldman-Eisler, 1968) et est une caractéristique temporelle sur laquelle le vocodage a très peu d'influence. Nous croyons qu'il y a peu de chances qu'elle ait pu fonctionner comme un indice, et cela pour trois raisons : tout d'abord, les différences de débit entre les groupes ont été réduites par l'emploi de phrases très courtes et simples ; ensuite, les locuteurs étaient priés de parler couramment et de refaire une tentative en cas d'erreur de prononciation ; finalement, les enregistrements dans les deux conditions de vocodage étaient identiques (sauf le vocodage même), mais il y avait quand même des différences d'évaluations, ce qui veut dire que le débit de parole n'était pas le seul indice utilisé. Un autre indice pourrait être l'intensité de la voix des participants ou des enregistrements, mais cette différenciation devrait être neutralisée, parce que les stimuli étaient tous maximalisés vers l'amplitude de crête.

D'autres indices éventuels sont un l'identité des locuteurs (un facteur extralinguistique), ainsi que l'intelligibilité. Comme il a été expliqué dans la section Participants, malgré des tentatives pour trouver des locuteurs qui ne se connaissaient pas, 16% des combinaisons de deux personnes représentaient des connaissances. Pourtant, seulement 10,5% des voix dans la condition normale et 4,7% dans la condition vocodée étaient reconnues et il est donc peu probable que les effets forts de la détection d'accents trouvés soient tout à fait, mais éventuellement partiellement, dus à l'identification des individus. Un raisonnement comparable s'applique à l'intelligibilité. Les effets en étaient beaucoup moins considérables que ceux du degré de prononciation native. Si les auditeurs basaient complètement leurs évaluations sur l'intelligibilité, les effets seraient les mêmes.

Cette explication serait en accord avec les résultats d'une recherche sur l'intelligibilité et l'accent étranger de 40 locuteurs natifs de français québécois apprenant l'anglais comme LE, évalués par 60 locuteurs anglais natifs (Trofimovich & Isaacs, 2012). Les évaluations avaient été basées sur des monologues narratifs semi-spontanés, plus précisément des descriptions d'une histoire représentée dans une bande dessinée sans texte, et avaient ensuite été corrélées avec un grand nombre de variables linguistiques mesurées pour chaque narration. Il s'agissait de variables phonologiques (exactitude de la prononciation des segments et des syllabes), prosodiques (accent lexical, rythme et intonation), et de variables de fluidité verbale, de richesse lexicale et grammaticale et de discours. Ces corrélations avaient montré que si les évaluations de l'intelligibilité étaient notamment fondées sur le lexique et la grammaire, les évaluations de l'accent étaient liées à la phonologie segmentale et syllabique et à la prosodie rythmique (mais, pour des résultats opposés, voir Anderson-Hsieh, Johnson, & Koehler, 1992; Pinget, Bosker, Quené, & de Jong, 2014). Comme le



contenu lexical dans les conditions de vocodage et dans les groupes de locuteurs était identique dans la présente recherche et qu'il s'agissait même de tokens identiques, la prosodie, le lexique ni la grammaire ne peuvent expliquer les différences d'évaluations entre les différentes conditions. Les effets doivent être causés par des différences phonétiques. Cela confirme les résultats de Trofimovich and Isaacs (2012), parce que les deux études montrent que la phonétique suffit, ou est même dominante en ce qui concerne la reconnaissance des accents. En effet, au sujet de la déviance articulatoire d'un locuteur non natif, un des candidats concerné le Voice Onset Time (VOT), le temps d'établissement de voisement à partir de la barre de l'explosion d'une plosive (Meunier, 2007). Ce détail phonétique temporel est bien transmis par l'implant (Roman, Canévet, Lorenzi, Triglia, & Liégeois-Chauvel, 2004) et il a été découvert que les déviations jouent un rôle dans la détection des accents étrangers (Gonzalez-Bueno, 1997; Schoonmaker-Gates, 2012).

Ce bilan sur les indices employés ne permet pas de conclusions claires, mais nous croyons en dans l'utilisation d'une combinaison des indices restants que sont, notamment, les durées des segments, une quantité très limitée d'informations spectrales et dynamiques et, à un degré restreint, l'intelligibilité et l'identité des locuteurs. Il faut noter que l'intelligibilité n'est pas un indice en soi, mais qu'il s'agit d'une évaluation qui est lui-même basée sur des indices. Cette étude valide les observations tirées de la littérature selon lesquelles la durée des segments est importante dans la perception des accents, puisque c'est l'un des rares indices qui survit au vocodage.

Nos résultats ne confirment ni ne soutiennent la Differential Markedness Hypothesis. À cause de l'absence d'un effet de présence d'assimilation, il n'est pas sûr que les locuteurs aient commis des erreurs d'assimilation (bien que nous ayons argumenté que cela est probable). S'il y avait eu un tel effet, cela aurait été un élément allant à l'encontre de la DMH puisque cela aurait impliqué que les apprenants faisaient des erreurs dans un système plus régulier (moins marqué) que celui de leur langue maternelle. Les autres déviations segmentales, dont nous devons soupçonner l'occurrence dans les productions LE, sont à analyser dans le cadre des modèles Native Language Magnet, Perceptual Assimilation Model et Speech Learning Model. La réponse à la question de savoir si les erreurs s'insèrent oui ou non dans un ou plusieurs de ces modèles dépend des résultats d'une analyse phonétique détaillée des enregistrements, une entreprise que nous laisserons aux études futures.

Il convient de faire remarquer que la simulation modifiait le signal moins profondément que dans un IC typique. Si nous avons employé 22 canaux et une pente des filtres de 80 dB/octave, un IC fonctionne plutôt comme s'il y avait 8 canaux et une pente des filtres de 5 à 20 dB/octave (Friesen et al., 2001). Pour cette étude, nous avons choisi ces paramètres afin d'éviter un effet plancher. Les résultats de cette étude pourraient être importants pour les implantés pour différentes raisons. Tout d'abord, les paramètres pourraient indiquer une performance extrêmement élevée par les meilleurs

utilisateurs. Ensuite, nous avons maintenant une raison d'examiner la perception d'accents par des utilisateurs, puisque les effets sont fortement significatifs et assez robustes. Si les effets n'étaient pas significatifs, la faisabilité pour les implantés pourrait être remise en question. Finalement, l'intelligibilité était moins élevée pour les stimuli vocodés que pour les stimuli normaux ainsi que pour les locuteurs avec un accent par rapport à ceux sans accents. Étant donné que les accents affectent l'intelligibilité mais sont moins facilement détectables avec la dégradation spectrale, cela impliquerait que les implantés auraient relativement plus de difficulté à comprendre la parole non-native, sans savoir que c'est le cas. Beaucoup de personnes rencontrent souvent des locuteurs apprenant leur langue comme L2 ou LE et ils normalisent leur perception en se rendant compte de l'accent. Si un utilisateur d'un implant cochléaire ne s'aperçoit pas de l'accent, il ne s'y adapte pas, ce qui peut causer des malentendus linguistiques ou sociaux. C'est pourquoi l'étude de la détection des accents par les implantés devrait être approfondie.

## **Conclusion**

Dans cette étude nous avons étudié trois questions centrales.

- 1) *Les accents étrangers de locuteurs néerlandais parlant français sont-ils reconnaissables dans des conditions d'audition simulant le port d'un implant cochléaire ?* La réponse à cette question est positive. Les accents sont percevables bien que moins nettement que dans la condition normale. Dans la condition vocodée, les locuteurs non-natifs ont reçu une évaluation moyenne de 5,8 sur 9, tandis que ce chiffre est de 7,1 pour les locuteurs natifs. Dans la condition de contrôle, ces chiffres sont plus extrêmes, à savoir 5,5 pour les non-natifs et 8 pour les natifs.
- 2) *Les locuteurs néerlandais sont-ils capables de détecter les accents en français ?* Notre recherche a montré que cela est effectivement le cas, mais les auditeurs natifs ont plus de facilité à reconnaître ces accents. Si les auditeurs néerlandophones différencient entre 5,8 pour les locuteurs néerlandais et 7,1 pour les locuteurs français, les auditeurs francophones varient respectivement entre 5,6 et 7,8.
- 3) *Les accents néerlandais sont-ils mieux audibles dans la condition avec que sans assimilation régressive en français ?* Non, l'hypothèse n'est pas confirmée. Il n'y a aucune différence. Les auditeurs se servent probablement d'une combinaison d'indices autres que l'assimilation, tels que la durée des segments, ce qui reste de l'information dynamique et spectrale ainsi que l'intelligibilité et l'identité des locuteurs.

## Remerciements

Nous tenons tout d'abord à remercier nos directeurs de mémoire, Prof. Dr. Johan Rooryck et Dr. Jenny Doetjes, pour la supervision de ce rapport. Nous remercions aussi Bastien Boutonnet, Anne-Françoise Spoto et Aude Martincourt pour leurs remarques sur des versions précédentes de ce texte. Finalement, nous remercions Ir. Jos Pacilly du laboratoire phonétique de l'université de Leyde, ainsi que tous les participants aux deux expériences.

## Bibliographie

- Anderson-Hsieh, J., Johnson, R., & Koehler, K. (1992). The relationship between native speaker judgments of nonnative pronunciation and deviance in segmentais, prosody, and syllable structure. *Language Learning*, 42(4), 529-555.
- Armstrong, N. (1996). Variable deletion of French/l: linguistic, social and stylistic factors. *Journal of French Language Studies*, 6(01), 1-21.
- Best, C. T. (1994). The emergence of native-language phonological influences in infants: A perceptual assimilation model. *The development of speech perception: The transition from speech sounds to spoken words*, 167, 167-224.
- Booij, G. (1999). *The phonology of Dutch* (Vol. 5): Oxford University Press.
- Brybaert, M. (2013). Lextale\_FR a fast, free, and efficient test to measure language proficiency in French. *Psychologica Belgica*, 53(1), 23-37.
- Cleary, M., Pisoni, D. B., & Kirk, K. I. (2005). Influence of voice similarity on talker discrimination in children with normal hearing and children with cochlear implants. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 48(1), 204-223.
- Cohen, J. (1988). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*. 2nd edn. Hillsdale, New Jersey: L: Erlbaum.
- Dahan, D., Drucker, S. J., & Scarborough, R. A. (2008). Talker adaptation in speech perception: Adjusting the signal or the representations? *Cognition*, 108(3), 710-718.
- Darcy, I., Peperkamp, S., & Dupoux, E. (2007). Bilinguals play by the rules: Perceptual compensation for assimilation in late L2-learners. *Laboratory phonology*, 9, 411-442.
- Derwing, T. M., & Munro, M. J. (2009). Putting accent in its place: Rethinking obstacles to communication. *Language Teaching*, 42(04), 476-490.
- Dowell, R. C., Martin, L., Tong, Y., Clark, G. M., Seligman, P., & Patrick, J. (1982). A 12-consonant confusion study on a multiple-channel cochlear implant patient. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 25(4), 509-516.
- Eckman, F. R. (1987). Markedness and the contrastive analysis hypothesis. *Interlanguage phonology: The acquisition of a second language sound system*, 55-69.
- Flege, J. E. (1995). Second language speech learning: Theory, findings, and problems. *Speech perception and linguistic experience: Issues in cross-language research*, 233-277.
- Flege, J. E. (1999). Age of learning and second language speech. *Second language acquisition and the critical period hypothesis*, 101-131.
- Flege, J. E., & Hillenbrand, J. (1984). Limits on phonetic accuracy in foreign language speech production. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 76(3), 708-721.
- Flege, J. E., & Liu, S. (2001). The effect of experience on adults' acquisition of a second language. *Studies in Second Language Acquisition*, 23(04), 527-552.
- Flege, J. E., Yeni-Komshian, G. H., & Liu, S. (1999). Age constraints on second-language acquisition. *Journal of Memory and Language*, 41(1), 78-104.

- Friesen, L. M., Shannon, R. V., Baskent, D., & Wang, X. (2001). Speech recognition in noise as a function of the number of spectral channels: comparison of acoustic hearing and cochlear implants. *Journal of the Acoustical Society of America*, *110*(2), 1150-1163.
- Fu, Q.-J., Chinchilla, S., & Galvin, J. J. (2004). The role of spectral and temporal cues in voice gender discrimination by normal-hearing listeners and cochlear implant users. *Journal of the Association for Research in Otolaryngology*, *5*(3), 253-260.
- Goldman-Eisler, F. (1968). *Psycholinguistics. Experiments in spontaneous speech*. London: Academic Press.
- Gonzalez-Bueno, M. (1997). Voice-onset-time in the perception of foreign accent by native listeners of Spanish. *IRAL-International Review of Applied Linguistics in Language Teaching*, *35*(4), 251-268.
- Hazan, V., & Simpson, A. (1998). The effect of cue-enhancement on the intelligibility of nonsense word and sentence materials presented in noise. *Speech Communication*, *24*(3), 211-226.
- Isaacs, T., & Thomson, R. I. (2013). Rater experience, rating scale length, and judgments of L2 pronunciation: Revisiting research conventions. *Language Assessment Quarterly*, *10*(2), 135-159.
- Johnson, J. S., & Newport, E. L. (1989). Critical period effects in second language learning: The influence of maturational state on the acquisition of English as a second language. *Cognitive Psychology*, *21*(1), 60-99.
- Kraayeveld, J., Rietveld, A., & Heuven, V. J. v. (1993). *Speaker specificity in prosodic parameters*. Paper presented at the ESCA Workshop on Prosody.
- Kuhl, P. K., & Iverson, P. (1995). Chapter 4: Linguistic Experience and the "Perceptual Magnet Effect,". *Speech perception and linguistic experience: Issues in cross-language research*, 121-154.
- Lecumberri, M. L. G., Cooke, M., & Cutler, A. (2010). Non-native speech perception in adverse conditions: A review. *Speech Communication*, *52*(11-12), 864-886. doi: 10.1016/j.specom.2010.08.014
- Lemhöfer, K., & Broersma, M. (2012). Introducing LexTALE: A quick and valid lexical test for advanced learners of English. *Behavior Research Methods*, *44*(2), 325-343.
- Lenneberg, E. (1967). *Biological foundations of language*. New York: Wiley.
- Litvak, L. M., Spahr, A. J., Saoji, A. A., & Fridman, G. Y. (2007). Relationship between perception of spectral ripple and speech recognition in cochlear implant and vocoder listeners. *Journal of the Acoustical Society of America*, *122*(2), 982-991. doi: 10.1121/1.2749413
- Lively, S. E., Pisoni, D. B., Yamada, R. A., Tohkura, Y. i., & Yamada, T. (1994). Training Japanese listeners to identify English/r/and/l/. III. Long-term retention of new phonetic categories. *The Journal of the Acoustical Society of America*, *96*(4), 2076-2087.
- Major, R. C. (2001). *Foreign accent: The ontogeny and phylogeny of second language phonology*: Routledge.
- Massida, Z., Belin, P., James, C., Rouger, J., Fraysse, B., Barone, P., & Deguine, O. (2011). Voice discrimination in cochlear-implanted deaf subjects. *Hearing Research*, *275*(1), 120-129.
- Meunier, C. (2007). Phonétique acoustique. *Les dysarthries*, 164-173.
- Most, T., Gaon-Sivan, G., Shpak, T., & Luntz, M. (2012). Contribution of a Contralateral Hearing Aid to Perception of Consonant Voicing, Intonation, and Emotional State in Adult Cochlear Implantees. *Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, *17*(2), 244-258. doi: 10.1093/deafed/enr046
- Munro, M. J. (1998). The effects of noise on the intelligibility of foreign-accented speech. *Studies in Second Language Acquisition*, *20*(02), 139-154.
- Munro, M. J., Derwing, T. M., & Burgess, C. S. (2010). Detection of nonnative speaker status from content-masked speech. *Speech Communication*, *52*(7), 626-637.
- Patkowski, M. S. (1980). The sensitive period for the acquisition of syntax in a second language 1. *Language Learning*, *30*(2), 449-468.
- Pinget, A.-F., Bosker, H. R., Quené, H., & de Jong, N. H. (2014). Native speakers' perceptions of fluency and accent in L2 speech. *Language Testing*, *31*(3), 349-365.

- Piske, T., MacKay, I. R., & Flege, J. E. (2001). Factors affecting degree of foreign accent in an L2: A review. *Journal of Phonetics*, 29(2), 191-215.
- Rasier, L., & Hiligsmann, P. (2007). Prosodic transfer from L1 to L2. Theoretical and methodological issues. *Nouveaux cahiers de linguistique française*, 28(2007), 41-66.
- Rigault, A. (1967). *L'assimilation consonantique de sonorité en français: étude acoustique et perceptuelle*. Paper presented at the Proceedings of the 6th international congress of phonetic sciences.
- Rogers, C. L., Dalby, J. M., & Nishi, K. (2001). Effects of noise and proficiency level on intelligibility of Chinese-accented English. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 109(5), 2473-2473.
- Roman, S., Canévet, G., Lorenzi, C., Triglia, J.-M., & Liégeois-Chauvel, C. (2004). Voice onset time encoding in patients with left and right cochlear implants. *Neuroreport*, 15(4), 601-605.
- Saito, K., Trofimovich, P., & Isaacs, T. (2015). Second language speech production: Investigating linguistic correlates of comprehensibility and accentedness for learners at different ability levels. *Applied Psycholinguistics*, 35.
- Schoonmaker-Gates, E. (2012). *Perception of foreign accent in Spanish by native and nonnative listeners: Investigating the role of VOT and speech rate*. INDIANA UNIVERSITY.
- Shannon, R. V. (2002). The relative importance of amplitude, temporal, and spectral cues for cochlear implant processor design. *Am J Audiol*, 11(2), 124-127.
- Slis, I. H., & Cohen, A. (1969). On Complex Regulating Voiced-Voiceless Distinction .I. *Language and Speech*, 12, 80-&.
- Traitement de la surdité par pose d'implants cochléaires ou d'implants du tronc cérébral. (2007): Haute autorité de santé.
- Trofimovich, P., & Isaacs, T. (2012). Disentangling accent from comprehensibility. *Bilingualism: Language and Cognition*, 15(04), 905-916.
- Van Bezooijen, R. (1993). Verschillen in toonhoogte: natuur of cultuur? *Gramma/TTT*, 2(3), 165-179.
- Vongphoe, M., & Zeng, F.-G. (2005). Speaker recognition with temporal cues in acoustic and electric hearing). *The Journal of the Acoustical Society of America*, 118(2), 1055-1061.
- Walsh, T. M., & Diller, K. C. (1979). *Neurolinguistic considerations on the optimum age for second language learning*. Paper presented at the Annual Meeting of the Berkeley Linguistics Society.

## Annexes

### Annexe 1. Questionnaire about language background

1. What is/are your mother tongue(s) with which you grew up?

*All ratings below are on a scale from 1 (very low) tot 9 (mother tongue level)*

2. As for speaking, how would you rate your level of Dutch?

3. As for understanding, how would you rate your level of spoken Dutch?

4. As for writing, how would you rate your level of Dutch?

5. As for reading, how would you rate your level of Dutch?

6. How would you rate your overall level of Dutch?

7. As for speaking, how would you rate your level of French?

8. As for understanding, how would you rate your level of spoken French?

9. As for writing, how would you rate your level of French?

10. As for reading, how would you rate your level of French?

11. How would you rate your overall level of French?

12. Do you speak other languages (to some degree at least)?

*on a scale from 1 (very low) tot 9 (mother tongue level); for instance 'English: 8; German: 7'*

*Mark only one oval.*

- Yes *Skip to question 13.*
- No *Skip to question 16.*

13. Which other languages do you speak?

14. What's your level of speaking/writing in each of these languages?

*on a scale from 1 (very low) tot 9 (mother tongue level); for instance 'English: 8; German: 7'*

15. What's your level of listening/reading in each of these languages?

*on a scale from 1 (very low) tot 9 (mother tongue level); for instance 'English: 7; German: 6'*

16. Have you spent more than three months without interruption abroad?

*Mark only one oval.*

- Yes *Skip to question 17.*
- No *Skip to question 18.*

17. In which country/countries was this and how long?

*For example: 'Italy: 15 months'*

18. Have you ever been treated for problems with hearing or speaking?

*Mark only one oval.*

- Yes    *Skip to question 19.*
- No    *Skip to question 20.*

19. Could you briefly describe the problem you were treated for?

20. Do you experience problems with hearing or speaking at this moment?

*Mark only one oval.*

- Yes    *Skip to question 21.*
- No    *Skip to question 22.*

21. Could you briefly describe this problem?

22. What's your subject number (ask the experiment leader)?

## Annexe 2. Additional questions language background

1. How often do you talk, on average, with people speaking language (Dutch, French or any other language) with a foreign accent?

*Mark only one oval.*

- Never
- Less than once a month
- About 1 to 3 times a month
- About once a week
- Several times a week
- Every day

2. How often do you talk, on average with people speaking French with Dutch accent?

*Mark only one oval.*

- Never
- Less than once a month
- About 1 to 3 times a month
- About once a week
- Several times a week
- Every day

3. How much do you like speaking French on a scale from 1 (I totally hate it) to 9 (I adore it)?

4. When speaking French, how much effort do you put into speaking it without a foreign accent, on a scale from 1 (no effort at all) to 9 (I do all I can)?

5. Were you born in the Netherlands?

*Mark only one oval.*

- Yes *Skip to question 8.*
- No *Skip to question 6.*

6. At what age did you first move to the Netherlands?

7. How long have you lived in the Netherlands?

8. What's your subject number (ask the experiment leader)?



Annexe 3. Liste de paires de mots français avec et sans assimilation de voisement dans l'expérience de production et quelques caractéristiques articulatoires. Chaque paire était précédée de *Et je dis*.

Lieu d'articulation cible	Voisement cible	Voisement source	Lieu d'articulation source	Paires de mots
<b>Avec assimilation</b>				
bilabial	sourd	voisé	alvéolaire	cape zodiaque
			labiodental	nappe volée
			labiodental	lampe verte
	voisé	sourd	palatal	groupe jaloux
			alvéolaire	robe sale
			labiodental	globe futur
alvéolaire	sourd	voisé	labiodental	bombe fatale
			palatal	crabe chaud
			alvéolaire	fête zoologique
	voisé	sourd	labiodental	grotte viable
			palatal	porte juste
			palatal	route japonaise
vélaire	sourd	voisé	alvéolaire	monde saine
			labiodental	garde fiable
			alvéolaire	coude sèche
	voisé	sourd	palatal	bande changé
			alvéolaire	chèque zéro
			alvéolaire	nuque zoulou
bilabial	sourd	voisé	labiodental	truc véritable
			palatal	plaque jaune
			alvéolaire	langue sacrée
	voisé	sourd	labiodental	blague feroce
			palatal	digue chère
			palatal	vague chérie
<b>Sans assimilation</b>				
bilabial	sourd	voisé	alvéolaire	lampe saine
			alvéolaire	nappe sale
			labiodental	cape fatale
			labiodental	groupe futur

	voisé	sourd	alvéolaire	bombe zéro
			alvéolaire	crabe zoologique
			alvéolaire	globe zodiaque
			labiodental	robe verte
alvéolaire	sourd	voisé	alvéolaire	grotte sèche
			alvéolaire	porte sacrée
			labiodental	fête feroce
			palatal	route changé
	voisé	sourd	labiodental	garde volée
			palatal	bande japonaise
			palatal	coude jaune
			palatal	monde jaloux
vélaire	sourd	voisé	labiodental	plaque fiable
			palatal	chèque chère
			palatal	truc chaud
			palatal	nuque chérie
	voisé	sourd	alvéolaire	digue zoulou
			labiodental	langue viable
			labiodental	vague véritable
			palatal	blague juste