



MEMOIRE présenté pour l'obtention du
CERTIFICAT DE CAPACITE D'ORTHOPHONISTE

Par
FAVIER Ségolène

**ADAPTATION À LA LANGUE FRANÇAISE D'UN
TEST ANGLO-SAXON DE PERCEPTION DE LA
PAROLE : LE FAAF TEST**
(Four Alternative Auditory Feature test)

Maîtres de Mémoire
Mme MARTINON Geneviève
Dr MOULIN Annie

Membres du Jury

CHIVAL Gaëlle
OZIL Marie
TRUY Éric

Date de Soutenance
02 juillet 2009

« Avance sur ta route, car elle n'existe que par ta marche »
(Saint Augustin)

*« Levant les yeux au ciel, il poussa un gémissement et lui dit
« Ephata » c'est-à-dire : « Ouvre-toi ! ».
Et ses oreilles s'ouvrirent et aussitôt le lien de sa langue se dénoua et il parlait
correctement.
(Mc, 7, 34)*

ORGANIGRAMMES

1. Université Claude Bernard Lyon1

Président
Pr. COLLET Lionel

Vice-président CEVU
Pr. SIMON Daniel

Vice-président CA
Pr. LIETO Joseph

Vice-président CS
Pr. MORNEX Jean-François

Secrétaire Général
M. GAY Gilles

1.1. Secteur Santé :

U.F.R. de Médecine Lyon Grange
Blanche
Directeur
Pr. MARTIN Xavier

U.F.R d'Odontologie
Directeur
Pr. ROBIN Olivier

U.F.R de Médecine Lyon R.T.H.
Laennec
Directeur
Pr. COCHAT Pierre

Institut des Sciences Pharmaceutiques
et Biologiques
Directeur
Pr. LOCHER François

U.F.R de Médecine Lyon-Nord
Directeur
Pr. ETIENNE Jérôme

Institut des Sciences et Techniques de
Réadaptation
Directeur
Pr. MATILLON Yves

U.F.R de Médecine Lyon-Sud
Directeur
Pr. GILLY François Noël

Département de Formation et Centre
de Recherche en Biologie Humaine
Directeur
Pr. FARGE Pierre

1.2. Secteur Sciences :

Centre de Recherche
Astronomique de Lyon -
Observatoire de Lyon
Directeur
M. GUIDERDONI Bruno

I.S.F.A. (Institut de Science Financière
et D'assurances)
Directeur
Pr. AUGROS Jean-Claude

U.F.R. Des Sciences et
Techniques des Activités
Physiques et Sportives
Directeur
Pr. COLLIGNON Claude

U.F.R. de Génie Electrique et des
Procédés
Directeur
Pr. CLERC Guy

U.F.R. de Physique
Directeur
Mme FLECK Sonia

U.F.R. de Chimie et Biochimie
Directeur
Pr. PARROT Hélène

U.F.R. de Biologie
Directeur
Pr. PINON Hubert

U.F.R. des Sciences de la Terre
Directeur
Pr. HANTZPERGUE Pierre

I.U.T. A
Directeur
Pr. COULET Christian

I.U.T. B
Directeur
Pr. LAMARTINE Roger

Institut des Sciences et des
Techniques de l'Ingénieur de Lyon
Directeur
Pr. LIETO Joseph

U.F.R. De Mécanique
Directeur
Pr. BEN HADID Hamda

U.F.R. De Mathématiques
Directeur
Pr. CHAMARIE Marc

U.F.R. D'informatique
Directeur
Pr. AKKOUCHE Samir

IUFM
Directeur
M. BERNARD Régis

**2. Institut Sciences et Techniques de Réadaptation FORMATION
ORTHOPHONIE**

Directeur ISTR
Pr. MATILLON Yves

Directeur de la formation
Pr. TRUY Eric

Directeur des études
BO Agnès

Directeur de la recherche
Dr. WITKO Agnès

Responsables de la formation clinique
PERDRIX Renaud
MORIN Elodie

Chargée du concours d'entrée
PEILLON Anne

Secrétariat de direction et de scolarité
BADIOU Stéphanie
CLERC Denise

REMERCIEMENTS

Un mémoire de recherche ne peut être réalisé seul. C'est est le résultat d'un travail d'équipe.

J'adresse donc un immense MERCI :

à Madame Moulin pour sa présence et sa disponibilité constante. Merci de m'avoir offert ce beau projet. Porteuse de nombreuses casquettes, vous avez aussi été ma « binôme officieuse », et sans vous je ne serais pas arrivée au bout de ce mémoire. Votre expertise et votre simplicité rendent la recherche attirante et donnent le goût de l'approfondissement documentaire. Merci pour votre gentillesse, vos innombrables conseils et votre confiance.

à Madame Martinon, pour son regard clinique et ses conseils avisés, tant sur le plan du mémoire que sur le métier d'orthophoniste.

à Madame Witko, pour sa vaillance dans la tempête ! Merci pour vos encouragements, votre confiance et votre sagacité.

au Professeur Nottet d'avoir bien voulu nous accueillir au sein de son service de l'hôpital Desgenettes.

à Madame Chival et au Professeur Truy pour leur lecture attentive et bienveillante. Soyez certains que vos remarques constructives ont été bien utiles.

à mes maîtres de stage de 4^{ème} année, Madame Ferrero et Madame Tiraboschi-Chosson, pour leur attention, leur confiance et leur compréhension.

aux sujets, connus ou inconnus, qui ont bien voulu donner de leur temps pour participer à ce projet. Sans eux, ce travail n'aurait pu aboutir. Merci pour votre patience et votre investissement.

aux autres étudiants qui ont participé, de près ou de loin, à ce projet de recherche. On grandit beaucoup en travaillant en équipe...

à ma famille, à mes amis et à ma coloc', pour leur amour, leur soutien sans faille et leur confiance à toute épreuve.

à mes camarades de promotion, pour les joies partagées et leur présence dans les moments plus difficiles. Ces 4 années resteront gravées...

SOMMAIRE

ORGANIGRAMMES	3
1. Université Claude Bernard Lyon1	3
2. Institut Sciences et Techniques de Réadaptation FORMATION ORTHOPHONIE	5
REMERCIEMENTS.....	6
SOMMAIRE.....	7
INTRODUCTION.....	11
PARTIE THEORIQUE.....	13
I. Surdité et implant cochléaire.....	14
1. Les caractéristiques de la surdité.....	14
2. L’implant cochléaire	16
II. La perception de la parole	18
1. Quelques éléments de phonétique.....	19
2. Les facteurs pouvant influencer la perception de la parole	19
3. La perception chez les sujets déficients auditifs	21
III. L’audiométrie.....	23
1. L’audiométrie tonale	23
2. L’audiométrie vocale	23
IV. Le FAAF Test	25
1. Le matériel	25
2. La mise au point du FAAF Test anglais.....	26
3. L’utilisation du FAAF Test aujourd’hui	26
4. Avantages et limites du FAAF Test.....	27
V. �laboration d’un test d’audiométrie vocale à choix forcé en français	28
PROBLEMATIQUE ET HYPOTHESES.....	29
PARTIE EXPERIMENTALE	31
I. Création d’un test en français.....	32

SOMMAIRE

1. Matériel et méthode	32
2. Protocole de validation du FAAF Test français	36
II. Mise en place d'un protocole pour le choix des locuteurs définitifs.....	38
1. Matériel et méthode	38
2. Protocole	39
PRESENTATION DES RESULTATS.....	41
I. La liste d'items du test français.....	42
1. Les oppositions phonémiques représentées.....	43
2. Les caractéristiques des mots	44
II. Validation du test à intensité confortable.....	45
III. Fonction psychométrique	45
1. Evolution des scores en fonction de l'intensité de stimulation, pour 12 sujets normoentendants.....	45
2. Résultats obtenus chez les sujets normoentendants	46
3. Différences de résultats entre le test phrases et le test mots.....	47
4. Tableau des erreurs pour les différents quadruplets.....	48
5. Résultats en fonction de la place du phonème changeant (début ou fin) pour 2 paires de quadruplets.....	49
IV. Résultats chez les sujets malentendants	50
1. Comparaison des scores au FAAF français avec le pourcentage d'intelligibilité à la vocale de Fournier.....	50
2. Résultat en fonction du type de test (mot ou phrase).	50
3. Résultats en fonction du quadruplet.....	51
4. Résultats en fonction de l'ordre de présentation des quadruplets	52
5. Résultats en fonction de la place du phonème changeant (début ou fin) pour 2 paires de séries	52
6. Observations concernant les temps de réaction.....	53
V. Observations qualitatives	53
1. Test de mots ou test de phrases ?	54
2. Quel matériel utiliser pour répondre ?	54

SOMMAIRE

3. Remarques sur la forme orthographique	55
VI. Résultats concernant les différents locuteurs	55
1. Logatomes et phonèmes	55
2. Perception des phonèmes	55
3. Appréciations subjectives des voix	58
DISCUSSION DES RESULTATS.....	59
I. Eléments du FAAF Test français	60
1. Mots ou phrases ?.....	60
2. Affinage de la liste d'items	60
3. Absence d'effet d'apprentissage	66
4. Au niveau de l'ergonomie	66
5. Aspects techniques.....	66
II. Le choix du locuteur	67
III. Observations.....	68
1. Remarques sur les temps de réaction	68
2. Remarques concernant la population des déficients auditifs.....	68
3. Corrélation avec le test d'audiométrie vocale.....	69
4. Remarque clinique	69
5. Limites de la réalisation des expérimentations	69
CONCLUSION.....	70
BIBLIOGRAPHIE.....	71
ANNEXES.....	75
Annexe I : Exemples d'articles de la littérature citant le FAAF test	76
Annexe II : Questionnaire d'ergonomie	78
Annexe III : Fiche de présentation et de consignes du projet aux potentiels locuteurs	80
Annexe IV : Mots de l'Audio4 sélectionnés.....	82
Annexe V : Liste de logatomes crée pour l'étude.....	83
Annexe VI : Caractéristiques des mots du test français.....	85

SOMMAIRE

Annexe VII : Erreurs au sein des quadruplets	88
Annexe VIII : Mots du FAAF Test classés par ordre de difficulté.....	94
TABLE DES ILLUSTRATIONS.....	95
1. Liste des Tableaux	95
2. Liste des Figures	95
TABLE DES MATIERES	97

INTRODUCTION

*« La perception n'est pas le constat d'une réalité objective,
elle est la négociation d'une présence au monde. »*

(Derrick de Kerckhove)

« There are as many French speech tests as there are French cheeses »
(Natasha, University College London, Dept of phonetics and linguistics)

La perception de la parole constitue un enjeu fondamental dans la communication et le langage. Percevoir et comprendre son interlocuteur sont essentiels pour pouvoir entrer en relation. Mais mieux capter le message de l'autre est une demande récurrente chez les adultes sourds.

L'implant cochléaire a provoqué une avancée spectaculaire dans ce sens, en permettant de restituer une fonction auditive ! Cependant, il est difficile de prévoir la qualité et la quantité d'informations que le sujet pourra traiter avec son implant, car, comme l'affirme Annie Dumont : « Un implanté reste un malentendant qui doit faire des efforts de décodage pour analyser et comprendre les informations auditives qui lui parviennent ».

Afin d'aider au mieux les adultes sourds, il est donc essentiel de pouvoir évaluer la qualité de leur perception et de pouvoir cibler avec précision leurs difficultés. L'orthophoniste doit donc être vigilante au bon fonctionnement de l'implant cochléaire, à l'adaptation du sujet et au bon réglage des prothèses. Elle se doit aussi d'être en relation régulière avec l'équipe médicale, et l'audioprothésiste chargé du réglage en particulier. Les réglages de l'implant sont fréquents et apportent une observation précise des perceptions de la personne déficiente auditive, notamment dans les mois qui suivent l'implantation. Ils nécessitent donc des outils d'évaluation adaptés.

L'audiométrie vocale est née de cette nécessité d'évaluer l'intelligibilité de la parole de patients souffrant de déficits auditifs et de rendre compte des capacités phonétiques des patients. Les résultats permettent de rendre compte de la perception en fonction d'une intensité sonore. C'est un outil indispensable pour apprécier les capacités de communication verbale d'un sujet ainsi que la gêne sociale occasionnée par sa surdité. En pratique, l'épreuve vocale s'appuie dans l'examen de routine sur l'intelligibilité de mots-tests, davantage utilisés que les listes de phrases, celles-ci offrant de nombreux indices contextuels.

Toutefois, de nombreux facteurs jouent sur la perception, même lors de l'utilisation de listes de mots, et elle reste très difficile à évaluer à cause de multiples facteurs comme : la suppléance mentale, la lecture labiale, la connaissance de la langue, l'attention, les voisins phonologiques, les accents, la mémoire...

INTRODUCTION

La difficulté de tenir compte de tous ces facteurs, ajoutée aux questions soulevées par la passation elle-même, engendre des inconvénients qui se retrouvent dans les épreuves vocales utilisées le plus couramment en France aujourd'hui : celles de J.E.Fournier et celles de J.C.Lafon.

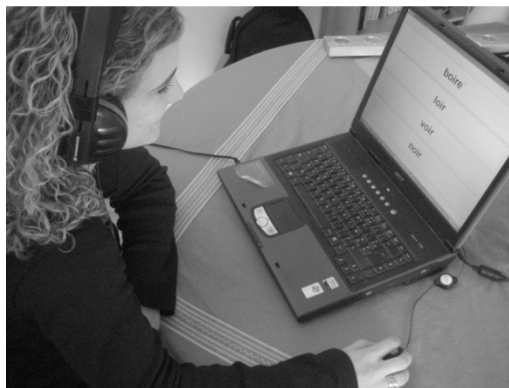
“The idea that one “standardized” and validated material could be “best”, i.e. meet all the needs for speech tests is naïve.” (Haggard, Foster, 1987).

Cependant, nous pensons qu'un test pourrait répondre à certains de ces inconvénients : le FAAF test (Four Alternative Auditory Feature test).

Le principe consiste à envoyer, par voie aérienne, un mot cible porté par une phrase-type (identique à chaque fois). Quatre possibilités de réponse sont ensuite présentées visuellement, sur un écran d'ordinateur. Le sujet doit alors choisir le mot qu'il pense avoir entendu.

L'objectif de ce mémoire est l'adaptation à la langue et à la culture française de ce test anglo-saxon de perception de la parole.

Nous proposerons en premier lieu des rappels théoriques sur la surdité, l'implant cochléaire et le bilan audiométrique, afin de mieux exposer le cadre de notre étude. Puis nous présenterons le test anglais, avant de décrire la démarche expérimentale que nous avons suivie, afin d'adapter les items à la langue française. Nous présenterons enfin les résultats et l'état du projet de recherche à la fin de ce mémoire.



Chapitre I

PARTIE THEORIQUE

I. Surdité et implant cochléaire

Dans le cadre de cette étude, nous nous intéressons plus particulièrement à la qualité de la perception de la parole chez les adultes déficients auditifs. Malgré l'appareillage, la perception de la parole reste perturbée, ce qui implique la notion de handicap et une prise en charge pluridisciplinaire, dont orthophonique.

1. Les caractéristiques de la surdité

« La surdité est une d ficiency auditive, quelle que soit son origine et quelle que soit son importance. Elle peut être transitoire ou définitive, parfois même évolutive, et ses conséquences sont multiples » (Dictionnaire d'orthophonie).

La définition de la surdité, ses conséquences et sa prise en charge dépendront donc de différents critères comme : la localisation de l'atteinte dans l'oreille, le moment d'apparition, le caractère uni- ou bilatéral, et le degré de la perte auditive.

Le fait de classifier la surdité permet d'apprécier ses conséquences et de choisir le mode de réhabilitation le plus efficace.

1.1. La classification clinique

Au niveau clinique, on parlera principalement de surdité de transmission, de surdité de perception ou de surdité mixte.

- La surdité de transmission est la conséquence d'une atteinte de l'oreille externe ou moyenne (tympan ou chaîne ossiculaire). Généralement accessibles aux traitements médicaux, elles peuvent être réversibles.
- La surdité de perception est la conséquence d'une atteinte de l'oreille interne (surdité endocochl aires) ou du nerf auditif (surdité rétrocochléaire). Cette surdité est en général incurable.
C'est une des indications principales d'appareillage auditif.
- Dans la surdité mixte, l'atteinte relève à la fois de l'appareil de transmission (l'oreille moyenne) et de l'appareil de perception (l'oreille interne).

1.2. Le moment d'apparition de la surdité

La surdité peut survenir à trois moments clés du développement du langage qui intéresseront particulièrement l'orthophoniste, dans la mise en place de sa rééducation :

Apparition de la surdité	Qualification	Conséquences
Avant l'apparition du langage (8-9 mois)	Surdité pré-linguale	- difficultés pour le contrôle de la voix - difficultés d'articulation et de parole - difficulté de construction de la langue
Pendant l'acquisition du langage (2 à 4 ans)	Surdité péri-linguale	- acquisitions langagières fragiles - période critique pour l'organisation neurologique
Après l'acquisition du langage (5-6 ans)	Surdité post-linguale	- langage stable (�� entretenir) - risque de dégradation du contrôle de la voix et de l'articulation

Tableau 1 : Qualification des surdités (Dumont, 2008)

1.3. Un atteinte uni- ou bilatérale

La surdité peut être unilatérale et ne toucher qu'une seule oreille, ou bilatérale et toucher les deux oreilles. Dans le cadre d'une atteinte unilatérale, l'accès au langage se fera grâce à l'oreille saine, mais un souci persistera au niveau de la localisation spatiale des sons (Corsat, Sany, 2003 ; Rice et al., 1992), et de la perception dans le bruit (Dauman, Carbonni  re, Soriano, Berger-Lautissier, Bouyé, Debruge, Coriat, & Bébéar, 1998).

1.4. Le degré de surdité

En 1996, le BIAP (Bureau International d'Audiophonologie) fournit une classification audiométrique des déficiences auditives, en fonction de la perte tonale moyenne (perte auditive moyenne calculée en décibels aux fréquences 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz et 4000 Hz). On obtient les 6 classes suivantes :

-    1 audition **normale ou subnormale**
 -    Perte tonale moyenne inférieure ou égale à 20 dB
 -    Atteinte tonale éventuelle et légère, sans incidence sociale.
-    2 d  fici  nce **auditive légère**
 -    Perte tonale moyenne comprise entre 21 dB et 40 dB
 -    Parole perçue à voix normale, mais difficilement à voix basse ou lointaine. La plupart des bruits familiaux sont perçus.
-    3 d  fici  nce **auditive moyenne**
 -    Perte tonale moyenne comprise entre 41 dB et 70 dB
 -    Parole perçue si on élève la voix et le sujet comprend mieux en regardant parler. Quelques bruits familiers sont encore perçus.
-    4 d  fici  nce **auditive sévère**
 -    Perte tonale moyenne comprise entre 71 dB et 90 dB
 -    Parole perçue à voix forte près de l'oreille. Les bruits forts sont perçus.
-    5 d  fici  nce **auditive profonde**
 -    Perte tonale moyenne comprise entre 91 dB et 119 dB
 -    Aucune perception de la parole. Seuls les bruits très puissants sont perçus.

⑥ déficience **auditive totale (cophose)**

- Perte tonale moyenne de 120 dB
- Rien n'est perçu.

2. L'implant cochléaire

En 1790, Volta observe qu'une sensation auditive peut naître de l'envoi d'un courant électrique dans l'oreille. Cependant, il faut attendre 1957 pour qu'à Paris, Eyries et Djourno procèdent à la première implantation cochléaire.

Aujourd'hui, aucun recensement officiel n'existe en France, cependant, l'association « Cochlée France » estime à 6440 le nombre d'implantés cochléaires au 31 décembre 2007 et la population-cible des implants cochléaires est estimée à 1200 implants/an par la HAS (Haute Autorité de Santé) en 2007.

2.1. Définition

L'implant cochléaire est « un dispositif électro-acoustique ayant pour but de restituer une fonction auditive à ceux qui en sont privés suite à une lésion congénitale ou acquise des oreilles internes » (Leybaert et al, 2007).

« Un rapport d'évaluation technologique de 2001 valide l'utilisation des implants cochléaires chez les adultes et enfants sourds profonds à sévères, avec pour indications : adultes et les enfants présentant une surdité profonde postlinguale bilatérale n'obtenant pas de discrimination de la parole à 70 dB, avec un appareillage conventionnel ; les enfants sourds congénitaux ou prélinguaux pour lesquels un appareillage conventionnel ne permet pas ou peu de discrimination de la parole à 70 dB. » (HAS, 2007)

2.2. Fonctionnement

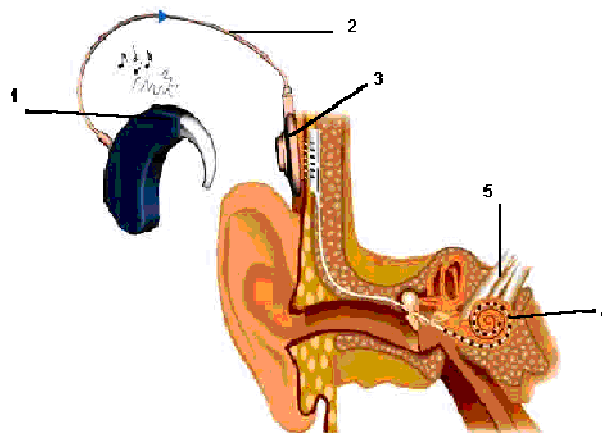


Figure 1 : Fonctionnement de l'implant cochléaire

- (1) Les sons sont captés par un microphone et transformés en signaux électriques.
 - (2) Ce signal est traité par le processeur vocal qui le convertit en impulsions électriques selon un codage spécial.
 - (3) Ces impulsions sont envoyées à l'émetteur (ou antenne) qui les transmet au récepteur implanté à travers la peau intacte au moyen d'ondes radio.
 - (4) Le récepteur produit une série d'impulsions électriques pour les électrodes placées dans la cochlée.
 - (5) Les contacts de l'électrode stimulent directement les fibres nerveuses dans la cochlée sans utiliser les cellules ciliées endommagées.
- Stimulé, le nerf auditif envoie des impulsions électriques jusqu'au cerveau où elles sont interprétées comme des sons.
- (CISIC, Centre d'Information sur la Surdité et l'Implant Cochléaire)*

2.3. Prise en charge pluridisciplinaire

Le rapport de la HAS (2007) préconise « une prise en charge multidisciplinaire » et renvoie à la circulaire DHOS-DPRC de 2001 pour préciser que l'environnement audiophonologique des sites assurant la pose des implants cochléaires devra comporter : médecin, ORL à vocation médicale, chirurgien expérimenté en chirurgie otologique de la surdité, audioprothésiste, orthophoniste, psychiatre et psychologue, technicien en exploration neurosensorielle.

La prise en charge du sujet déficient auditif commence avant son implantation et se poursuivra régulièrement en post-implantation. Dans le cadre de ce suivi, le matériel que nous nous proposons d'adapter pourra intéresser deux catégories de professionnels : les orthophonistes et les audioprothésistes. Voyons plus en détail leur intervention auprès des sujets implantés.

2.3.1. Bilan pré-implantation

Sauf cas d'urgence, il est préconisé le port de prothèses au moins 6 mois avant la pose d'un implant cochléaire. Cette période permet à l'audioprothésiste d'évaluer le gain prothétique tonal et vocal, de déterminer le degré de surdité et d'évaluer si les prothèses permettent une discrimination vocale suffisante au développement du langage.

L'orthophoniste appréciera de son côté les capacités communicationnelles des patients. Il participera à la décision d'implantation en évaluant les modes de communication et les aspects formels et fonctionnels du langage, en production comme en réception.

Il notera aussi la motivation du patient, qui est un «  l ment majeur à prendre en compte » (HAS, 2007) et la qualité de sa lecture labiale (essentielle à l'indication d'implantation cochléaire).

Ces bilans sont importants : ils serviront de référence et seront répétés après l'implantation pour évaluer la progression des sujets.

2.3.2. Suivi post-implantation

La mise en route de l'implant a lieu 3 ou 4 semaines après l'intervention (une fois l'œdème lié à la chirurgie résorbé).

L'audioprothésiste va alors pouvoir effectuer les premiers réglages.

L'objectif des réglages est de privilégier les éléments pertinents de la parole qui permettront d'optimiser sa reconnaissance (Truy, 2000). Une douzaine de réglages sont effectués la première année, puis quatre par an pendant trois ans et finalement une fois tous les six mois, à vie.

Afin d'orienter le réglage, l'audioprothésiste réalisera donc régulièrement des bilans, dans lesquels il pourra inclure des audiométries vocales (cf. partie III-2, sur le bilan audiométrique), afin d'observer quels phonèmes sont correctement perçus. Étant donné la fréquence de ces évaluations, il est important de bénéficier de tests qui ne soient pas soumis à l'effet d'apprentissage et puissent être répétés. La comparaison de leurs résultats permettra ainsi d'évaluer le plus justement la progression de la perception.

« On peut observer, moyennant un contrôle rigoureux des différentes variables (type de tests, contexte, contraintes phonologiques, distributionnelles, lexicales, sémantiques...) les variations des systèmes de confusions entre phonèmes qui sont eux-mêmes une image des modifications des réseaux de frontières catégorielles de l'espace phonétique. Ces confusions phonétiques sont d'une importance cruciale en audioprothèse car elles constituent souvent les seuls indicateurs des troubles qualitatifs de la perception de la parole et peuvent servir de marqueurs des bénéfices apportés par les prothèses auditives. »
(Virole, 1999).

D'autre part, « *l'implant sans rééducation est inutile* » (Dumont, 2008). En effet les sensations sonores que perçoit le patient dès l'activation des électrodes doivent être rattachées à des sons, composant les messages verbaux. D'après l'encyclopédie médico-chirurgicale d'oto-rhino-laryngologie (Dauman et al., 1998), deux séances par semaine d'une heure sont au minimum nécessaires la première année.

L'orthophoniste pourra donc observer de façon très régulière les bénéfices apportés et valider le réglage effectué par les audioprothésistes. Elle pourra aussi tester la perception auditive (avec et sans prothèse controlatérale, avec et sans lecture labiale) et participer à l'orientation des réglages de l'implant.

II. La perception de la parole

En cas de surdité, l'intensité du message perçu est évidemment altérée, mais sa qualité l'est également. Afin de réaliser un matériel permettant d'évaluer la perception de la parole, il est donc nécessaire de tenir compte d'une part des différents facteurs qui peuvent influencer cette perception, et d'autre part des difficultés spécifiques à la déficience auditive.

1. Quelques éléments de phonétique

La phonétique est « la science linguistique qui étudie les modes de production et de réception des sons de la langue : les phonèmes » (Dictionnaire d'orthophonie).

1.1. Les phonèmes du français

La langue française compte 36 phonèmes (alors qu'il en existe 40 en anglais) : 16 voyelles et 17 consonnes et 3 semi-consonnes (ou semi-voyelles) (Renard et al., 2008). Pour les besoins de notre étude, nous nous attarderons plus particulièrement sur les consonnes (même si celles-ci ne peuvent être émises qu'avec des voyelles).

1.2. Classification des consonnes

MODE D'ARTICULATION				LIEU D'ARTICULATION								
Type de consonne selon le mouvement	Passage de l'air		Vibration des cordes vocales	Bi-labiale	labio-dentale	Apico-dentale	Apico-alvéolaire	Pré-dorso-alvéolaire	Pré-dorso-pré-palatale	médio-palatale	Dorso-palatale ou vélaire	Post-dorso-uvulaire
OCCLUSIVE	ORAL		NON-VOISEE	p		t					k	
			VOISEE	b		d					g	
	NASAL		VOISEE	m		n				ɲ	(ŋ)	
CONSTRUCTIVE	ORAL	TYPE DE CONSTRUCTIVE										
		FRICATIVE	NON-VOISEE		f			s	ʃ			
			VOISEE		v			z	ʒ			
		LATERALE	VOISEE				l					
		VIBRANTE	VOISEE									ʀ

Tableau 2 : Tableau consonantique du français

On observe que les consonnes sont classées suivant différents traits distinctifs :

- * le voisement : vibration ou absence de vibration des cordes vocales (ce qui sous-entend aussi, acoustiquement, une composante périodique ou apériodique).
- * la nasalité : la pression est libérée par le nez (pour /m/ par exemple)
- * la stridence : caractérisée par le rapprochement des articulateurs (comme pour /f/ ou /s/)
- * la durée : certains phonèmes se distinguent par une durée plus longue (/f/, /s/, /j/, /ch/)
- * le mode d'articulation : caractérise le type de constriction (occlusif, occlusif oral/nasal, constrictif).
- * le lieu d'articulation : point où viennent se poser la langue ou les lèvres pour obstruer le passage de l'air (bilabial, dental...)

(Miller, Nicely, 1955 ; Virole, 2006 ; Renard & al., 2008)

2. Les facteurs pouvant influencer la perception de la parole

De nombreux facteurs entrent en compte dans la perception d'une information auditive, et viennent s'ajouter aux difficultés induites par la surdité elle-même.

2.1. L'environnement contextuel des phonèmes

Il s'agit d'un facteur clé, car « la valeur discriminative des indices encodés dans le signal de parole et permettant l'identification phonétique est tributaire d'autres indices de phonèmes environnants » (Virole, 2006, p.144). Lafon (1972) avait déjà souligné

l'importance des transitions phonétiques, tout comme Delattre et al. (1958), qui avaient démontré par exemple, que la perception de la transition vers les formants de la voyelle /a/ permettait à elle seule de recomposer la consonne /s/ qui précédait.

2.2. Fréquence d'occurrence des mots dans la chaîne parlée

L'effet de fréquence est un facteur reconnu en psycholinguistique et joue un rôle important dans les différentes tâches qui peuvent être proposées dans ce domaine (décision lexicale, identification perceptive, dénomination...). Les mots fréquents dans une langue sont plus facilement et plus rapidement reconnus que les mots moins fréquents (Dufau, 2008).

Et bien que Virole (2006) affirme que la fréquence d'occurrence du mot n'a virtuellement aucun effet sur l'intelligibilité, lorsque les choix offerts à l'auditeur sont prédéfinis (c'est-à-dire présentés en choix forcé), Elliott, Clifton et Servi (1983) démontrent que ce format est bien sensible à la fréquence des mots.

La base de données la plus récente, relevant la fréquence d'occurrence des mots du français et prenant en compte le plus grand nombre de facteurs (formes fléchies, mots composés, mots populaires...), est la base LexiqueTM. Elle est proposée par New, Pallier, Brysbaert et Ferrand (2001), et a été établie d'après un corpus composé de « *textes représentatifs du français* » (publiés entre 1950 et 2000), de pages web et de dialogues de films : elle donne donc à la fois un reflet de la représentation des phonèmes dans la langue écrite et dans la langue orale.

D'autres facteurs, généralement très corrélés avec la fréquence d'usage, peuvent aussi influencer la perception (en modalité visuelle comme en modalité auditive) : l'âge d'acquisition et la familiarité (Ferrand, Grainger, New, 2003 ; Lachaud, 2007).

2.3. Fréquence des phonèmes dans la langue française

Zipf fut le premier, en 1939, à publier une liste de fréquence des phonèmes du français (Zipf et Rogers, 1939), en se basant sur la Chrestomathie - anthologie didactique de textes choisis parmi des œuvres d'auteurs réputés classiques, notamment assemblée pour l'apprentissage d'une langue - de Passy et Rambeau. Son échantillon comptabilisait 5000 phonèmes (Wioland, 1985). D'autres listes ont été établies depuis, basées sur différents documents : ouvrages littéraires, discussions télévisées ou radiodiffusées, enregistrements de conversations ou de conférences... La plus récente est, là encore, celle de la base de données LexiqueTM. Elle donne les résultats suivant (du phonème le plus fréquent à celui le moins fréquent) :

- ✓ Consonnes : r l s t d k p m n f b j z ng ch g n
- ✓ Voyelles : a è i é o an u in w œu ui un eu

2.4. La composante lexico-sémantique des mots

Le lexique impose des contraintes de sélection et de disponibilité (Lafon, 1964). Il n'est pas rare en clinique de rencontrer des patients qui, lors des tests d'audiométrie vocale,

répondent de façon erronée en donnant des mots appartenant à des champs sémantiques préférentiels (Virole, 2006).

2.5. Les conditions initiales de l'émission vocale dues au locuteur

Ames et Grossberg (2008) affirment que si les représentations du langage sont indépendantes du locuteur, le signal acoustique en est bien dépendant. L'émission, et par conséquent la perception de ce dernier, sont donc soumises à l'influence de nombreux facteurs comme : l'articulation du locuteur, son sexe (et donc des qualités de la voix), son âge, son origine, son état psychologique, etc. (Crouzet, 2000 ; Virole, 2006 ; Renard et al., 2008).

Sommers, Kirk et Pisoni (1997) relèvent aussi des études démontrant que dans un contexte de locuteurs multiples, la reconnaissance d'une liste de mots est moins bonne que lorsque la même liste est énoncée par un seul locuteur.

2.6. La structure phonologique du stimulus

L'unité fondamentale dans la perception de la parole est la syllabe (Massaro, 1994).

Lorsqu'on observe la composition des structures syllabiques en français, on note que la plus courante est la structure CV (54,9%), suivie par la structure CVC (17,1%). Viennent ensuite les structures CCV (14,2%) et VC (1,9%) (Gineste, Le Ny, 2002 ; Delattre, 1965). François Wioland rapportait des résultats à peu près similaires en 1985: on notait cependant une relative équivalence entre les structures CVC (13,55%) et CCV (13,90%).

2.7. Le nombre de voisins phonologiques

On appelle « voisins phonologiques » d'un mot, les mots qui peuvent être générés en changeant un phonème de ce mot.

Nombre d'études indiquent que la reconnaissance des mots parlés est sensible aux analogies phonologiques du mot avec d'autres mots de la langue connus par l'auditeur.

« *Les modèles conçoivent l'identification d'un mot comme un processus de discrimination entre plusieurs candidats lexicaux* » (Dufour, Peereman, Pallier, Radeau, 2002).

Le modèle NAM (Neighborhood Activation Model ; Luce et al., 1990 ; Luce et Pisoni, 1998) qui s'intéresse au traitement de mots monosyllabiques, suppose une reconnaissance plus lente des mots cibles possédant beaucoup de voisins phonologiques.

3. La perception chez les sujets déficients auditifs

3.1. Les confusions phonétiques

Les erreurs de perception sont souvent loin d'être aléatoires. Il est donc possible, en les analysant, de mieux cerner la perception de la parole d'un sujet, d'orienter la rééducation et le réglage des appareils afin de réduire les erreurs les plus fréquentes, et d'améliorer ainsi la communication chez les sujets déficients auditifs.

L'article princeps concernant les confusions phonétiques est celui de Miller et Nicely (1955), traduit en français par Mouton (1974). Les auteurs y notaient déjà que les consonnes étaient les phonèmes qui portaient le plus à confusion et qu'elles jouaient un

très grand rôle dans l'intelligibilité. On peut y relever quelques remarques intéressantes :

- * le voisement est le trait le plus résistant
- * le trait nasal est plus résistant que les autres dans le bruit, bien que /m/ et /n/ soient facilement confondus
- * la stridence et la durée ont une capacité de résistance proche et légèrement supérieure au lieu d'articulation
- * « *Le voisement et la nasalité sont discriminables à des rapports signal/bruit très faibles (-12dB) tandis que le lieu d'articulation est difficilement discernable à des rapports inférieurs à 6Db* » (Mouton, 1974).

Dans le précis d'audioprothèse paru en 2008, on relève les informations suivantes, chez des sujets malentendants :

- * la voyelle la plus résistante est le a (puis : eu, o, an, ou, é, on, in, i, u)
- * la consonne les plus résistantes sont dans l'ordre : r, ch, j, d, k, l, n, b, t, s, m, p, v, g, f, z. La fragilité du /z/ est confirmée par l'étude d'Adam (2006).
- * les consonnes ont « *une fragilité perceptive de l'ordre de 36% supplémentaires par rapport aux voyelles dans le silence* »

De son côté, Virole (2006) affirme, d'après une analyse qualitative des confusions phonétiques faite par des déficients auditifs, que les erreurs entre consonnes sont plus courantes que celles entre voyelles et que les omissions de phonèmes. Lafon (1964) affirme qu'il existe une difficulté au niveau de l'identification des consonnes quand on considère 3 aspects précis. Dans un ordre de difficulté croissant, il cite : le support aléatoire (explosion, bruit..), la sonorisation, les zones formantiques. Il donne ensuite comme exemple les confusions liées à /t/ :

- Distinction facile : | t | de | r | et | ch |
- Distinction assez facile : | t | de | n | et | s | (position articulaire voisine, mais support acoustique différent)
- Distinction plus difficile : | t | et | d | (homologue sonore)
- Distinction difficile : | t | et | p |
- Distinction très difficile : | t | et | k | (seule la zone formantique diffère)

3.2. Perception chez les sujets porteurs d'un implant cochléaire

On peut noter quelques observations de différents auteurs, concernant la perception chez des sujets porteurs d'un implant cochléaire :

- * taux de catégorisation des traits acoustiques avec implant cochléaire seul (d'après une étude réalisée chez 20 sujets adultes devenus sourds implantés) : trait de nasalité < compacité < grave/aigu < traits temporels < voisement (Virole, 2006).

Cela confirme que le voisement est un trait résistant, même chez le sujet implanté cochléaire.

- * “*The mean percentages of correct answers after 12 months were 93.4 for numbers, 44.6 for monosyllables, 78.5 for sentences, 67.6 for the rhyme test, 59.8 for vowel, and 67.3 for consonant discrimination.*” (Gstoettner., Hamzavi, Baumgartner, 1998). Les auteurs remarquent ici qu'après 1 an d'implant chez des adultes, la discrimination des consonnes est supérieure à celle des voyelles.

Roux (2001) observe de son côté des pourcentages d'erreurs semblables au niveau des consonnes et des voyelles lorsqu'on compare les résultats de sujets malentendants et de sujets implantés.

- * le lieu d'articulation reste le plus difficile à coder pour tous les implants (Tye-Murray,

Tyler, 1989)

* Les confusions entre les phonèmes sont souvent les mêmes, comme par exemple : /n/ qui est souvent transformé en /m/ ou en /l/ (Roux, 2001 ; Renard, 2008).

* *« Les traits acoustiques non vocalique, vocalique, interrompu, continu, sonore, sourd, oral sont peu perturbés et leurs pourcentages d'erreurs sont très similaires. Les traits aigu, compact et diffus sont plus perturbés »* (Roux, 2001).

Roux (2001) relève aussi quelques différences au niveau phonétique entre malentendants et implantés :

- *« Le trait acoustique nasal est très perturbé chez l'implanté, contrairement au malentendant, ce qui est révélé par le fait que les implantés commettent plus d'erreurs sur le M, N, GN, IN, ON qui sont caractérisés par le trait acoustique nasal ».*
- Le trait acoustique grave est plus difficile pour le malentendant que pour l'implanté.

III. L'audiométrie

L'audiométrie permet de mesurer l'audition en fonction d'un stimulus sonore et de qualifier le type et le degré de la surdité.

Les principaux examens sont l'audiométrie tonale et l'audiométrie vocale.

1. L'audiométrie tonale

Elle constitue la base de l'examen de l'audition, en recherchant le seuil d'audibilité des sons purs.

2. L'audiométrie vocale

Dans le cadre de notre étude, c'est sur cet examen que nous allons plus particulièrement nous pencher. Il permet de déterminer le seuil d'intelligibilité, c'est-à-dire l'intensité à partir de laquelle 50 % des mots sont compris par un sujet. L'analyse des résultats présentent un grand intérêt pour l'adaptation prothétique et l'orientation de la rééducation (Legent, Bordure, Calais, Ferri-Launay, 1998).

L'examen se pratique cette fois à partir de phonèmes : le sujet doit répéter des listes de logatomes (éléments sans signification), de mots monosyllabiques, de mots dissyllabiques ou de phrases.

Le test se fait à la voix (directe ou enregistrée), envoyée par voie aérienne, osseuse ou en champ libre à différentes intensités. Les résultats permettent de rendre compte de la perception (en pourcentage de mots ou de phonèmes correctement répétés) par rapport à l'intensité sonore. C'est un outil indispensable pour apprécier les capacités de communication verbale d'un sujet ainsi que la gêne sociale occasionnée par la surdité.

En pratique, l'épreuve vocale s'appuie dans l'examen de routine sur l'intelligibilité de mots-tests, davantage utilisés que les listes de phrases, celles-ci offrant de nombreux indices contextuels.

Toutefois, de nombreux facteurs jouent sur la perception, même lors de l'utilisation de listes de mots (cf. ci-dessus « Le perception de la parole »).

La difficulté de tenir compte de tous ces facteurs, ajoutée aux questions soulevées par la passation elle-même, engendre des inconvénients qui se retrouvent dans les épreuves utilisées le plus couramment en France aujourd'hui, pour les audiométries vocales cliniques : celles de Fournier et celles de Lafon, basées sur des listes de mots. Au niveau des logatomes, on utilise en général le test de Dupret.

► Les listes de Fournier testent l'intelligibilité, avec le mot comme unité d'erreur. Lafon (1964) leur reproche « d'être réellement assez mal équilibrées » et on peut noter que leur usage ne permet pas le recueil des confusions phonétiques (Virole 2006).

► Les listes « cochléaires » de Lafon (employées pour évaluer les distorsions effectuées par les cochlées pathologiques sur le message phonétique) donnent aussi un niveau d'intelligibilité du sujet, mais l'unité d'erreur est ici le phonème : l'analyse du phénomène auditif pur est donc plus fine. On note cependant que les réponses restent titulaire des capacités arthriques et qu'on relève les phonèmes substitutifs sans tenir compte du contexte phonétique dans lequel ils sont produits (Virole, 2006).

► Le test de netteté de Dupret peut rebuter patients et cliniciens et sa passation apparaît plus difficile. Elle ajoute aussi des facteurs neuropsychologiques comme l'attention sélective, qui demande un nouveau contrôle (Dupret, 1980 ; Virole, 2006). Cependant, ce test a l'avantage de supprimer un facteur sémantique et limite donc l'effet de suppléance mentale.

On peut relever quelques inconvénients communs aux tests de Fournier et de Lafon (basés sur des listes de mots), qui peuvent encourager à proposer de nouveaux outils d'évaluation :

- * une difficulté de langue inégale (dans une liste de Fournier on trouve par exemple : le tripot, le balai, le saindoux, le vallon, le secret...) qui fait intervenir le facteur « connaissance de la langue » au profit du sujet « intellectuel ». Ces mots de faible fréquence d'occurrence dans la langue parlée d'aujourd'hui (par exemple : « tripot » a une fréquence de 1,09/million d'occurrences, d'après LexiqueTM)

- * les résultats dépendent des qualités de voix de l'opérateur (le sexe, l'articulation, la prononciation, le débit, l'accent régional, les variations d'intensité...), facteur qui n'est plus déterminant si le matériel est enregistré

Cependant, ces inconvénients, liés aux listes elles-mêmes ou au testeur, peuvent être compensés par une actualisation des listes et leur enregistrement par exemple. Ce qui n'est pas le cas des trois inconvénients suivants, qui sont dépendants du format de réponse proposé (la répétition) :

- * les réponses sont tributaires des capacités articulatoires des patients, ce qui est un facteur majeur chez les implantés, d'autant plus si la surdité est pré- ou péri-linguale

- * la répétition comme mode de réponse met en jeu les capacités de mémoire et de suppléance mentale des patients

- * la nécessité de la présence et de l'attention constante du testeur

La mise au point, en français, d'un test d'audiométrie vocale similaire au FAAF Test anglais, devrait permettre de répondre à certains de ces aspects.

IV. Le FAAF Test

Le test « FAAF » est un test d'audiométrie vocale à choix forcé, basé sur le principe du Rhyme Test (Voiers, Rossi, 1968) et présenté par Foster et Haggard en 1979.

1. Le matériel

Le test se présente sous la forme d'un logiciel informatique. La passation se fait sur ordinateur, dans une pièce insonorisée, à l'aide d'un casque et de manière monaurale. On soumet alors au sujet un mot cible, énoncé par une voix d'homme, au sein d'une phrase identique à chaque fois (en anglais : « Can you hear ... clearly ? » »). On lui présente ensuite visuellement 4 mots parmi lesquels il devra choisir celui qu'il pense avoir entendu.

Voici un exemple présent dans le test original (la réponse cliquée par le sujet apparaît en gris) :

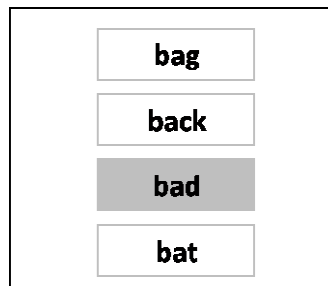


Figure 2 : Exemple de quadruplet du test original

Le test se compose de 20 séries de 4 mots (soit 80 items au total) choisis principalement à partir de la base de données « MRC Psycholinguistic » (Coltheart, 1981) qui fournit des informations sur la fréquence des mots dans la langue anglaise, ainsi que leur degré de familiarité et d'imageabilité (ce dernier étant particulièrement intéressant à relever, si on envisage l'adaptation en images, pour évaluer la perception chez des enfants). Les mots de chaque série sont formés de 4 paires minimales de type consonne-voyelle-consonne (par exemple : pin – bin – din – tin). Neuf séries font varier la consonne initiale et les 11 autres font varier la consonne finale. Chaque mot a été choisi de façon très attentionnée afin de donner une idée globale de l'intelligibilité du patient et de refléter ses processus de distorsion auditive. Le choix de quatre mots a semblé être un bon compromis entre facilité et écologie du côté de la réponse, et spécificité du stimulus et quantité d'informations apportée par chaque réponse du côté du stimulus.

Cinq listes présentant les items dans un ordre différent ont été créées, afin de limiter l'effet d'apprentissage des séquences. D'autre part, aucun feedback n'est donné au sujet, ce qui limite aussi cet effet (Lutman et Munro, 2005, ont démontré qu'un effet d'apprentissage était constaté sur la durée lorsqu'un feed-back était accordé). Par conséquent, le test FAAF peut être un outil efficace d'analyse de l'audition d'un même sujet dans le temps.

Le test « FAAF » se veut un instrument d'évaluation de la détérioration de l'audition plus fiable que les tests de monosyllabes qui utilisent des choix ouverts, de par un contrôle plus complet du stimulus et une réduction des variations interindividuelles liées aux capacités verbales des sujets (en évitant d'utiliser la répétition comme mode de réponse). Le fait d'utiliser des mots plutôt que des syllabes (aga, ada, aba...) permet d'autre part de donner un aspect plus écologique au test.

Il permet une évaluation de la perception de la parole dans le silence (comme dans le bruit) en limitant au maximum la suppléance mentale (notamment par un choix fini de mots).

2. La mise au point du FAAF Test anglais

Le test anglais est composé de 20 groupes constitués de 4 paires minimales (soit un total de 80 mots).

La corrélation établie entre la fréquence des consonnes dans la langue anglaise parlée et celle du FAAF Test est moyenne ($r = 0,44$, $P < 0,05$). Cependant, les auteurs trouvent que l'équilibre phonétique n'est pas forcément un concept théorique très justifié.

Foster et Haggard ont accordé plus d'importance aux traits caractéristiques des phonèmes, qu'ils considèrent d'un plus grand intérêt diagnostique. Une étude (Denes, 1963) rapporte le poids de trois traits dans les paires minimales anglaises : 31% pour le lieu d'articulation, 44% pour le mode d'articulation et 25% pour le voisement. Ces traits sont respectivement représentés à 50%, 28% et 22% dans le FAAF Test. Les auteurs ont choisi de privilégier le trait « lieu d'articulation », car c'est celui qui provoque le plus d'erreurs chez la majorité des sujets déficients auditifs.

Le format de réponse du FAAF Test propose donc au sujet la « possibilité » de se tromper sur un ou deux traits ou leur combinaison.

Le test a été proposé au casque, de manière monaurale, à 16 sujets normoentendants (soit 32 oreilles), à une intensité constante de 70 dB. Il a été répété plusieurs fois, le signal étant chaque fois masqué par un bruit dont on faisait varier l'intensité. Cela a permis de relever les scores obtenus sur un large éventail allant de résultats presque parfaits à des résultats proches du hasard (25%). Aucune différence significative entre les résultats des deux oreilles n'a été observée.

Les résultats montrent aussi que la fréquence des mots est significative lorsque la reconnaissance porte sur la consonne en position initiale (étonnamment, les mots les plus fréquents semblent moins intelligibles !), alors qu'il s'agit plutôt de l'imageabilité lorsqu'on regarde les consonnes finales (les mots imageables sont plus facilement reconnus). Cependant, ces effets n'expliquent qu'une petite partie de la variance des résultats.

3. L'utilisation du FAAF Test aujourd'hui

Le test « FAAF » est largement utilisé dans les pays anglo-saxons (Annexe I), où il a déjà prouvé sa valeur comme outil clinique, notamment dans le suivi de patients malentendant appareillés ou porteurs d'un implant cochléaire, et comme outil de recherche (Shields & Campbell, 2001 ou Haggard, Lindblad & Foster, 1986).

Il a par exemple permis la mise en évidence du phénomène d'acclimatation chez les adultes porteurs de prothèse (Gatehouse, 1992) : afin de prouver qu'exposé à une certaine

fréquence, le sujet pouvait développer une meilleure discrimination des stimuli émis à cette fréquence, Gatehouse a utilisé le FAAF Test. Il lui fallait, pour son expérimentation, un test qui soit parfaitement reproductible et n'engendre aucun effet d'apprentissage, comme les tests à choix forcé.

Le FAAF Test s'avère donc être aussi un outil clinique intéressant : rapide et efficace.

4. Avantages et limites du FAAF Test

Les principaux atouts que nous reconnaissons à ce test sont les suivants :

- le fait d'éviter la répétition et de présenter un choix fermé de mots, ce qui a pour effet de limiter la suppléance mentale et d'éviter les problèmes liés aux capacités articulatoires des sujets ;
- la « facilité » de passation. Tout est préréglé. Le patient peut même être autonome, la présence d'un tiers n'étant pas nécessaire à chaque instant ;
- la limitation de la variabilité des résultats liée aux différences individuelles des opérateurs ;
- la constance de la présentation du stimulus (due à l'enregistrement) ;
- le contrôle des traits acoustiques et phonétiques de discrimination testés ;
- d'après une étude de Sommers et al. (1997), la forme du choix forcé limite les effets de variabilité dus au locuteur ou les effets de difficulté lexicale.

Néanmoins, malgré les avantages que nous concédons au test FAAF, nous restons conscients, comme ses auteurs, que l'outil parfait et complet n'existe pas. Benoît Virole suggère par exemple que les réponses à choix forcés ne sont pas totalement satisfaisantes pour une analyse phonétique dans la mesure où l'on pré-conditionne l'éventail des réponses (Virole B., 2000).

Ce test requiert aussi que le sujet soit à l'aise face à un ordinateur et sache utiliser une souris. Il impose de savoir bien lire le français, ce qui exclut les enfants ne sachant pas lire et les adultes illettrés. Pour la même raison, ce test peut poser des problèmes pour les dyslexiques.

D'autre part, dresser une liste de mots adéquate n'est pas évident, un certain nombre de conditions étant à prendre en compte :

- La liste doit être composée de voisins phonologiques ne se différenciant que par un phonème, et doit comporter un maximum d'oppositions phonétiques pertinentes en français.
- Les mots doivent comporter le même nombre de syllabes, afin de limiter au maximum les possibilités de suppléance mentale et de faciliter la précision de l'analyse.
- Les mots doivent être de prononciation fixe.
- L'équilibrage phonétique sera abandonné afin de donner plus de poids aux erreurs couramment relevées chez des personnes déficientes auditives.

V. Elaboration d'un test d'audiométrie vocale à choix forcé en français

L'élaboration de ce type de test en français nous semble intéressante, et les arguments se retrouvent dans les avantages concédés au FAAF Test dans la partie précédente. Cependant, mettre au point le test en français comportera certaines contraintes supplémentaires par rapport à sa mise au point en anglais, le français étant une langue irrégulière et possède un système alphabétique inconsistant (c'est-à-dire que certains graphèmes correspondent à plusieurs phonèmes : les mots peuvent donc être lus de différentes manières). Les 36 phonèmes du Français peuvent être transcrits par 130 graphèmes; cette inconsistance est aussi élevée en Français (67%) qu'en Anglais (Fayol M., Jaffré J-P., 2008). Il s'agira donc, dans la mise au point du test, de prendre en compte la forme orthographique des mots, afin de ne pas troubler inutilement le sujet.

D'autre part, on a pu noter plus haut la distribution des différentes structures syllabiques du français. On a donc pu noter que la structure CVC n'est qu'à la deuxième place en (et, comme on a pu le constater, loin derrière) en français, alors qu'elle est majoritaire en anglais. Zhu D., Antoine F., Adda-Decker M. (2004) proposent le tableau suivant :

	Anglais	Français
1	CVC	CV
2	CV	CVC
3	VC	CCV
4	CVCC	V
5	V	CCVC

Tableau 3 : Structures syllabiques les plus fréquentes en anglais et en français

Il risque donc de s'avérer plus difficile de trouver des quadruplets de cette forme en français.

Le test anglais est basé sur des mots de type CVC car, non seulement il existe de très nombreux mots de ce type ne différant que par un seul phonème en anglais, mais également car ce sont des mots dont la lecture est régulière pour la plupart. Ce sont aussi généralement les premiers mots que les écoliers anglais apprennent à lire.

Chapitre II

PROBLEMATIQUE ET HYPOTHESES

Évaluer avec précision la perception chez les personnes déficientes auditives, afin d'orienter au mieux leurs réglages (dans le cadre de l'implant cochléaire) et leur rééducation, est primordial.

Cette évaluation est fréquente dans les premiers temps d'appareillage, et reste régulière tout au long de la vie.

Ces deux constats ont mis en évidence la nécessité de bénéficier, pour les bilans perceptifs, d'outils standardisés en langue française qui soient reproductibles et ne soient pas soumis à un effet d'apprentissage et/ou de mémorisation.

Pour répondre à ces exigences, nous faisons l'hypothèse générale qu'il est possible de développer, en langue française, un test équivalent au FAAF Test anglais.

Nos hypothèses opérationnelles sont donc les suivantes :

- 1) Nous pensons qu'il sera possible de créer une liste suffisamment longue de mots français, qui permettra de tester un nombre d'oppositions phonémiques qui reflètera la perception de la parole. Ces mots seront répartis en quadruplets ne différant que par un seul phonème.
- 2) Nous faisons l'hypothèse que les résultats obtenus au « FAAF Test français » reflèteront l'état de perception auditive des sujets testés.
 - a - Nous faisons donc l'hypothèse qu'à intensité confortable, les résultats à ce test seront de 100 %,
 - b - et que les résultats obtenus seront significativement corrélés à un test d'audiométrie vocale classique (le test de Fournier).
- 3) Aucune donnée de la littérature ne permet d'argumenter le choix des auteurs concernant la forme du stimulus présenté au sujet (mot énoncé au sein d'une phrase-type). Nous proposons alors de tester aussi une forme présentant le mot isolé, en gardant le même principe de passation, afin de comparer leurs résultats. Mais nous pensons que ces derniers seront inférieurs à ceux obtenus avec la phrase, étant donné que ce n'est pas le choix privilégié par les auteurs.
- 4) Nous pensons que l'intelligibilité est dépendante de l'articulation du locuteur. Nous émettons donc l'hypothèse qu'il sera possible de choisir quels locuteurs (un homme et une femme) enregistreront les listes de mots définitives en se basant sur ce critère.

Chapitre III

PARTIE EXPERIMENTALE

I. Création d'un test en français

1. Matériel et méthode

1.1. Choix des items

Il est impossible de traduire le FAAF Test, néanmoins nous pouvons nous baser sur les types de choix qui ont été faits pour sa mise au point dans la version anglaise.

1.1.1. Les items du FAAF test

Le test anglais comporte 80 mots, organisés en séries de 4 mots comme suit :

20 séries du FAAF test				Oppositions phonémiques testées	
				Consonne Initiale	Consonne Finale
1	mail	bail	nail	dale	m/b/n/d
2	bin	pin	din	tin	b/p/d/t
3	boast	ghost	coast	post	b/g/k/p
4	dab	cab	gab	tab	d/k/g/t
5	man	van	nan	than	m/v/n/z
6	taught	fought	thought	port	t/f/s/p
7	seal	veal	feel	zeal	s/v/f/z
8	keen	teen	sheen	seen	k/t/ch/s
9	get	wet	bet	yet	g/w/b/y
10	rich	ridge	ritz	rids	tch/d[j]/tz/ds
11	some	sud	sun	sub	m/d/n/b
12	rib	rick	rip	rig	b/k/p/g
13	cob	cod	cop	cot	b/d/p/t
14	bag	back	bat	bad	g/k/t/d
15	mash	mass	match	mats	ch/s/tch/ts
16	mix	milks	mick	milk	ks/lks/k/lk
17	rose	rove	robe	rode	z/v/b/d
18	lands	lads	lad	land	d/ds & nd/d
19	bang	bad	bag	ban	ng/n & d/g/n
20	ham	high	hang	haw	m/ill/ng/w

Tableau 4 : Items du FAAF test

Le FAAF test utilise 20 des 24 phonèmes consonantiques de l'anglais.

Les auteurs ont volontairement écarté le /r/ ou les voyelles comme éléments de discrimination, afin que le test soit largement applicable à travers tout le Royaume Uni (indépendamment des accents régionaux, qui portent beaucoup sur les voyelles).

On note que les mots appartiennent à différentes catégories grammaticales (noms, verbes, adjectifs...) et sont présentés sans articles ou pronoms personnels, afin qu'il n'y ait qu'une seule syllabe à entendre à chaque fois.

Réduire les séries à quatre mots (par comparaison au rhyme test) a permis de dépasser les limitations lexicales qui se seraient posées s'il avait fallu trouver cinq ou six mots. Il serait inévitablement apparu des distracteurs trop évidents. Dans les séries proposées, les distracteurs ne peuvent différer de la cible par plus de deux traits distinctifs binaires. Par exemple, dans la série « bail – mail – nail – dale » : si le sujet répond « dale » (soit voisé + dental) au lieu de « bail » (soit voisé + labial), l'erreur porte sur un trait. Mais si le sujet répond « mail », l'erreur portera sur deux traits (non seulement le lieu d'articulation, mais aussi la nasalité).

1.1.2. Mise au point d'une liste de mots en français

Il apparaissait impossible de traduire le test anglais. Les mots ainsi obtenus n'auraient pas différé, dans une série de quatre, que par un seul phonème et n'auraient par conséquent pas permis de tester des oppositions phonémiques pertinentes. Prenons comme exemple la première série : pour « mail – bail – nail – dale », on obtiendrait « courrier – caution – ongle – vallée »...

Il a donc fallu créer une nouvelle liste de mots.

La longueur de la liste finale dépendait donc de la pertinence des items trouvés et validés auprès de l'échantillon de population choisi (les mots trop évidents ou trop échoués ont été retirés des listes), l'idéal étant d'obtenir une liste d'items qui permettrait de recueillir le plus grand nombre d'informations sur les difficultés des sujets testés.

Nous avons tenté d'obtenir une liste de quadruplets, formée de mots monosyllabiques ou bisyllabiques (s'il s'avérait trop difficile de trouver en français des groupes pertinents de mots d'une syllabe, nous élargirions la sélection aux mots de deux syllabes) ne différant que d'un phonème.

Les quadruplets ont été déterminés grâce à plusieurs bases de données lexicales. De plus, outre la perception auditive, le test fait appel à la lecture des mots sur un écran. Comme évoqué dans la théorie, il est donc important de tenir compte également des caractéristiques des mots écrits comme : la fréquence d'occurrence dans la langue parlée et écrite, le nombre de voisins phonologiques et orthographiques, etc.

Ces caractéristiques ont été recueillies dans plusieurs bases de données, mises à disposition gratuitement sur internet :

« Brulex » → (Content, Mousty & Radeau, 1986) : base de données pour le français écrit et parlé, élaborée au Laboratoire de Psychologie Expérimentale de l'Université de Bruxelles. Brulex donne, pour environ 36.000 mots de la langue française, l'orthographe, la prononciation, la classe grammaticale, le genre, le nombre et la fréquence d'usage. Il contient également d'autres informations utiles à la sélection de matériel expérimental (notamment, point d'unicité, comptage des voisins lexicaux, patrons phonologiques, fréquence moyenne des digrammes).

« Lexique 3 » → (New, Pallier, 2001) base de données évoquée plus haut (cf. partie théorique) qui complète bien celle de Brulex au niveau de la langue parlée de l'adulte, car elle comporte des formes fléchies (telles que les verbes conjugués ou certaines formes écrites plurielles ou féminines), elle est basée sur des textes plus récents, et elle est mise à jour régulièrement. La base contient environ 135000 mots du français. Le site offre également la possibilité de faire des requêtes sur d'autres bases avec « Open Lexique » : Graphèmes (Lexique 2), Surface (Lexique 2), Brulex , Lemmes (Lexique 2), 400AoA (Ferrand, Grainger & New), Voisins (Lexique 2), Prénoms (Mike Campbell) Anagrammes (Lexique 2).

« VoCoLex » → (Dufour, Peereman, Pallier, Radeau, 2002) base de données qui fournit, en plus de champs généraux, (nombre de phonèmes, classe grammaticale...) un ensemble d'indicateurs statistiques sur les similarités entre mots de la langue française. Cela peut permettre, lors de la création de matériel, de tenir compte de la densité du voisinage phonologique des mots choisis.

« CHACQFAM » → (Lachaud, 2007) base de données renseignant sur l'âge d'acquisition estimé, et la familiarité de 1225 mots monosyllabiques et bisyllabiques du Français. Les scores ont été estimés par des adultes.

Nous avons aussi pu consulter le dictionnaire de rimes en ligne d'Ignu Initiative (Gilles, 2008) et la base de données « Valémo » (Syssau, Font) proposant les valences émotionnelles de plus de 700 mots et interrogeable par le biais d'Open Lexique.

Ces bases de données nous permettront de nous renseigner sur les différents critères à prendre en compte dans l'établissement de notre liste d'items et l'établissement des différentes séries de quatre mots.

Nous pouvons rappeler ici que les mots du test original sont énoncés au sein d'une phrase, qui sert, d'après les auteurs, de signal d'alerte au sujet. Nous avons choisi la traduction littérale de cette phrase : « Entendez-vous clairement ? » (pour rappel, dans le FAAF Test : « Can you hear ... clearly ? »).

Cependant, aucune donnée de la littérature ne permettant d'argumenter le choix des auteurs concernant la forme du stimulus présenté au sujet (énoncé au sein d'une phrase), nous avons résolu de tester en plus une forme présentant le « mot isolé » afin de comparer leurs résultats.

Enfin, notons qu'il a aussi été produit une liste de 6 quadruplets, destinée à l'entraînement des sujets. Les mots constituant ces quadruplets de différent pas par un seul phonème, car il s'agit simplement de montrer au sujet la tâche à effectuer lors de la passation du test (ex. : huître-huile-pluie-fruit).

1.2. L'enregistrement des mots (et de la phrase de support)

1.2.1. Enregistrement en salle anéchoïque

Les mots choisis (pour le test et la tâche d'entraînement) et la phrases de présentation ont ensuite été enregistrés par un locuteur qui devait faire particulièrement attention à conserver une élocution claire et constante.

Les items ont été enregistrés dans une salle anéchoïque. Le locuteur était face à un microphone, relié à un amplificateur TubePre qui se trouvait dans la salle de l'expérimentateur. L'amplificateur transmettait les signaux à l'ordinateur de l'expérimentateur, qui les enregistrait à l'aide du logiciel Adobe AuditionTM.

Les enregistrements ainsi obtenus ont ensuite été intégrés à un logiciel qui a servi pour la passation du test.



1.2.2. Traitement des signaux pour normalisation

Le traitement a été réalisé à l'aide du logiciel Adobe AuditionTM. Les signaux ont été « découpés » sur le plan temporel, le plus précisément possible, afin de limiter au maximum le bruit de fond.

Ils ont ensuite pu être égalisés (au niveau de l'intensité).

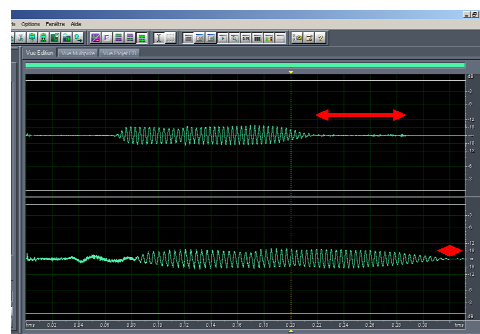


Figure 3 : Exemple de découpage (logatome « plou »)

1.2.3. Intégration dans un logiciel

Les signaux ont ensuite été intégrés dans un logiciel, créé par le Dr Moulin, qui a permis une passation similaire à celle du FAAF test et le contrôle des intensités testées.

1.3. Le questionnaire d'ergonomie

Un questionnaire a été réalisé afin d'obtenir un retour des sujets sur l'ergonomie du test qui leur avait été proposé (Annexe II).

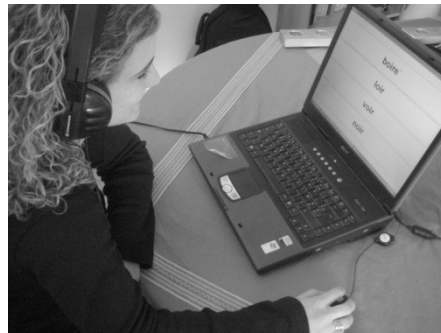
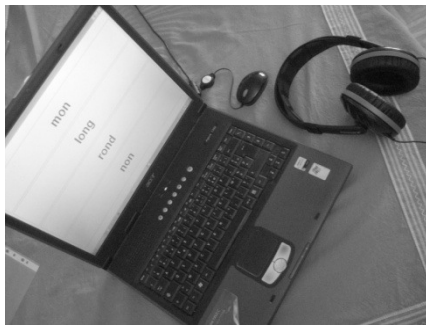
Les thèmes abordés étaient le rapport du sujet à l'informatique, puis la forme, la passation et le contenu du test.

L'intérêt était d'obtenir un retour qualitatif sur le test créé, au-delà des données quantitatives.

2. Protocole de validation du FAAF Test français

2.1. Matériel

La passation a été effectuée sur un ordinateur portable calibré à l'aide d'un sonomètre, dans un lieu calme, et selon la disponibilité (géographique ou temporelle) des sujets. L'écoute s'est faite à travers un casque Sennheiser HD 250 linear II.



2.2. Population et procédures

2.2.1. Validation du test à intensité confortable sur une population normoentendante

Le test a tout d'abord été soumis à 12 sujets normoentendants (12 oreilles droites) de plus de 18 ans, à 65 dB HL, afin de vérifier que le taux de réussite était proche de 100% à intensité confortable.

2.2.2. Passation par des sujets normoentendants

La passation a été réalisée chez 12 autres sujets normoentendants : 8 femmes et 4 hommes, âgés de 21 ans à 30 ans.

La première étape était la réalisation d'une audiométrie vocale. Celle-ci a été effectuée à l'aide du test classique d'audiométrie vocale de Fournier. Des listes ont été proposées à

différentes intensités afin d'établir une courbe d'audiométrie vocale. 18 listes de 10 mots étaient disponibles. Ces listes avaient été enregistrées par le même locuteur qui avait enregistré le FAAF Test français : les résultats ont ainsi pu être comparés à ceux obtenus au test du FAAF Test français, afin de déterminer s'il existait une corrélation entre les deux.

Nous avons ensuite cherché à établir une fonction psychométrique chez les sujets normoentendants. L'influence de l'intensité de stimulation sur le score du test (dans la version mot et dans la version phrase) a donc été mesurée chez ces 12 sujets normoentendants, pour des intensités allant de 0 dB HL à 30 dB HL, par pas de 3 dB HL. L'ordre de présentation des items à l'écran était randomisé, de même que le type de test (mot ou phrase) et les intensités.

Le test français a été proposé sous deux formes : mots cibles présentés seuls, ou mots cibles présentés au sein de la phrase type (« Entendez-vous... clairement ? »). Les items d'entraînement étaient proposés pour chaque forme de présentation du stimulus. Notons que pour les deux passations, la forme de la réponse restait la même : le sujet devait choisir parmi 4 mots présentés à l'écran celui qu'il pensait avoir entendu, et cliquer dessus pour déclencher l'émission du mot (ou de la phrase) suivant(e).

Questionnaire subjectif

A la fin de la passation, le questionnaire d'ergonomie était soumis au sujet.

2.2.3. Passation par des sujets malentendants

22 sujets (33 oreilles), âgés de plus de 18 ans, ont été rencontrés dans le cadre du service d'ORL du Professeur Nottet, à l'Hôpital Desgenettes (Lyon). 12 sujets normoentendants et 10 sujets malentendants (cf. Figure 4). Chacun a effectué :

* une audiométrie vocale, afin de repérer le créneau de 30% à 70% d'intelligibilité, en utilisant l'épreuve de Fournier (enregistrée par nos soins)

* le FAAF Test français à la même intensité, forme mot et forme phrase

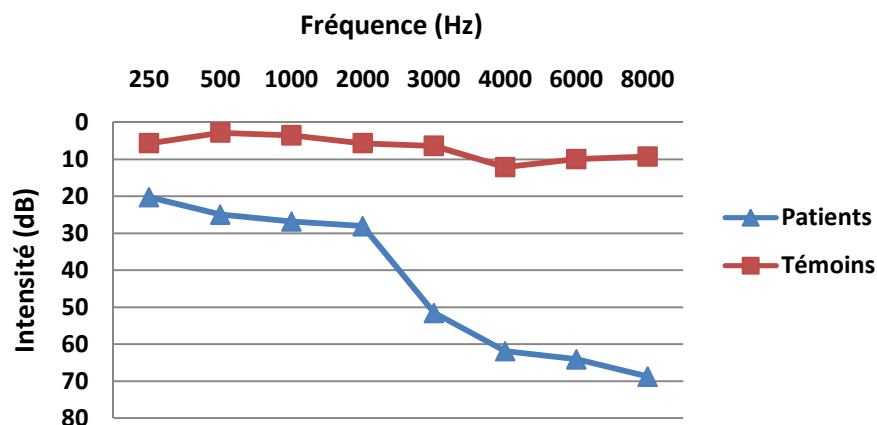


Figure 4 : Moyenne des valeurs des audiogrammes des sujets rencontrés à l'hôpital Desgenettes

II. Mise en place d'un protocole pour le choix des locuteurs définitifs

Une expérimentation a été réalisée afin de choisir les locuteurs (un homme et une femme) qui enregistreront les signaux du test définitif. Plusieurs critères ont été observés pour cette étude, en plus de l'intelligibilité de la voix : la familiarité, la clarté, le côté grave/aigu, la sensation d'agréabilité.

Une attention particulière a été portée à l'intelligibilité des différents phonèmes selon le locuteur, étant donné le cadre de notre étude principale. Le but était de trouver deux locuteurs dont l'intelligibilité ne pourra être remise en cause en ce qui concerne les phonèmes les plus difficiles à percevoir par les patients implantés.

Les items choisis pour l'enregistrement l'ont été dans le but de pouvoir servir à notre étude, mais aussi à une autre étude en cours : la « Mise au point et validation d'un test de réception de la parole destiné aux patients déficients auditifs, et plus particulièrement adapté au suivi des patients implantés cochléaires » (Mémoire d'orthophonie, UCBL, 2009).

1. Matériel et méthode

1.1. Enregistrement des signaux

1.1.1. Matériel

Le matériel comportait une phrase, des mots et des logatomes.

► La phrase était bien entendu celle dont nous aurions besoin pour valider notre test : « Entendez-vous (ce mot) clairement ? ».

► Les mots ont été tirés du test vocal rapide « Audio4 » (Abouhaidar, Blond, Chautemps, Lescanne, Ployet, 2004). Les listes de mots de ce test avaient été choisies selon les fréquences de perception optimale des phonèmes qui les composent. « *Par exemple, le mot houx est inclus dans la liste "500 Hz" parce que c'est la zone fréquentielle de 500 Hz qui permet la reconnaissance optimale du son /u/* » (Abouhaidar et al., 2004) (Annexe IV).

► La liste de logatomes (50 au total) a été créée spécialement pour l'étude présente, et celle de Kofron et Masson (2009). Elle comporte donc les différents phonèmes de la langue française (consonnes, voyelles et semi-voyelles, ainsi que quelques groupes consonantiques fréquents) assemblés sous forme de logatomes mono- et bi-syllabiques (Annexe V).

Une fiche de présentation était remise aux locuteurs, afin de leur présenter les projets et leur expliquer la passation (Annexe III).

1.1.2. Locuteurs

6 locuteurs (nommés L1, L2, L3, L4, L5, L6) ont été enregistrés : 3 femmes (L1, L3, L6) et 3 hommes (L2, L4, L5). La moyenne d'âge des sujets était de 22 ans.

1.1.3. Enregistrements

Les items ont été enregistrés dans une salle anéchoïque, selon le même principe que les mots du FAAF Test français et la phrase-type (cf. paragraphe I-1-1.2.1).

Notons que la phrase était répétée deux fois de suite, les mots étaient répétés deux fois aussi, et les logatomes ont été répétés trois fois de suite.

1.1.4. Traitement des signaux pour la normalisation

Le traitement a été réalisé de la même manière que pour le FAAF Test français (cf. paragraphe I-1-1.2.2).

2. Protocole

2.1. Matériel

La passation était effectuée sur des ordinateurs portables calibrés, dans un lieu calme, et selon la disponibilité (géographique ou temporelle) des sujets. L'écoute se faisait à travers un casque Sennheiser HD 250 linear II.

2.1.1. Population

41 sujets, de langue maternelle française, ont été testés : 22 femmes et 19 hommes, de 18 à 70 ans. 37 sujets étaient normoentendants, et 4 sujets avaient de très légers troubles auditifs. Les détails suivants, pouvant influencer la perception, étaient précisés : la latéralité (4 gauchers au total), l'expertise d'écoute (14 musiciens, 2 étudiants audioprothésistes, 1 sujet préparant une thèse d'audiométrie)

2.1.2. Quatre tests subjectifs

Quatre tests ont été réalisés :

- * Le test de familiarité
- * Le test de clarté
- * Le test grave/aigu
- * Le test agréable/pas agréable

Le test de familiarité était obligatoirement réalisé en premier, suivi du test de clarté (les autres tests subjectifs, et le test d'intelligibilité ont été réalisés de manière aléatoire).

Pour la réalisation de chaque test, 10 items (1 phrase, 6 mots, 3 logatomes) ont été émis de manière randomisée par chacun des 6 locuteurs (soit 60 items au total pour la passation d'un test).

A chaque item perçu, le sujet devait cliquer sur une échelle de 1 à 7 (de type Lickert), pour indiquer ce qu'il pensait de la voix entendue (par exemple : 1 = très désagréable, 7 = très agréable).

2.1.3. Test d'intelligibilité

Un test préalable a été réalisé afin de régler l'intensité à laquelle ont été soumis les signaux, de manière à ce que l'intelligibilité soit comprise entre 50% et 70%.

Puis, les 50 logatomes ont tous été émis une fois, de manière aléatoire (grâce à un logiciel élaboré au laboratoire CNRS UMR 5020, programmé avec Python x, y) et binaurale, par chacun des 6 locuteurs. Des pauses étaient possibles, afin de limiter l'effet de fatigabilité.

Chapitre IV

PRESENTATION DES RESULTATS

I. La liste d'items du test français

En tenant compte des différents éléments cités dans notre partie théorique, nous avons pu établir une liste de mots qui nous serviront de base à la création du test en français. En fonction des résultats obtenus lors de la passation du test sur notre population, nous pourrions la remanier.

	N° de quadruplet					Variation consonne	Oppositions
1	1	feu	vœu	ceux	jeu	<i>initiale</i>	fjsv
2	2	fa	va	ça	chat	<i>initiale</i>	chfsv
3	3	proie	broie	trois	droit	<i>initiale</i>	bdpt
4	4	pain	bain	main	nain	<i>initiale</i>	bmnp
5	5	tard	dard	car	gare	<i>initiale</i>	dgkt
6	6	mais	naît	niais	laid	<i>initiale</i>	lmngn
7	7	chaîne	gêne	scène	zen	<i>initiale</i>	chjsz
8	8	te	deux	peu	queue	<i>initiale</i>	dkpt
9	9	pend	tend	quand	gant	<i>initiale</i>	gkpt
10	10	bout	doux	goût	roux	<i>initiale</i>	bdgr
11	12	sous	zou	loue	choux	<i>initiale</i>	chlsz
12	13	bout	poux	goût	coup	<i>initiale</i>	bcgp
13	15	sous	zou	fou	choux	<i>initiale</i>	chfsz
14	17	date	batte	patte	rate	<i>initiale</i>	bdpr
15	18	voir	boire	loir	noir	<i>initiale</i>	blnv
16	20	mon	long	rond	non	<i>initiale</i>	lmnr
17	23	sème	scène	saigne	selle	<i>finale</i>	gnlmn
18	24	celle	cesse	seize	sèche	<i>finale</i>	chlsz
19	25	mène	même	mêle	mère	<i>finale</i>	lmnr
20	26	rap	rab	rade	rate	<i>finale</i>	bdpt
21	27	bac	bague	bagne	batte	<i>finale</i>	ggknt
22	28	baffe	bave	bâche	basse	<i>finale</i>	chfsv
23	30	gave	gaz	gage	gale	<i>finale</i>	jl vz
24	31	jade	jappe	jatte	Jacques	<i>finale</i>	cdjt
25	32	Pape	pâte	pack	pâme	<i>finale</i>	kmpt
26	33	tombe	tonde	tong	tonte	<i>finale</i>	bdgt
27	34	paille	pagne	panne	pâle	<i>finale</i>	lgnnill
28	35	face	phase	fâche	phare	<i>finale</i>	chrsz
29	36	visage	village	vissage	virage	<i>médiane</i>	lrsz
30	37	messe	mèche	mêle	mère	<i>finale</i>	chlrs

Tableau 5 : Liste du FAAF Test français testée

La liste établie contient donc actuellement 120 mots, répartis en 30 séries, choisies parmi 37 qui avaient été établies au départ.

Les causes de l'élimination des séries ont été : la redondance d'oppositions déjà testées par d'autres séries, l'inappropriation de certains mots (ex. : bouffe), le bisyllabisme

(carré/barré/paré/garé), la fréquence déjà élevée de la voyelle dans la liste (comme le « ou », qui ne correspondrait pas à sa représentation dans la langue parlée française).

16 séries font varier le phonème initial, 13 font varier le phonème final, et 1 fait varier le phonème médian (il s'agit d'une série de mots bisyllabiques ajoutée à la liste: les résultats peuvent être intéressants à observer).

Détaillons les propriétés des items retenus.

1. Les oppositions phonémiques représentées

Dans la liste des 30 items retenus, on peut relever les oppositions phonémiques suivantes :

Oppositions testées	Nombre	Oppositions testées	Nombre	Oppositions testées	Nombre
1j	1	vz	1	gk	3
2k	1	1r	2	rs	3
2l	1	1v	2	sv	3
2m	1	2n	2	dp	4
2t	1	bn	2	fs	4
2y	1	br	2	gt	4
bl	1	dk	2	kp	4
bm	1	dr	2	lm	4
bv	1	gp	2	lr	4
dj	1	js	2	ls	4
fj	1	jv	2	lz	4
fz	1	jz	2	1z	5
gr	1	l2	2	bd	5
jl	1	lv	2	bp	5
jt	1	mp	2	mn	5
km	1	mr	2	pt	5
ly	1	nr	2	dt	6
m2	1	rz	2	kt	6
mt	1	1f	3	ln	6
n2	1	1l	3	sz	6
np	1	bg	3	1s	8
nv	1	bt	3		
ny	1	dg	3		
pr	1	fv	3		

1=ch 2=gn

Tableau 6 : Oppositions phonémiques du test français

Les principales oppositions phonémiques difficiles du français sont présentes, tout comme celles qui semblent difficiles pour les implantés. Cependant, le fait de devoir proposer des quadruplets cohérents provoque l'inégalité d'occurrence de certaines oppositions.

2. Les caractéristiques des mots

Les caractéristiques des mots figurant dans le FAAF test français sont détaillées dans l'Annexe VI.

En cas d'homophones, il a donc été choisi le mot le plus fréquent dans la langue. De manière générale, un mot se détachait de ses homophones, et ses différentes fréquences étaient plus élevées que celles des autres (que ce soit en termes de fréquence orale ou écrite). Cependant, lorsque ce n'était pas le cas, une fréquence écrite supérieure était privilégiée, afin de proposer en lecture, l'orthographe la plus courante.

On peut observer la distribution des quadruplets du FAAF Test français à travers les boîtes à moustaches des variables : fréquence orale, fréquence écrite, fréquence des homophones, fréquence des voisins phonologiques et fréquence des voisins orthographiques.

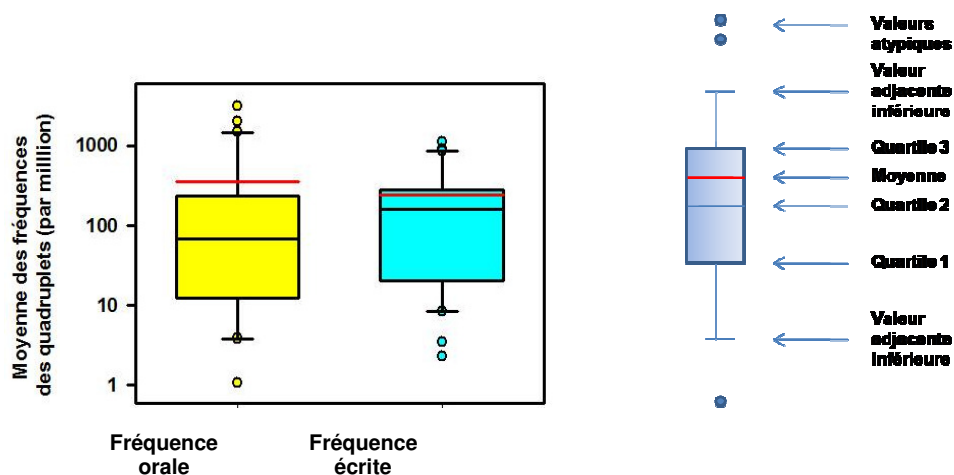


Figure 5 : Moyenne des valeurs des audiogrammes des sujets rencontrés à l'hôpital Desgenettes (échelle logarithmique)

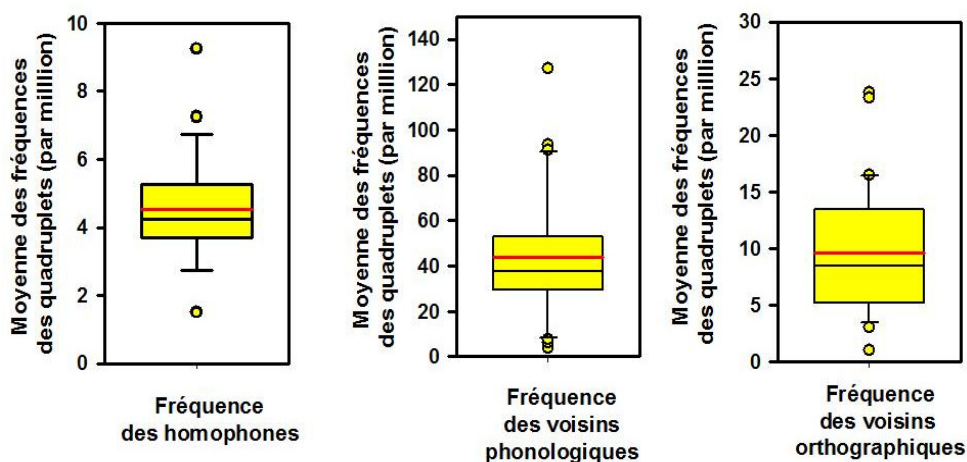


Figure 6 : Moyenne des valeurs des audiogrammes des sujets rencontrés à l'hôpital Desgenettes (échelle linéaire)

II. Validation du test à intensité confortable

A intensité « confortable » (65 dB HL), sur une population de 12 sujets normoentendants (8 femmes, 4 hommes), le nombre maximum d'erreur est de 3 (soit un pourcentage minimum d'intelligibilité de 97,5%).

Le nombre d'erreurs est significativement plus élevé dans les mots ($m=1,7$, $DS=0,78$) que dans les phrases ($m=0,83$, $DS=0,94$) (test t apparié, $t=2,42$, $p=0.03$), avec 5 sujets sur 12 ayant fait un sans faute avec les phrases, et 0 sujets sur 12 ayant fait un sans faute avec les mots.

On ne note pas d'effet lié à l'ordre de passation.

Un total de 30 erreurs a été fait (sur 24 passations : mots + phrases) :

* 15 sur la même série de mots (série numéro 3) : avec 11 erreurs pour « proie » choisi à la place de « trois », et 4 erreurs de « broie » choisi à la place de « proie ».

* La série 29 a également fait l'objet de 2 mêmes erreurs, mais chez le même sujet (visage/vissage).

Stimulus	Réponse	Nb erreurs	N° quadruplet
chat	fa	1	2
trois	proie	11	3
broie	proie	4	3
pain	bain	1	4
lait	naît	1	6
te	deux	1	8
tend	pend	1	9
sous	loup	1	11
goût	coup	1	12
choux	fou	1	13
sèche	cesse	1	18
cesse	seize	1	18
mène	même	1	19
tonde	tong	1	26
vissage	visage	2	29
mère	mèche	1	30

Tableau 7 : Récapitulatif des erreurs

III. Fonction psychométrique

1. Evolution des scores en fonction de l'intensité de stimulation, pour 12 sujets normoentendants.

Il existe une corrélation très significative ($r=0,97$, $p<0,001$) entre les scores et les intensités de stimulation, avec une augmentation de 2,3 % par dB pour la partie linéaire de la fonction psychométrique (entre 3 et 24 dB HL).

2. Résultats obtenus chez les sujets normoentendants

Nous pouvons avoir une idée de la difficulté relative de chaque quadruplet, en calculant le score théorique obtenu pour chacun à 15 dB HL d'intensité.

Pour cela, nous avons donc calculé les différentes droites de régression (entre 6 dB HL et 21 dB HL) sur le modèle suivant :

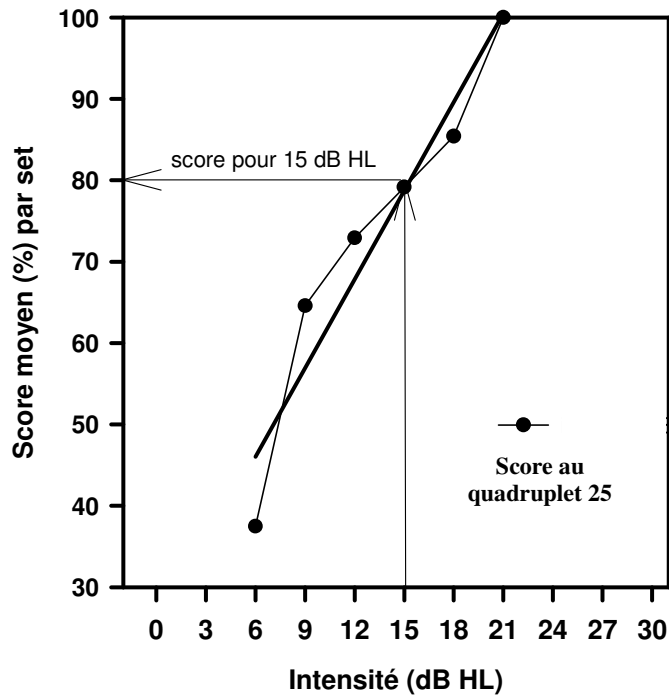


Figure 7 : Exemple du score théorique obtenu par 1 sujet, au quadruplet 25, à 15 dB HL

(la droite de régression est obtenue en moyennant les résultats obtenus par 1 sujet normoentendant aux différentes intensités testées)

Voici, les scores théoriques obtenus, par ordre décroissant de difficulté (suite p.46) :

N° quadruplets	Quadruplets				scores théoriques à 15 dB HL
30	messe	mère	mêle	mèche	95,30
11	zou	loup	choux	sous	92,18
28	phase	phare	face	fâche	91,51
13	zou	choux	sous	fou	91,43
2	sa	fa	chat	va	89,50
22	basse	baffe	bave	bâche	87,22
29	virage	village	visage	vissage	86,63
7	zen	chaîne	scène	gêne	85,00
18	sèche	seize	cesse	celle	84,17
19	mène	mêle	même	mère	83,31

N° quadruplets	Quadruplets				scores théoriques à 15 dB HL
14	batte	date	patte	rate	82,22
21	bague	bac	bagne	batte	81,09
25	pâme	Pape	pack	patte	80,60
1	ceux	feu	vœu	jeu	78,71
20	rade	rap	rate	rab	78,31
9	quand	tend	gant	pend	76,77
4	pain	main	nain	bain	75,99
16	long	non	mon	rond	75,85
8	deux	te	peu	queue	74,90
24	jappe	jatte	Jacques	jade	73,29
23	gage	gaz	gave	gale	72,04
27	paille	pagne	panne	pâle	68,25
6	lait	niais	naît	mais	67,02
5	gare	dard	car	tard	66,39
17	saigne	scène	selle	sème	62,16
26	tombe	tonte	tonde	tong	61,19
10	doux	bout	goût	roux	57,30
15	loir	noir	boire	voir	56,27
12	coup	bout	poux	goût	48,29
3	proie	trois	broie	droit	36,17

Tableau 8 : Score théorique obtenu par chaque quadruplet, pour une intensité de 15 dB HL

On note que les quadruplets faisant varier la consonne initiale sont réussis à 77,84% alors que ceux faisant varier la consonne finale sont réussis à 91,43%.

Le seul quadruplet faisant varier la consonne médiane est réussi à 86,63%.

Les 2 quadruplets qui obtiennent les plus mauvais scores (série 3 et série 12) sont les 2 quadruplets qui étaient régulièrement cités par les sujets comme les plus difficiles, au cours de leur passation...

Même si les scores restent toujours supérieurs à des scores qui pourraient être obtenus par hasard, on observe une grande variabilité de facilité entre les différents quadruplets.

3. Différences de résultats entre le test phrases et le test mots

Une analyse de variance par mesures répétées montre une différence significative entre les scores par mots et les scores par phrase, pour les intensités supérieures à 9 dB HL ($F(5,1)=8, p<0,01$).

D'autre part, on note que même à 0 dB HL, le score est légèrement supérieur au facteur chance (qui équivaldrait à un score de 25%).

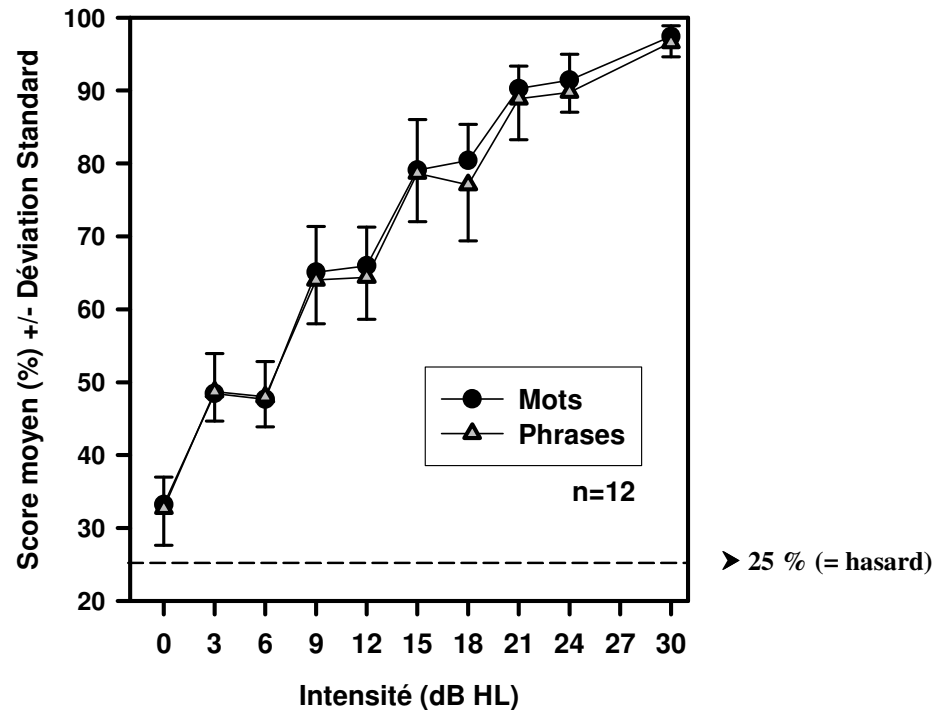


Figure 8 : Scores moyens obtenus par les 12 sujets normoentendants, aux mots et aux phrases, en fonction de l'intensité

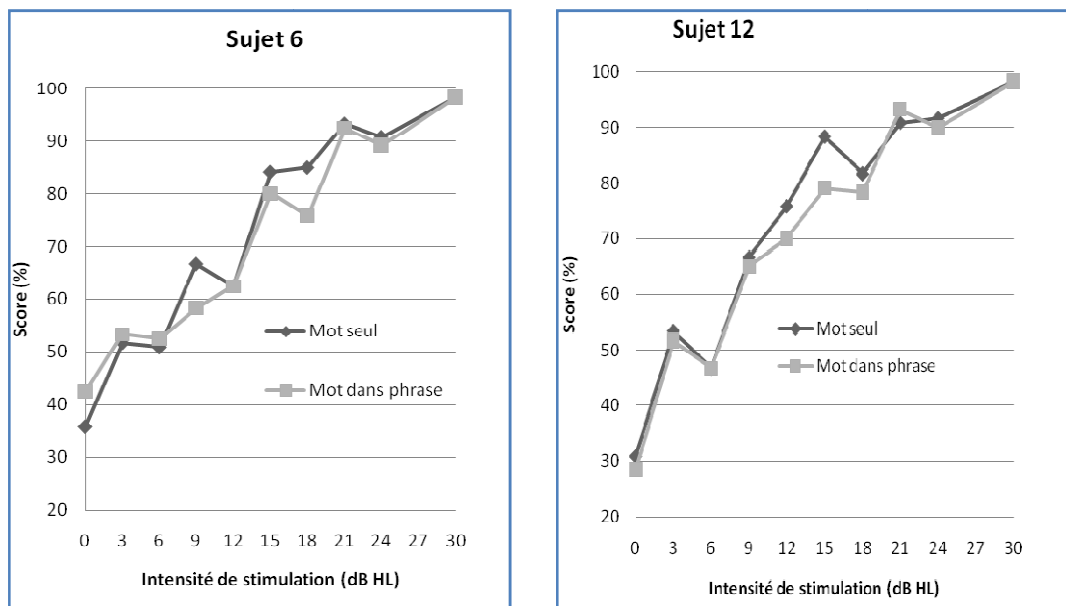


Figure 9 : Scores moyens obtenus, en fonction de l'intensité de stimulation : exemple de données individuelles (sujet 6 et sujet 12)

4. Tableau des erreurs pour les différents quadruplets

Le tableau des erreurs par quadruplet, et en fonction du mot cible entendu, peut être consulté dans l'Annexe VII.

Lorsqu'on calcule le taux moyen d'erreurs par quadruplet, on observe que les plus échoués (et donc les plus difficiles) sont les mêmes dans le test mots et dans le test phrases : le 3 (avec un taux d'erreurs moyen de 60,21% pour le test mots et 62,08% pour le test phrases) et le 12 (avec un taux d'erreurs moyen de 48,54% pour les mots et de 49,37% pour les phrases).

Les quadruplets les plus réussis sont (du plus réussi au moins bien réussi) les numéros 30, 28, 11 et 13, pour les mots, comme pour les phrases.

Les oppositions les moins pertinentes semblent être les suivantes : s/j, f/ch, v/s, s/ch, b/n, p/n, t/k, m/gn, p/r, p/d, k/p, m/k, n/ill, et s/z. Effectivement, l'échec pour ces oppositions est inférieur à 10%.

5. Résultats en fonction de la place du phonème changeant (début ou fin) pour 2 paires de quadruplets

Observons les courbes représentant les scores par intensité, de quadruplets.

La première paire est formée des quadruplets s'opposant par leur phonème initial :

* N°11 : loup – zou – sous – choux

* N°18 : celle – cesse – seize – sèche

La deuxième paire est formée des quadruplets s'opposant par leur phonème final :

* N°16 : non – long – mon – rond

* N°19 : mère – mêle – mène - même

La différence est significative lorsqu'on fait varier le phonème initial, mais non significative lorsque l'opposition est basée sur le phonème finale.

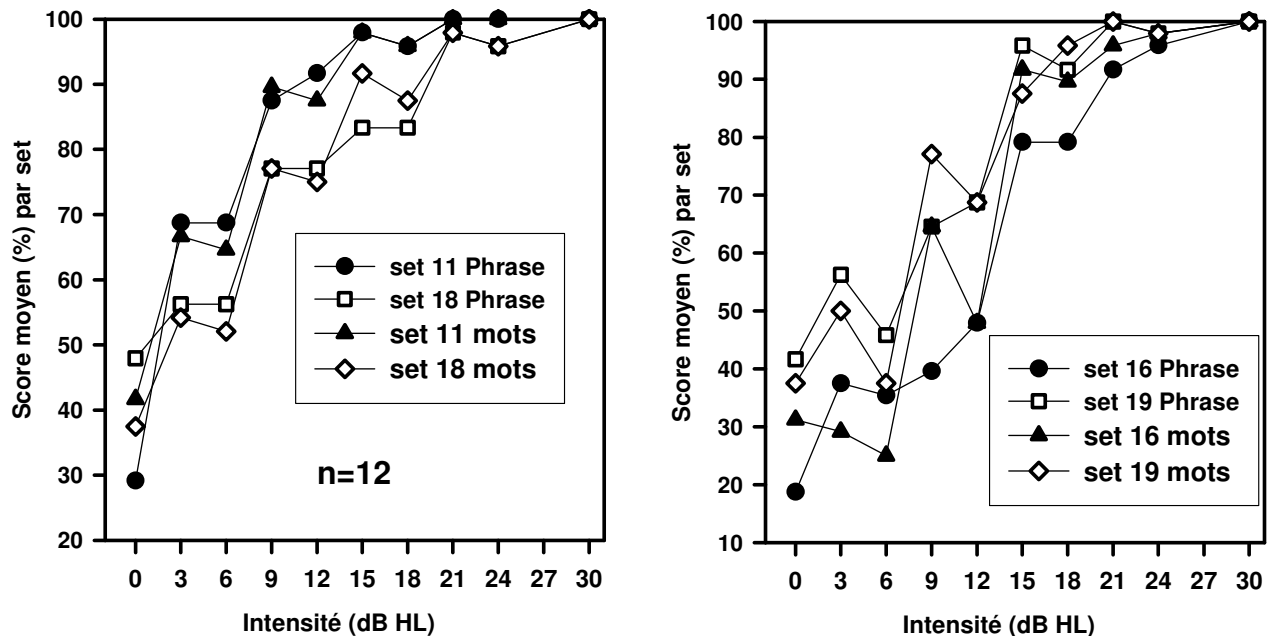


Figure 10 : Score en fonction de l'intensité pour 2 paires de quadruplets (quadruplet=set)

IV. Résultats chez les sujets malentendants

1. Comparaison des scores au FAAF français avec le pourcentage d'intelligibilité à la vocale de Fournier

Il est possible de comparer ces résultats étant donné que les enregistrements des items du test du FAAF français et des items de la vocale de Fournier ont été enregistrés par le même locuteur, et que la vocale de Fournier a été cotée en phonèmes par les expérimentateurs.

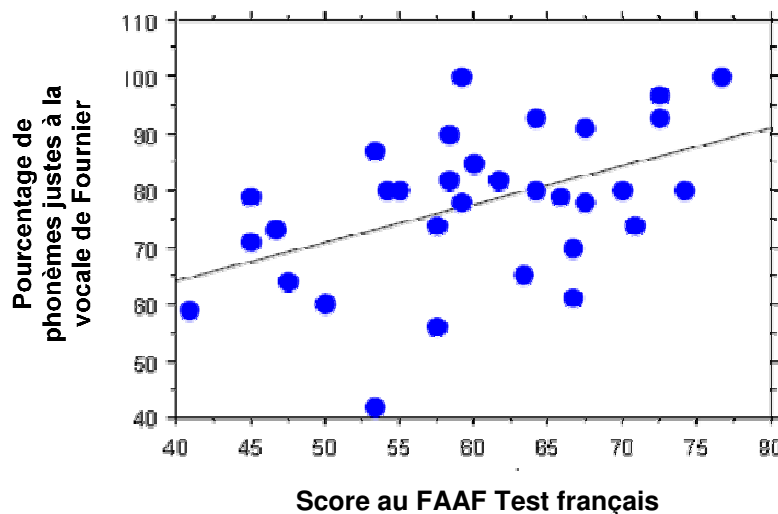


Figure 11 : Corrélation entre le score au FAAF français et le pourcentage d'intelligibilité à la vocale de Fournier

Bien que la variabilité autour de la droite de régression ne permette pas de faire une prédiction de la courbe audiométrique vocale à partir des résultats obtenus au FAAF Test français, on relève que $R=0,47$ et $p=0,007$. Le lien entre les variables est donc très significatif. Les résultats sont encourageants : le FAAF français pourrait devenir un outil efficace d'évaluation de la perception de la parole.

2. Résultat en fonction du type de test (mot ou phrase).

Comme le montre le graphique suivant, les sujets ont un pourcentage de réussite significativement meilleur avec le test « mot isolé » :

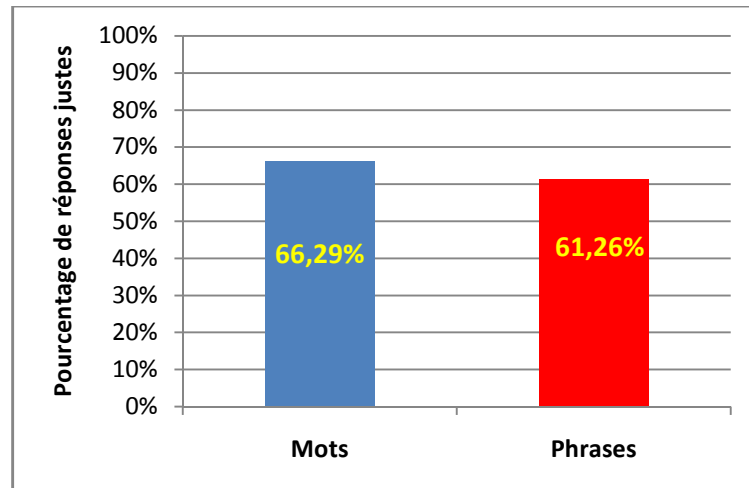


Figure 12 : Moyennes de réponses justes en fonction du test (mot/phrased)

Cette différence de taux de réussite en fonction du type de test (phrase ou mot) est très significative, puisque $t = 4,585$ et $p < 0,0001$.

Et même si cette différence n'est pas forcément significative sur un seul quadruplet, on observe qu'elle l'est fortement sur la totalité des quadruplets.

3. Résultats en fonction du quadruplet

On relève que le pourcentage de réponses justes est différent selon le quadruplet et selon le test (phrase ou mot) :

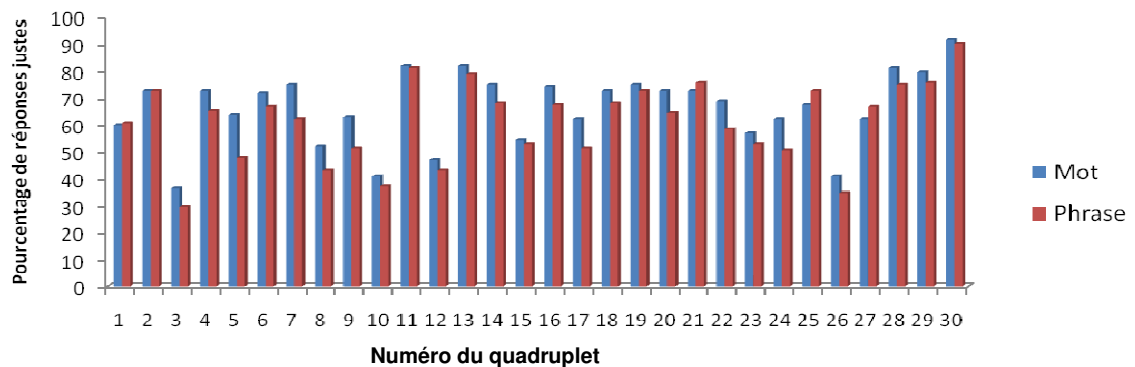


Figure 13 : Pourcentage de réponses justes en fonction de la série et en fonction du type de test

On peut constater que certains quadruplets comportent en général un faible taux de réussite, notamment les 3, 10 et 26 :

Broie	proie	droit	trois	quadruplet 3
Goût	roux	bout	doux	quadruplet 10
Tombe	tonte	tong	tonde	quadruplet 26

> Ce sont des quadruplets plus difficiles que la moyenne.

4. Résultats en fonction de l'ordre de présentation des quadruplets

Observons l'influence de l'ordre de présentation des quadruplets, c'est-à-dire : première fois que l'on voit les 4 mots, deuxième fois qu'on les voit...

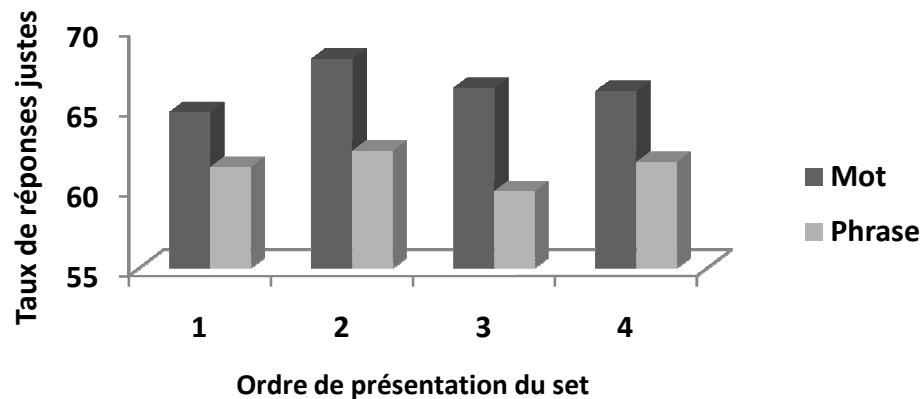


Figure 14 : Pourcentage de réponses justes en fonction de l'ordre de présentation du quadruplet (= set) et en fonction du type de test (mot/phrase)

Il n'y a donc pas de différence significative du taux de réussite en fonction de l'ordre de présentation du quadruplet, que ce soit pour les mots ou pour les phrases.

On peut aussi remarquer sur le graphique que le pourcentage d'intelligibilité du test mot est bien supérieur au pourcentage d'intelligibilité du test phrase, ce qui est en accord avec les résultats précédents.

5. Résultats en fonction de la place du phonème changeant (début ou fin) pour 2 paires de séries

Observons les paires de quadruplets que nous avons déjà observées chez les sujets normoentendants.

La première paire est formée des quadruplets s'opposant par leur phonème initial :

* N°11 : loup – zou – sous – choux

* N°18 : celle – cesse – seize – sèche

La deuxième paire est formée des quadruplets s'opposant par leur phonème final :

* N°16 : non – long – mon – rond

* N°19 : mère – mêle – mène – même

Pour la première paire étudiée, $t=1,829$ et $p=0,08$, ce qui est presque significatif (nous pouvons nous demander si avec un nombre de sujets plus important, le rapport serait significatif).

Pour la deuxième paire étudiée, $t=-0,14$ et $p=0,9$, ce qui n'est pas significatif.

La différence n'est donc pas significative et la place du phonème changeant ne semble pas avoir d'influence sur le pourcentage de réponses justes.

6. Observations concernant les temps de réaction

Nous avons pu faire quelques constatations intéressantes concernant les temps de réaction, que nous avons choisi de relever ici.

Observons par exemple les graphes de régression suivant :

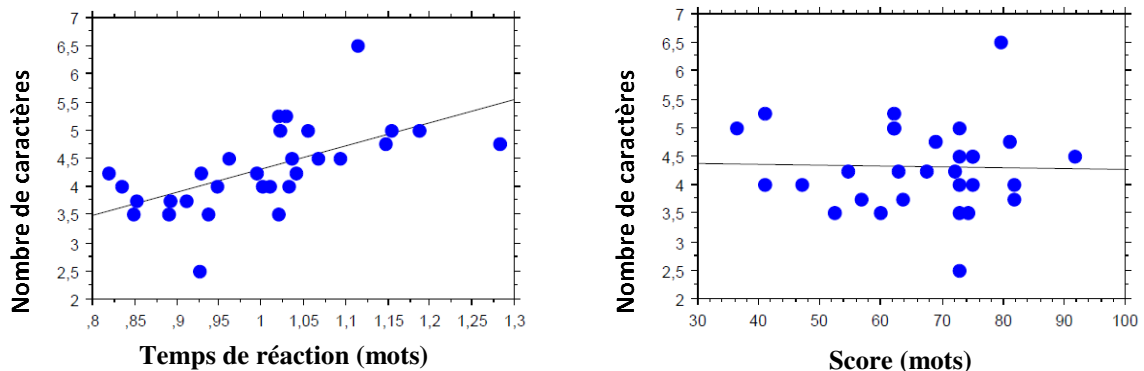


Figure 15 : Graphes de régression, d'après les résultats de 30 sujets malentendants, représentant le temps de réaction normalisés en fonction du nombre de caractères, pour les mots (à gauche), et le score en fonction du nombre de caractères, pour les mots (à droite)

Il apparaît une corrélation très significative ($p < 0,0005$ et $R = 0,6$) entre les temps de réaction normalisés et le nombre de caractères des mots présentés. Ces résultats se retrouvent dans le test phrases ($p < 0,0004$ et $R = 0,61$).

Cependant, que ce soit pour le test mots ou le test phrases, on ne relève pas de corrélation significative entre :

- le score et le temps de réaction (que ce soit pour mot ou phrase)
- le score et le nombre de caractères (cf. figure 12, par exemple, où $p > 0,89$ et $R = 0,026$)

V. Observations qualitatives

Le questionnaire qui a été soumis aux sujets peut être consulté dans l'Annexe II.

On note que la passation sur ordinateur n'a apparemment pas posé de problème aux sujets testés, qui ont l'habitude d'utiliser l'outil informatique et le font donc de manière détendue.

La passation n'a pas posé de problème particulier aux différents sujets (d'autant plus que la compréhension de la tâche était largement renforcée par les items d'entraînement). D'autre part, la tâche a paru majoritairement plus facile aux sujets normoentendants qu'une tâche de répétition de mots (à part pour 1/3 des sujets, dont l'un a argumenté : « au moins, en répétition, on peut inventer »), même si la passation a semblé plutôt

longue. Mais il ne faut pas oublier que les sujets avaient à reproduire un certain nombre de fois les expérimentations (passation des mots et des phrases, à 10 intensités différentes pour chaque forme...) ce qui peut biaiser leur sentiment à ce niveau...

On note que 46% sujets malentendants ont trouvé la tâche plus difficile qu'une audiométrie vocale.

Cependant, une question ouverte était posée (afin de permettre au sujet d'argumenter sur le format de test qu'il préférerait : mot ou phrase), et un espace de remarques/Suggestions était proposé. Cela nous permet de relever quelques informations utiles dans le développement du test à venir.

1. Test de mots ou test de phrases ?

Il est intéressant de relever les arguments donnés par les sujets en faveur des différentes formes de présentation :

* en faveur des mots : les sujets qui préfèrent le test avec les mots présentés seuls trouvent que l'attention est ainsi focalisée sur le mot, ce qui facilite la tâche. La passation leur paraît aussi plus attractive car plus courte. D'autre part, ils peuvent trouver la répétition de la phrase « *énervante* » avec son effet « *dique rayé* » (Wnekowicz M., 2009).

* en faveur des phrases : les sujets qui préfèrent ce format l'estiment moins couteux au niveau attentionnel (« *on fatigue moins vite surtout dans les faibles intensités, car la phrase sert d'amorce* »). Le fait d'avoir cette amorce les aide aussi à mobiliser leur attention au bon moment. Ils ont en plus l'impression de mieux entendre le début des mots. Enfin, cela leur semble plus facile car cela « *laisse le temps de lire les mots, on n'est pas surpris* ».

2. Quel matériel utiliser pour répondre ?

Rappelons ici que nous demandions aux sujets s'ils préféreraient donner leurs réponses à l'aide d'une souris (37,5 % des sujets avaient choisi cette option), d'un clavier (25 % des sujets ont choisi cette option) ou d'un écran tactile (37,5 % des sujets ont choisi cette option).

Il a été soulevé le problème que suscitait la nécessité d'un clic pour répondre. En effet, c'est ainsi qu'il fallait répondre dans le test que nous avons administré, et quelques sujets ont commis une erreur en double-cliquant sur la réponse (par réflexe acquis : quand on utilise régulièrement un ordinateur, on a souvent l'habitude de double-cliquer pour sélectionner un objet...) alors qu'il n'était demandé qu'un simple clic. L'item suivant était par conséquent automatiquement échoué (car sélectionné par le 2^{ème} clic). Ce type d'erreur peut aussi être gênant si on tient compte du temps de latence des réponses dans l'analyse.

Notons qu'un sujet qui a dit avoir une préférence pour la souris aux dépens de l'écran tactile a tout de même émis l'hypothèse que cela puisse ne pas être le bon choix, car soumis à plus de possibilités d'erreurs (en ajoutant : « *comme le double-clic* »...).

3. Remarques sur la forme orthographique

25 % des sujets ont fait des remarques concernant la forme orthographique des items :

* le premier a dit avoir été surpris par la forme de la série 8 (deux – te – peux – queue) dans lequel le « te » se démarque des autres par l'orthographe de son phonème vocalique. Cela peut aussi avoir une incidence pour les personnes qui ont un accent régional.

* le second alerte sur le fait de séparer les mots visuellement trop proches (« *on risque de cliquer trop vite et de se tromper alors qu'on a bien identifié le mot* »).

VI. Résultats concernant les différents locuteurs

L'analyse complète des données a fait l'objet de deux mémoires de master I, en « Physiologie et Neurosciences », en 2009 (Université Claude Bernard Lyon 1) : celui d'Hadrien Fey (« Effet du locuteur sur l'intelligibilité de logatomes ») et celui d'Allison Netboute (« Influence des variabilités dues au locuteur sur la perception du langage par l'auditeur »), qui pourront être consultés pour des résultats plus détaillés.

Notons cependant quelques résultats significatifs (tirées de différentes ANOVA).

1. Logatomes et phonèmes

* Au niveau des logatomes : la différence de perception liée aux locuteurs n'est pas significative (Test d'adéquation de Fisher : $F=1,052$; $p=0,3876$). Les moyennes de logatomes perçus varient de 41,5% pour L5 à 50,9% pour L6. La moyenne de logatomes entendus correctement, tous locuteurs compris, est de 46,1%.

* Au niveau des phonèmes : la différence de perception liée aux locuteurs n'est pas significative ($F=1,094$; $p=0,3643$). La moyenne des phonèmes perçus varie de 72,8% pour L2 à 77,2% pour L1. La moyenne des phonèmes entendus correctement, tous locuteurs compris, est de 75,2%.

2. Perception des phonèmes

La figure 12 présente le pourcentage de perception de chaque phonème, tous locuteurs confondus. On note que les pourcentages sont très hétérogènes (de 38,4% pour « n » à 98,2% pour « eu ») et que les consonnes sont en moyenne moins bien perçues que les voyelles (70,18% contre 83,27%). Cependant il ne faut pas oublier le phénomène de coarticulation qui influence les résultats par phonème de ce test : Fey parle de l'importance de l'environnement et donne l'exemple du « n » (perçu à 80,3% dans « ninte » et à seulement 52% dans « nupe »).

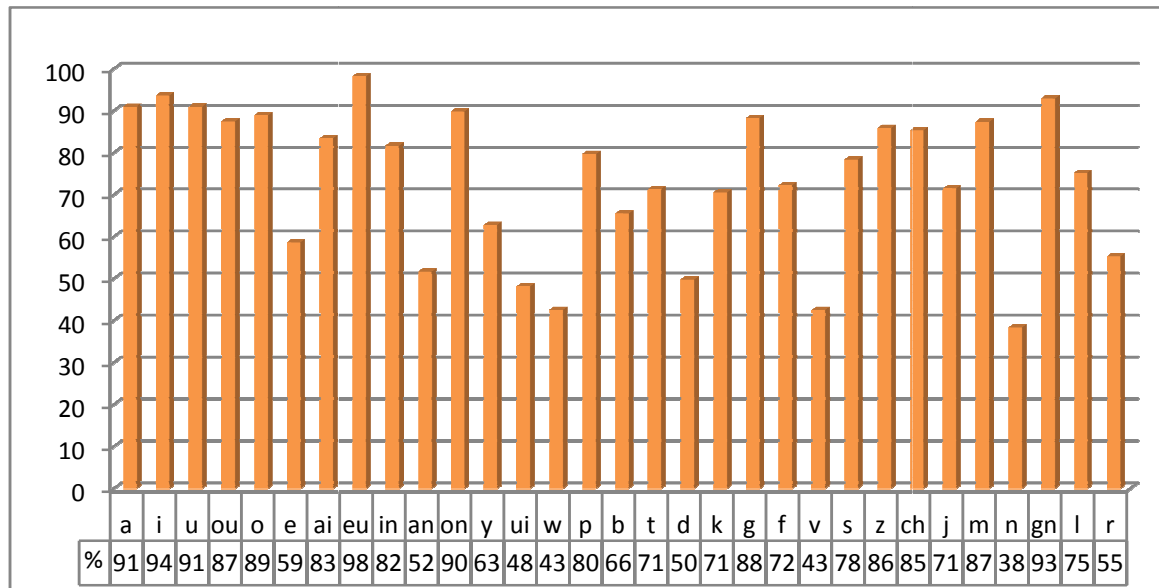


Figure 16 : Pourcentage de perception correcte pour chaque phonème (Fey, 2009)

Le tableau 9 (page suivante) présente les résultats (ANOVA) « *des pourcentages de perception par les sujets des différents locuteurs pour chaque phonème, et montre le résultat du test d'adéquation de Fisher et la significativité de la différence de résultat* » (Fey, 2009) entre tous les locuteurs pour chaque phonème.

Le tableau donne aussi un aperçu de la plus ou moins bonne intelligibilité des différents locuteurs, en fonction du sexe (lorsque les différences de perception sont significatives).

Pour avoir une meilleure lecture du tableau, notons que seuls les meilleurs locuteurs masculins et féminins dont les pourcentages sont significativement différents des deux autres locuteurs du même sexe (d'un point de vue de l'intelligibilité) ont leur pourcentage entre parenthèses

Phonèmes	Valeur de F	Valeur de p	Meilleur locuteur *		Moins bon locuteur *	
			féminin	masculin	féminin	masculin
a	0,846	0,5184				
i	12,761	<,0001	L1 x	L4 x	L6 x	L2 (81,0)
u	6,164	<,0001	L1 x	L5 x	L6 (81,5)	L4 x
ou	2,801	0,0177	L1 x	L2 x	L3 x	L4 x
o	1,81	0,1115				
e	3,905	0,002	L1 x	L4 (75,4)	L3 x	L5 x
ai	4,086	0,0014	L1 x	L5 x	L3 x	L2 x
eu	0,841	0,5219				
in	8,198	<,0001	L1 x	L5 (95,6)	L3 (67,8)	L4 (76,1)
an	1,079	0,3727				
on	4,041	0,0015	L1 x	L5 x	L6 x	L4 x
y	2,458	0,034	L1 x	L4 x	L6 x	L2 (48,8)
ui	6,326	<,0001	L3 x	L5 x	L6 (36,7)	L2 x
w	0,731	0,6011				
p	12,785	<,0001	L6 (90,9)	L2 x	L3 (67,6)	L5 (63,9)
b	5,348	0,0001	L1 x	L2 x	L6 x	L5 x

Phonèmes	Valeur de F	Valeur de p	Meilleur locuteur *		Moins bon locuteur *	
			féminin	masculin	Féminin	masculin
t	18,161	<,0001	L6 x	L4 x	L1 x	L5 (37,1)
d	3,045	0,011	L1 x	L5 (63,4)	L6 x	L4 x
k	1,392	0,2279				
g	1,386	0,2302				
f	3,565	0,004	L1 x	L4 x	L3 x	L2 (61,0)
v	1,994	0,0802				
s	9,459	<,0001	L6 (92,6)	L2 x	L3 x	L5 (60,8)
z	10,057	<,0001	L3 x	L4 x	L6 x	L2 (73,0)
ch	9,025	<,0001	L1 x	L5 x	L3 (61,0)	L2x
j	4,077	0,0014	L6 x	L2 x	L1 (59,1)	L5 x
m	3,588	0,0038	L1 x	L4 x	L3 (74,4)	L2 x
n	1,491	0,1935				
gn	0,856	0,5115				
l	2,573	0,0273	L1 x	L4 x	L3 x	L5 x
r	4,675	0,0004	L6 (77,1)	L4 x	L3 x	L5 x

* D'un point de vue de l'intelligibilité, si p significatif ($p < 0,05$).
x Différence entre les deux meilleurs non significatives ($p > 0,05$)

Tableau 9 : Valeur de significativité des différences d'intelligibilité en fonction des locuteurs [et meilleurs et moins bons locuteurs femmes et hommes*] (Fey, 2009)

Ce tableau, présentant une analyse détaillée de la perception de chaque phonème, sera important pour choisir le locuteur définitif. Comme nous l'évoquions dans la théorie, il faudrait s'assurer que les phonèmes qui posent des difficultés aux personnes déficientes auditives soient bien prononcés par le locuteur choisi.

Nous pouvons prendre l'exemple du phonème « p », qui était, d'après Lefèvre (1982), la consonne la plus fragile chez des sujets déficients auditifs, et reste aujourd'hui répertoriée comme une des consonnes les moins résistantes (Adam, 2006). Lorsqu'il est émis par L6, ce phonème est perçu à 90,9% par les sujets, mais il n'est perçu qu'à 67,3% lorsqu'il est émis par L3 (Figure 13).

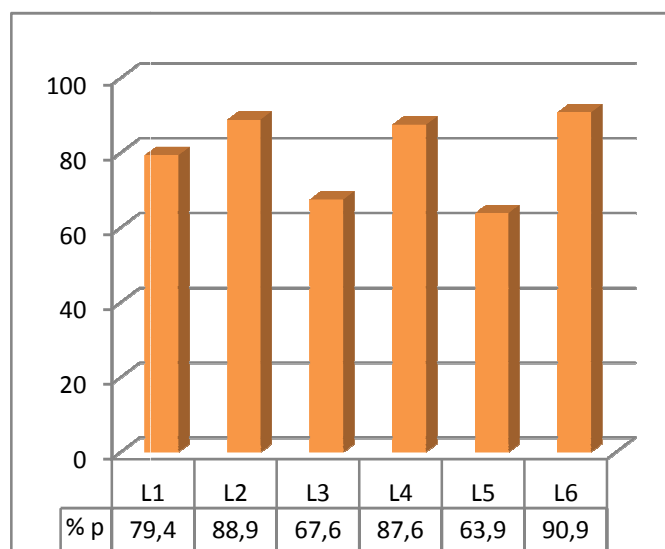


Figure 17 : Pourcentage de perception correcte pour le phonème « p » en fonction des locuteurs (Fey, 2009)

3. Appréciations subjectives des voix

Les résultats des tests subjectifs d'appréciation des voix, analysés par Netbout (2009), montrent que la préférence des sujets (critère d'agrément) se portent sur L6 (parmi les locuteurs féminins) et L2 (parmi les locuteurs masculins) (avec $p < 0,0001$) ; et que les voix de femmes paraissent significativement plus agréables aux sujets ($p < 0,0001$).

Les différences entre les voix des locuteurs sont également significatives pour leur clarté, leur familiarité et leur caractère grave ou aigu ($p < 0,05$). Les voix de femmes sont significativement plus claires que les voix d'hommes ($p < 0,0001$), mais il n'y a pas d'effet du sexe des locuteurs sur la clarté de leur voix pour les sujets femmes ou hommes ($p = 0,3353$).

Les locuteurs féminins ont des voix significativement plus familières que les locuteurs masculins ($p = 0,0001$). Ainsi il existe une corrélation entre l'appréciation du caractère agréable, de la clarté et de la familiarité de la voix, dans la mesure où les locuteurs féminins obtiennent toujours de meilleures appréciations.

Les locuteurs féminins ont aussi des voix plus aiguës ($p < 0,0001$), cette perception dépendant aussi, pour les mots de l'audio4, de la fréquence des mots.

Chapitre V

DISCUSSION DES RESULTATS

En fonction des résultats obtenus, nous pouvons nous repencher sur le test créé afin de mettre en évidence les améliorations qu'il convient d'apporter et de confronter nos conclusions à la théorie.

I. Eléments du FAAF Test français

1. Mots ou phrases ?

Notre but n'est pas de traduire le test original, mais bien de recréer et valider un test sur le même modèle. Par conséquent, même si cela n'a pas été testé dans la mise au point du test par Haggard et Foster, nous souhaitons expérimenter le test sous forme de présentation de mots isolés et sous forme de phrases.

Or nous avons donc pu constater que les résultats sont globalement meilleurs au test présenté sous formes de mots isolés que ceux obtenus lorsque ce mot est porté par la phrase type.

Le but de ce test étant d'évaluer la perception, nous préférons donc retenir la forme qui la favorise le plus, c'est-à-dire la présentation sous forme de mots.

D'autre part, en choisissant cette forme de passation, qui est plus courte, nous pouvons aussi jouer sur un autre facteur neuropsychologique qui peut représenter un biais chez tous les patients, et notamment chez les patients implantés : la fatigabilité.

2. Affinage de la liste d'items

En tenant compte de différents éléments, récoltés chez les normoentendants et les sujets malentendants testés, ainsi que dans les différentes bases de données, il va être possible d'améliorer la sélection des items, afin de contrôler encore plus soigneusement les « variables parasites potentielles » (Frauenfelder, Nguyen, 2000).

2.1. Pertinence des items présents dans la liste testée

Les items proposés ne sont pas tous pertinents, il va donc falloir faire un tri. On peut considérer qu'un quadruplet est pertinent lorsqu'il engendre un pourcentage d'erreurs moyen compris entre 20% et 90%. En effet, si les items sont trop régulièrement échoués ou réussis, on ne pourra en retirer que peu d'informations.

Considérons les quadruplets 2, 11, 13, 28 et 30. Le pourcentage d'erreurs engendré par chacun est faible (inférieur à 20% en moyenne). On pourra donc les supprimer de la liste. D'autant plus que les oppositions présentes dans ces quadruplets sont aussi testées dans d'autres quadruplets.

Prenons par exemple le quadruplet N°2. Il teste les oppositions :

- f/s : testée aussi au sein des quadruplets 1 et 22
- f/ch : testée aussi au sein du quadruplet 22
- f/v : testée aussi au sein des quadruplets 1 et 22
- s/ch : testée aussi au sein des quadruplets 4, 7, 18 et 22

- s/v : testée aussi au sein des quadruplets 1 et 22

- ch/v : testée aussi au sein du quadruplet 22

Une seule opposition n'apparaît qu'une seule fois au sein du test et devra être remplacée dans un nouveau quadruplet : f/z.

On note que ces 5 quadruplets portent uniquement sur des constrictives.

Aucun quadruplet n'obtient un score de réussite supérieur à 90%.

Au sein des quadruplets que l'on considère pertinents (ceux dont le pourcentage de réussite est donc compris entre 20% et 90%), on peut procéder à la même réflexion au niveau des différentes oppositions testées.

Prenons par exemple le quadruplet N°4 (pain-bain-main-nain). Il semble pertinent étant donné que le pourcentage moyen d'erreurs est de 31,88%. Cependant, lorsqu'on se penche plus précisément sur les résultats, on note que l'opposition b/n n'est pas très intéressante, dans la mesure où elle engendre très peu d'erreurs (1,52% lorsque le mot cible est « bain », et 11,90% lorsque le mot cible est « nain »). Les sujets n'hésitent donc réellement qu'entre 3 oppositions... le quadruplet devient alors presque triplet...

Prenons maintenant l'exemple du quadruplet N°6 (lait-mais-naît-niais). Il semble lui aussi pertinent, avec un pourcentage d'erreurs moyen de 36,04%. Néanmoins, on remarque que l'opposition m/n représente à elle seule 82,43% des erreurs lorsque le mot cible est « naît », et la moitié des erreurs lorsque le mot cible est « mais ». On ne peut donc pas réellement tester les autres oppositions de ce quadruplet (m/gn, m/l, n/gn, n/l, l/gn) lorsque les mots cibles sont « naît » ou « mais ».

On cherchera donc à limiter ces oppositions au maximum, tout en les laissant apparaître une fois, afin de s'assurer qu'elles sont maîtrisées, et en s'assurant que les autres oppositions des quadruplets où elles apparaîtront seront testées par ailleurs, dans un contexte plus équilibré.

De plus, on a pu constater que, sur une même opposition phonémique, la place du phonème dans le mot n'a pas d'importance significative sur le pourcentage de réussite. Un seul quadruplet suffit donc.

Le cas se présente 2 fois dans le test : pour les quadruplets 22 et 2 (qui testent les oppositions f/s/ch/v) et pour les quadruplets 20 et 3 (qui testent les oppositions b/p/d/t). En fonction des différentes analyses que nous avons faites dans cette discussion, nous pouvons envisager de supprimer les quadruplets 3 (le plus difficile, si on considère les scores théoriques à 15 dB HL) et 2 (qui ne semblait pas pertinent).

2.1.1. Recherche d'une intelligibilité maximale à intensité confortable

Les conditions de passation du test n'ont pas été optimales et peuvent être améliorées (salle anéchoïque, amélioration du logiciel...). On peut donc se demander si d'autres conditions auraient favorisé des scores absolus... Cependant, une erreur dans ce genre de test arrive vite (ne serait-ce qu'un moment d'inattention), et peut être considérée comme acceptable, ne remettant pas en cause la valeur du test.

Toutefois, dans le cadre de notre expérimentation, on remarque que l'erreur est loin d'être aléatoire : elle porte 1 fois sur 2 sur le quadruplet 3 (proie – trois – broie – droit, cf. tableau 7 p.44). On peut donc considérer que cette série biaise les résultats en étant si souvent échouée et devra être retirée du test. On peut aussi éliminer le quadruplet N°29, bisyllabique, qui engendre aussi un nombre d'erreur supérieur aux autres quadruplets (cela permettra ainsi de ne conserver que des items construits sur le même modèle).

2.1.2. Facilité vs difficulté des items : suppression d'items

On constate donc que la difficulté des séries n'est pas équivalente (Tableau 7, p.44). Les scores sont largement hétérogènes puisqu'ils vont de 95,3% de réussite pour la série 30 – messe/mère/mêle/mèche- à 36,17% de réussite pour la série 3 –proie/trois/broie/droit (sujets normoentendants, 15dB HL).

Ces tendances se retrouvent dans les résultats des sujets malentendants. On peut observer dans le tableau suivant que les items échoués ou réussis sont globalement les mêmes pour les deux populations :

Ordre décroissant de difficultés des mots pour les malentendants	Ordre décroissant de difficultés des mots pour les normoentendants	Ordre décroissant de difficultés des mots pour les malentendants (suite)	Ordre décroissant de difficultés des mots pour les normoentendants (suite)
30	30	22	9
11	11	25	4
13	28	17	16
28	13	24	8
29	2	5	24
19	22	9	23
14	29	27	27
7	7	1	6
16	18	23	5
4	19	15	17
2	14	8	26
20	21	12	10
21	25	10	15
18	1	26	12
6	20	3	3

Tableau 10 : Comparaison des ordres de classement des quadruplets, par difficulté et par population

Un minimum d'informations pouvant être retiré d'items dont on sait par avance qu'ils seront régulièrement réussis ou régulièrement échoués, nous pouvons envisager de retirer les quadruplets qui appartiennent à ces deux catégories.

On pourra par exemple supprimer le quadruplet N°3 (proie-broie-droit-trois), qui est le plus échoué (et avait été cité spontanément et régulièrement par les sujets, comme un

quadruplet difficile). De même, on pourra supprimer les quadruplets 30, 11, 28 et 13, dont les scores théoriques, à 15 dB HL, dépassent les 90%.

Cependant il faudra s'assurer que cela ne prive pas le test d'oppositions phonémiques importantes. Dans ce cas-là, il faudra prévoir de créer de nouveaux items.

On peut aussi supprimer la série 29 (visage/village/vissage/virage) puisqu'elle n'est pas constituée de mots monosyllabiques, afin d'unifier l'aspect du test. On pourra tout de même noter que l'effet de longueur attendu (censé favoriser la reconnaissance des mots) n'a pas permis de discriminer les mots de cette série mieux que tous les autres, puisqu'il n'est que la 7^{ème} série la mieux reconnue (à 15dB) et qu'il est cité dans les erreurs commises à intensité confortable. Cela peut donc aussi être posé comme un argument en faveur de la limitation de la suppléance mentale liée au choix forcé.

2.1.3. Rééquilibrer les oppositions représentées

Après une analyse plus détaillée des séries, on peut envisager de revenir sur le choix des oppositions testées. En effet on note par exemple une redondance de certaines oppositions, non justifiée par la littérature.

Par exemple, l'opposition la plus fréquente est l'opposition « ch/s ». Or, d'après la matrice des confusions phonétiques établie par Lefèvre (1982), la confusion ne porte que dans 13% des cas sur le « s », et dans 6% des cas, et la confusion entre ces 2 phonèmes est loin d'être la plus courante chez les déficients auditifs.

Dans l'étude de Roux (2001), les confusions phonétiques des implantés cochléaires sont les suivantes :

—	n	Ø	È	m	p	Z	ɲ	y	v	f	d	l	s
42%	41%	38%	36%	35%	34%	31%	30%	30%	29%	27%	25%	25%	22%
t	j	o	±	b	K	g	i	e	u	a	Z	R	ʃ
20%	19%	18%	18%	17%	17%	16%	15%	14%	12%	9%	5%	4%	3%

Figure 18 : Tableau de confusions phonétiques des implantés cochléaires (Roux, 2001)

Le problème qui se posera réside dans le fait qu'une série est composée de 4 mots. Il est donc parfois nécessaire d'ajouter des phonèmes déjà présents en quantité suffisante ailleurs, afin de créer une série d'oppositions cohérentes.

2.1.4. Ajout de quadruplets

En plus du remaniement des quadruplets, nous envisageons d'ajouter des items testant l'opposition de voyelles, qui n'apparaissent pas dans le test anglo-saxon. Cela permettra, par exemple, d'ajouter les difficiles phonèmes nasalisés.

2.2. Effet de fréquence

L'effet de fréquence est l'un des plus fiables jamais établis dans le traitement du langage, oral comme écrit (Frauenfelder, Nguyen, 2000), et le plus affirmé dans la littérature. Cependant, cet effet disparaît dans les test de type questions à choix forcé (Sommers et al., 1997), ce qui se vérifie dans les résultats de notre expérimentation. Observons, en parallèle, les quadruplets classés selon la fréquence cumulée de leurs 4 items, et les mêmes quadruplets, classés selon leur difficulté (d'après les résultats obtenus par les sujets normoentendants) :

Quadruplets classés selon leur fréquence	Quadruplets classés selon leur difficulté (pour les normoentendants)	Quadruplets classés selon leur fréquence	Quadruplets classés selon leur difficulté (pour les normoentendants)
Du plus fréquent	Du plus facile		
2	30	29	9
16	11	10	4
8	28	7	16
6	13	28	8
9	2	17	24
19	22	26	23
15	29	18	27
30	7	23	6
5	18	14	5
1	19	27	17
12	14	21	26
13	21	20	10
3	25	22	15
4	1	25	12
11	20	24	3
		Au moins fréquent	Au plus difficile

Tableau 11 : Ordre des quadruplets classés par somme des fréquences d'occurrence de leurs 4 items dans la langue orale, en parallèle des quadruplets classés par ordre de difficulté (d'après les résultats des sujets normoentendants)

Au vu des tableaux, la distribution paraît plutôt aléatoire.

Lorsqu'on calcule le coefficient de corrélation linéaire, on obtient $R=0,017$. Il n'y a donc effectivement pas de lien significatif entre la fréquence des quadruplets dans la langue française orale, et leur degré de difficulté avéré lors de ces expérimentations.

Nous pourrions donc nous sentir plus libre au niveau du choix des mots, si cela est nécessaire.

2.3. Intérêt de la prise en compte de l'imageabilité

Le FAAF Test, qui paraît si séduisant pour la pratique clinique, ne peut pas être utilisé avec tous les patients : en effet, le sujet doit savoir lire le français ! Nous avons donc pris soin (et y ferons attention dans le remaniement des quadruplets) de choisir la forme

orthographique la plus régulière des mots (cf. en se reportant aux homophones, proposés par les différentes bases de données par exemple) ou de privilégier la forme orthographique la plus fréquente.

Cependant, le critère d'imageabilité avait aussi été retenu dans les recherches sur la qualité des items, au vu de l'éventualité d'adapter, plus tard, le test à une population plus jeune et non lectrice : les enfants. L'enfant jeune, qui ne lit pas, ou dont la lecture n'est pas automatisée, pourrait alors se voir présenter une série d'images, et désignerait simplement celle qui correspondrait à ce qu'il aurait perçu.

Prenons par exemple le quadruplet N° 4 : pain – bain – main - nain



Figure 19 : Exemple du quadruplet 4, imageable

Cependant, peu de séries d'items semblent actuellement imageables.

2.4. Phénomènes de coarticulation

Dans la théorie a été évoqué le phénomène de coarticulation, qui évoque le fait que chaque phonème soit soumis à l'influence des phonèmes adjacents, ce qui provoque une production de ce phonème sous une forme qui varie d'un contexte à un autre. Ce phénomène intervient donc dans le FAAF Test, qu'il soit présenté sous forme de mots isolés ou sous forme de phrases. Par conséquent, une même opposition phonémique pourra être réussie de manière différente selon le quadruplet considéré.

Cependant, dans la conception du test, il n'a pas été pris en compte la proportion des voyelles présentes dans la langue française (qui permettrait de rendre les résultats un peu plus écologiques, en provoquant les phénomènes de coarticulation les plus fréquents), ainsi que la difficulté à reconnaître les nasales chez les implantés cochléaires (qui pourrait engager à en introduire un peu plus dans le test).

2.5. Révision de l'orthographe des items

Au niveau de l'orthographe des mots, on note dans les données fournies par Lexique, que celle choisie dans le FAAF français n'est pas toujours la plus simple. Il serait bon de réviser tous les items et de modifier leur orthographe en fonction.

On pourra par exemple remplacer « laid » par « lait », qui est beaucoup plus fréquent dans la langue orale (59,41 fois/million d'occurrences contre 9,52 fois/million d'occurrences)

comme dans la langue écrite (62,23 fois/million d'occurrence, contre 10,41 fois/million d'occurrence).

3. Absence d'effet d'apprentissage

L'intérêt du format de choix forcé dans ce domaine est confirmé par les résultats de nos expérimentations (cf. Figure 10). Que l'on se penche sur la passation avec des mots isolés, ou celle avec des phrases, la conclusion est la même : le taux de réussite n'est pas significativement lié à l'ordre de présentation des quadruplets. On peut donc en conclure qu'il n'y a pas d'effet d'apprentissage.

4. Au niveau de l'ergonomie

Un des buts de l'étude, et donc du questionnaire d'ergonomie, était aussi de savoir si la passation sur ordinateur était adaptée à toute la population. Les résultats sont donc incomplets de par le fait que les sujets étaient jeunes et font tous partie d'une génération qui utilise beaucoup l'outil informatique. Il serait intéressant de refaire une expérimentation auprès de sujets plus âgés.

Sur les personnes plus âgées, on pourrait craindre les effets dus à une mauvaise maîtrise de l'outil informatique, et celui du stress lié à cette mauvaise maîtrise.

5. Aspects techniques

Il ne faut pas négliger les aspects techniques du test.

Au niveau de la présentation écrite des items par exemple. Emmanuel Sylvestre (titulaire d'un doctorat en Sciences de l'Education, chercheur associé au Laboratoire des Sciences de l'Education de l'Université de Grenoble) donne quelques recommandations relatives à une meilleure perception visuelle de supports électroniques.

Un style de police sans empattement (comme les polices « arial », « verdana » ou « helvetica ») sont plus lisibles sur un écran. De même, la lisibilité optimale est atteinte *« lorsque le contraste entre la police d'écriture et la couleur de la page est maximal : une écriture noir sur fond blanc est donc le meilleur compromis en termes de lisibilité de surface »*. Cependant, tout en gardant un contraste confortable entre la police et le fond de la page, on pourra se permettre d'introduire de la couleur, afin de rendre la passation moins austère.

D'autre part, comme le souligne Dehaene (2007), « la lecture des mots en minuscules est légèrement plus rapide que celle des mots en majuscules ». Ce léger ralentissement est peut-être dû à leur moindre familiarité. Quoiqu'il en soit, il pourrait être préférable de continuer à utiliser des minuscules, afin d'offrir plus de confort au sujet.

Il est aussi important de donner au sujet des points de repères. Lui montrer par exemple, lorsqu'il a choisi un item, que son clic a bien été pris en compte (en faisant changer de

couleur l’item sélectionné par exemple). Cela lui permet aussi d’anticiper le fait que le quadruplet suivant va apparaître sur l’écran et qu’un nouveau mot va être énoncé.

Enfin, comme certains sujets l’ont suggéré, nous pourrions rallonger le temps écoulé entre le choix du mot par un clic et l’écoute du mot suivant.

II. Le choix du locuteur

Le sexe du locuteur ne semble pas jouer sur l’intelligibilité des logatomes (tout du moins chez des sujets normoentendants...) et des phonèmes, que ce soit chez les sujets hommes ou chez les sujets femmes. Cependant, il semble que le locuteur féminin le mieux perçu soit L6 et que le locuteur masculin le mieux perçu soit L4.

Cependant, si L6 et L4 sont globalement les plus intelligibles, cela ne signifie pas qu’ils sont les plus intelligibles sur tous les phonèmes, pris individuellement. Une attention particulière devra être portée lors de l’enregistrement, aux phonèmes qui posent habituellement le plus de difficultés aux implantés cochléaires.

Le sexe des locuteurs ne semble pas avoir d’effet, que ce soit sur les sujets femmes ou hommes. Toutefois, ces tests ont été réalisés chez des personnes normoentendantes, on peut donc légitimement se demander si l’on obtiendrait les mêmes résultats chez des personnes implantées, pour lesquelles le trait « grave » représente une difficulté non négligeable. Citons l’étude de Roux (2001) sur la perturbation des traits acoustiques chez les implantés, qui donne le tableau suivant :

Trait acoustique	% erreurs
Grave	10%
Aigu	11%
Compact	9%
Diffus	7%
Nasal	18%
Oral	3%
Sourd	5%
Sonore	1%
Continu	1%
Interrompu	3%
Vocalique	5%
Non vocalique	2%

Tableau 12 : Pourcentage d’erreurs en fonction du trait acoustique, chez les implantés cochléaires (Roux, 2001)

Le trait acoustique le plus perturbé est de loin le trait nasal, ce qui semble cohérent au regard d'une discrimination fréquentielle particulièrement amoindrie dans les graves.

L'intelligibilité et l'appréciation subjective des voix ne correspondent pas (une voix claire n'implique donc pas une voix intelligible), car d'un point de vue tout à fait subjectif, des différences d'appréciation significatives apparaissent entre les voix.

« Des résultats d'études précédentes montrent que la familiarité de la voix aide à une meilleure perception et ce d'autant plus que les capacités auditives se dégradent » (Fey, 2009). Ce résultat n'est pas retrouvé ici. La familiarité semble plutôt corrélée à la clarté.

En conclusion, la différence de locuteur n'étant pas significative au niveau de l'intelligibilité globale, on pourra favoriser les critères subjectifs afin de choisir le locuteur définitif. Les locuteurs les mieux placés pour enregistrer les items du test semblent donc être L6 (chez les femmes) et L2 (chez les hommes). Notons cependant, et ce malgré le fait qu'il soit recommandé d'utiliser une voix d'homme (à plus large spectre) pour les audiométries vocales, que les sujets ont donné leur préférence aux voix féminines en termes d'agréabilité, de clarté et de familiarité (Fey, 2009).

On peut aussi tirer du fait que le test d'intelligibilité ne révèle pas de différence liée au locuteur, une information intéressante pour la clinique. En effet, les protestations des patients telles que « ah, vous je vous comprends mieux... votre voix... etc. » sont courantes. Nous pouvons constater, grâce à ces expérimentations, l'étendue de la subjectivité de telles remarques...

III. Observations

1. Remarques sur les temps de réaction

Dehaene (2007, p.295) affirme que *« le temps de lecture d'un mot ne dépend pas du nombre de lettres qu'il contient »* en précisant qu'il parle d'un intervalle de 3 à 8 lettres, chez le lecteur adulte (le temps de lecture étant proportionnel au nombre de lettres pendant l'apprentissage de la lecture).

Ici, la tâche est différente, mais nos résultats entrent tout de même en contradiction avec ceux de Dehaene, puisque nous avons pu observer le lien très significatif entre le temps de réaction et le nombre de caractères (Cf. partie « Présentation des résultats », IV, 6). Une plus grande investigation dans ce sens pourrait donc être intéressante et venir modérer les propos de Dehaene en introduisant des données concernant le lecteur adulte déficient auditif.

Nous pouvons aussi en conclure que le temps de réaction n'est pas un critère pertinent dans l'évaluation de l'audition et ne devra pas être utilisé dans l'analyse clinique des résultats.

2. Remarques concernant la population des déficients auditifs

Comme nous l'avons précisé en introduction, la perception de la parole, chez une personne déficiente auditive, est altérée de manière quantitative, mais aussi de manière qualitative. On ne peut donc pas considérer qu'en réduisant l'intensité du signal perçu par une personne normoentendante, on aura une parfaite représentation de la perception d'une personne malentendante. La perception sera différente et c'est pour cette raison que nous avons décidé de valider aussi le test auprès d'une population déficiente auditive.

Cependant, une courbe psychométrique n'a pas pu être réalisée. Il s'agit d'une population fatigable, qu'on ne peut solliciter trop longtemps pour des tests d'audiométrie.

3. Corrélation avec le test d'audiométrie vocale

Nous avons pu relever un lien significatif entre les résultats obtenus au test d'audiométrie vocale classique de Fournier et ceux obtenus au FAAF Test français. Cependant, il est intéressant de relever la variabilité des résultats obtenus au sein-même du test de Fournier. Les listes semblent être de difficulté inégale. Différentes orthophonistes travaillant en audiophonologies ont d'ailleurs reconnu savoir quelle liste faire passer lorsqu'elles ne veulent pas mettre un patient en difficulté... J'ai moi-même pu le constater au cours de mes expérimentations. Cela peut donc constituer un biais, et il serait intéressant, pour la suite de la validation du test, de privilégier un autre test d'audiométrie vocale.

Si nous avons utilisé ce test lors de ces premières expérimentations, c'est parce que nous n'avons pas lancé un dispositif comme de type Loi Huriet, et nous sommes donc pliés au fonctionnement traditionnel de l'hôpital Desgenettes (qui utilise principalement le test de Fournier).

4. Remarque clinique

Beaucoup de sujets ont déclaré, après avoir passé le test, avoir du mal avec telle ou telle opposition (ex. : « j'ai du mal avec les /b/, /d/, /g/ ! »). Effectivement, entendre un mot, et pouvoir visionner, autour de la réponse attendue, les différentes réponses possibles, permet de mieux cerner les sons qui prêtent à confusion.

Or, la prise de conscience, par un patient, de ses difficultés est primordial au niveau clinique et une condition essentielle pour avancer dans la rééducation.

5. Limites de la réalisation des expérimentations

Les expérimentations chez les sujets normoentendants n'ont pas eu lieu en salle anéchoïque. Cela présente l'avantage de pouvoir se soumettre aux contraintes temporelles et géographiques des sujets.

Cependant, les biais pouvant intervenir lors de la passation sont alors multipliés : bruits environnants, souffle de l'ordinateur, interruption inattendue, manque de cadre (et donc plus grande prédisposition à la distraction), etc. Dans la mesure du possible, il serait donc préférable de poursuivre ces expérimentations dans une salle insonorisée.

CONCLUSION

Notre idée principale était de mettre au point et de valider, en français, un test de perception de la parole, destiné aux patients déficients auditifs. Ce test, sous forme de choix forcé, se voulait particulièrement adapté au suivi des patients implantés cochléaires.

Un tel test existant déjà en langue anglaise (le FAAF Test), validé et reconnu, nous avons décidé de l'analyser et de nous en inspirer.

Le travail de recherche de ce mémoire a donc permis de constater qu'il était possible d'obtenir une version française de ce test, et fournit une première version de l'adaptation qui pourra en être faite.

Il a, en effet, été possible de créer une liste suffisamment longue de mots afin de tester toutes les oppositions phonémiques souhaitées. Cependant, les résultats des expérimentations démontrent que tous les quadruplets ne sont pas pertinents. Afin d'avoir juste aperçu de la perception de la parole par les sujets, il faudra donc remanier cette liste en fonction des nombreuses informations fournies par ces premières expérimentations. Cependant, nous pouvons déjà affirmer que les résultats obtenus au FAAF Test français est un bon outil d'évaluation de la perception auditive étant donné que les résultats sont proches de 100% à intensité confortable, et qu'ils sont très significativement corrélés au test classique d'audiométrie vocale de Fournier.

Nous avons aussi infirmé notre hypothèse de départ concernant la forme du test. Les résultats obtenus étant meilleurs au test mots, nous allons donc nous orienter vers un test à choix forcé dont le stimulus sera un mot isolé, et non une phrase.

Nous avons aussi pu infirmer notre dernière hypothèse dans laquelle nous supposions que l'intelligibilité était dépendante de l'articulation du locuteur. En effet, nos résultats démontrent que le lien n'est pas significatif. Nous avons sélectionné les 2 locuteurs (un homme et une femme) qui enregistreront les items définitifs en fonction des appréciations subjectives des sujets.

Le travail va être poursuivi afin de finaliser cet outil qui s'est révélé pertinent.

Une adaptation pour des enfants est également envisagée : les quadruplets seraient alors présentés non plus sous forme écrite, mais sous la forme d'images à désigner.

BIBLIOGRAPHIE

Abouhaidar L., Blond M.H. (2005), Chautemps D., Ployet M.J., Lescanne E. (2005), « Audio 4 » : un test vocal simple et rapide pour le dépistage des surdités moyennes des enfants à l'âge de quatre ans, *Archives de pédiatrie* ; 12, 264-272.

Adam A. (2006). *Le test syllabique égalisé ou non égalisé en intensité : étude comparative dans le silence et dans le bruit*. Mémoire pour l'obtention du diplôme d'Etat d'audioprothèse, Paris VII.

Ames H., Grossberg S. (2008). Speaker normalization using cortical strip maps : a neural model for steady-state vowel categorization. *Journal of Acoustic Society of America*, Décembre, 124 (6):3918-36.

Audry J.C. & coll. (1997), *Précis d'audioprothèse : l'appareillage de l'adulte* – Tome I, Italie, Editions du Collège National d'Audioprothèse.

Coquet F. (2007). Parole(s) : aspects perceptifs et moteurs, *Rééducation Orthophonique*, 229.

Crouzet, O. (2000). *Segmentation de la Parole en Mots et Régularités Phonotactiques : Effets Phonologiques, Probabilistes ou Lexicaux ?*. Thèse de Doctorat de 3ème Cycle, 310p, Université Paris 5 - René Descartes.

Dauman R., Carbonnière B., Soriano V., Berger-Lautissier S., Bouyé J., Debruge E., Coriat G., Bébéar J.P (1998). Implants cochléaires chez l'adulte et l'enfant. *Encyclopédie Médico-Chirurgicale : Oto-rhino-laryngologie* (20-185-D-10), Paris : Elsevier.

Dehaene S. (2007). Les neurones de la lecture. Paris : Odile Jacob.

Delattre P .C. (1958) Les indices acoustiques de la parole, *Phonetica*, 1,2.

Zhu D., Antoine F., Adda-Decker M. (2004). Modélisations acoustiques multilingues et structurations syllabiques pour l'IAL.Paris : MIDL.

Dufau, S. (2008). *Auto-organisation des représentations lexicales au cours de l'apprentissage de la lecture : approches comportementale, électrophysiologique et neuro-computationnelle*. Marseille : thèse de neurosciences.

Dumont A. (1996). *Evaluer : Implant cochléaire, surdité et langage* (pp. 27-66). Bruxelles, Editions De Boeck Université.

Dufour S., Peereman R., Pallier C., Radeau M. (2002). VoCoLex : une base de données lexicales sur les similarités phonologiques entre les mots français. *L'Année Psychologique*, 102, 725-746.

Dupret J.P. (1980) *Tests de mots sans signification*. Mémoire du collège national d'Audioprothèse.

Elliott L.L., Clifton L.A., Servi D.G (1983). Word frequency effects for a closed-set word identification task, *Audiology*, 22(3): 229-40.

Ferrand L., Grainger J., New B. (2003). Normes d'âge d'acquisition pour 400 mots monosyllabiques. *L'Année Psychologique*, 104, 445-468.

Fayol, M. et Jaffré, J-P. (2008). Orthographe. Paris : Presses Universitaires de France

Fey, H. (2009). *Effet du locuteur sur l'intelligibilité de logatomes*. Lyon : mémoire de 1^{ère} année de Master en Physiologie et Neurosciences.

Foster J.R., Haggard M.P. (1987), The Four Alternative Auditory Feature test (FAAF) – linguistic and psychometric properties of the material with normative data in noise, *British Journal of Audiology*, 21, 165-174.

Frauenfelder, H., Nguyen, N. (2000). La reconnaissance des mots parlés. In J.A. Rondal & X. Seron (Eds), *Troubles du langage : Bases Théoriques, Diagnostic et Rééducation* (pp.213-240) Bruxelles : Mardaga.

Gatehouse, S. (1992). The time-course and magnitude of perceptual acclimatization to frequency responses : Evidence from monaural fitting of hearing aids. *Journal of the Acoustical Society of America*, 1258-1268.

Gstoettner, W.K., Hamzavi J., Baumgartner, W.D. (2000). Speech Discrimination Scores of Postlingually Deaf Adults Implanted with the Combi 40 Cochlear Implant. In Kim C.S, Chang S.O., & Lim D. (Eds), *Updates in Cochlear Implantation. Adv Otorhinolaryngol* (vol 57, 323-326). Basel, Karger.

Haute Autorité de Santé (2007). *Traitement de la surdité par pose d'implants cochléaires ou d'implants du tronc cérébral*. Retrieved 03, 13, 2009, from http://www.has-sante.fr/portail/jcms/c_559051/traitement-de-la-surdite-par-pose-dimplants-cochleaires-ou-dimplants-du-tronc-cerebral

Institute of Hearing Research, *IHR products*. Retrieved May 6th 2008, from <http://www.ihr.mrc.ac.uk/products/index.php?products=15>

Klatt, D.H. (1979). Speech perception : a Model of Acoustic-Phonetic Analysis and lexical Access. *Journal of Phonetics*, 7, 279-312.

Kofron E., Masson M. (2009). Mise au point et validation d'un test de réception de la parole destiné aux patients déficients auditifs, et plus particulièrement adapté au suivi des patients implantés cochléaires. Lyon : mémoire d'orthophonie n°33.

Lachaud, C.M. (2007). CHACQFAM : une base de données renseignant l'âge d'acquisition estimé et la familiarité pour 1225 mots monosyllabiques et bisyllabiques du français. *L'Année Psychologique*, 107(1), 39-64.

Lafon, J.C. (1964). *Le test phonétique et la mesure de l'audition*. Eindhoven : Editions Centrex.

- Luce, P.A., Pisoni, D.B., & Goldinger, S.D. (1990). Similarity neighborhoods of spoken words, in G.T.M. Altmann (Ed.), *Cognitive models of speech processing : Psycholinguistic and computational perspectives*, Cambridge, MIT Press, 122-147.
- Luce P.A., Pisoni D.B. (1998). Recognizing spoken words : The neighborhood activation model. *Ear and Hearing*, 1-36.
- Lupi, A.L. (1998), *Essai d'adaptation à la langue française d'un test d'intelligibilité américain : le « phonetically balanced kindergarten word lists » ou PBK-50*, Montpellier : mémoire d'orthophonie.
- MCHAS (Modernising Children's Hearing Aid Services) – *The University of Manchester. Evaluation Zone : Speech Tests*. Retrieved May 6th 2008, from <http://www.psych-sci.manchester.ac.uk/mchas/eval/speechtests>
- Miller A., Nicely, P.E. (1955). An analysis of perceptual confusions among some English consonants. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 27, 2, pp. 338-352.
- Monsell, S. (1991). The nature and locus of word frequency effects in reading. In D. Besner & G.W. Humphreys (Eds.), *Basic Processes in Reading. Visual Word Recognition* (pp. 148-197). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Munro, K.J., Lutman, M.E. (2005). The influence of visual feedback on closed-set word test performance over time, *International Journal of Audiology*, Dec ; 44(12):701-705.
- Netboute, A. (2009). *Influence des variabilités dues au locuteur sur la perception du langage par l'auditeur*. Lyon : mémoire de 1^{ère} année de Master en Physiologie et Neurosciences.
- New B., Pallier C., Ferrand L., & Matos R. (2001). Une base de données lexicales du français contemporain sur internet: LEXIQUE, *L'Année Psychologique*, 101, 447-462.
- Petitot-Cocordat, J. (1984). *Les catastrophes de la parole*. Paris, Maloine, Collection Interdisciplinaire.
- Petitot J., (1992). Modèles morphodynamiques de catégorisation phonétique. *Le courrier du CNRS*, 79.
- Rice, J.J., May, B.J., Spirou, G.A., & Young, E.D. (1992). Pinna-based spectral cues for sound localization in cat. *Hearing Research*, 58, 132-152.
- Rostaing L. (1994). *Identification des traits phonétiques par des patients porteurs d'implant cochléaire*. Essais de caractérisation à l'aide du logiciel Anapro, Lyon : mémoire d'audioprothèse n°77.
- Roux, G. (2001). *Synthèse et réalisation d'études cliniques sur l'implant cochléaire*. Rennes : mémoire d'audioprothèse.

Segui J. (1997). La perception du langage parlé : données et théories, in J.L. Nespoulos, J. Lambert Segui (1997), *Perception auditive et compréhension du langage* (pp. 15-24). Marseille, Solal Editeurs.

Shields P.W., & Campbell D.R. (2001). Intelligibility, subjective ratings and completion time scores using the FAAF test with hearing-impaired subjects and noisy reverberant environments. *British Journal of Audiology*, 35(4), 237-245.

Sylvestre, E. (2008). Documents électroniques : la lisibilité en questions. Retrieved 06,12,09 from [http : //www.agence-usages-tice.education.fr/que-dit-larecherche/documents-electroniques-la-lisibilite-en-question-25.htm](http://www.agence-usages-tice.education.fr/que-dit-larecherche/documents-electroniques-la-lisibilite-en-question-25.htm)

Tye-Murray Y.N., Tyler R.S. (1989). Auditory consonant and word recognition skills of cochlear implant users. *Ear and hearing*, 10(5), pp. 292-298.

Vaillancourt D., Laroche C., Mayer C., Basque C., Nali M., Eriks-Brophy A., Soli S.D., & Giguere C. (2005). Adaptation of the HINT (Hearing in Noise Test) for adult Canadian Francophone populations. *International Journal of Audiology*, 44, 358-369

Virole B. et al. (2006). *Psychologie de la surdité*. Bruxelles, DeBoeck Université.

Wable, J. (2001). Normalisation d'un test de reconnaissance de la parole dans le bruit chez le sujet déficient auditif. *Les Cahiers de l'Audition*. 14, 1, 29-38.

Wnekowicz M. (2009). *Validation d'un test d'audiométrie vocale*. Lyon : mémoire de 1^{ère} année de Master en Physiologie et Neurosciences.

.

ANNEXES

Annexe I : Exemples d'articles de la littérature citant le FAAF test

Référence (titre, auteur, année)	Nb de sujets	Type de patients	Résultats ?	Corrélé avec quel(s) test(s) ?
<i>Localization and Speech-Identification Ability of Hearing-Impaired Listeners Using Phase-Preserving Amplification</i> Ward R. Drennan, Stuart Gatehouse, Patrick Howell, Dianne Van Tasell, and Steven Lund	7 sujets âge moyen 67,7 (4 femmes, 3 hommes)	Mild to moderate, high-frequency sensorineural hearing loss. All regular users of unilaterally fit linear hearing aids.	P 7 sur le FAAF lui-même. P1 pour le résumé des résultats.	A modified version of the FAAF removes the original carrier phrase and presents a single monosyllabic word.
<i>The effect of speech presentation level on measurement of auditory acclimatization to amplified speech)</i> Kevin J. Munro and Mark E. Lutman	16 âge moyen 70 (10 hommes, 6 femmes)	Subjects were all first-time hearing instrument users recruited from the local hospital audiology service. They complained of hearing disability, and pure-tone audiometry revealed a symmetrical, mild-to-moderate, sloping, high-frequency sensorineural hearing impairment.	P 6 FAAF.	The mean Speech Intelligibility Index ~SII; ANSI, 1997! values for the aided and unaided condition were used to provide a guide to changes in audibility for each presentation level.
<i>"The influence of reverberation on speech perception of Cochlear Implant Users"</i> Anja Iris Kurz	>9	IC	en cours...	BKB: Bamford-Kowal-Bench (BKB) test
<i>"Study finds compliant eartips can be used instead of custom earmolds"</i> By Pauline Smith, Alison Riley, Adrian Davis, Wendy Davies, and Ellen Jeffs	63	appareillés	effet du port d'un CET avec un ITE ou un BTE (assess and fit...)	GHABP

ANNEXE I

Référence (titre, auteur, année)	Nb de sujets	Type de patients	Résultats ?	Corrélé avec quel(s) test(s) ?
<i>"An investigation into the effect of limiting the frequency bandwidth of speech on speech recognition in adult cochlear implant users".</i> Milchard AJ, Cullington HE.	20	10 sujets implantés 10 sujets "normaux"	difficulté d'utilisation du téléphone (cf. fréquences) pour les IC	none
<i>"Intelligibility, subjective ratings and completion time scores using the FAAF test with hearing-impaired subjects and noisy reverberant environments."</i> Shields PW, Campbell DR.		normo entendants	assessing the performance of a signal-processing algorithm for a possible future hearing aid application.	none
<i>"Hearing aids for high-frequency hearing loss."</i> Davies JE, John DG, Jones MJ.		appareillés	comparer l'apport "NHS standard aid" à "high frequency emphasis aid"	questionnaire de "préférence"

Annexe II : Questionnaire d'ergonomie

Questionnaire d'ergonomie

Vos remarques et vos suggestions nous intéressent !

Merci de bien vouloir remplir ce questionnaire en *cochant la case qui vous paraît la plus appropriée* :

Vous et l'informatique

▪ **Utilisez-vous un ordinateur :**

Moins d'une fois par mois ☐ 1 fois par mois ☐ Au moins 1 fois/semaine ☐ Tous les jours ou presque ☐

▪ **Lorsque vous devez utiliser un ordinateur, vous êtes :**

Anxieux ☐ Plutôt anxieux ☐ Plutôt détendu ☐ Détendu ☐

▪ **Lors de l'utilisation de systèmes automatisés, vous vous sentez (distributeurs de billets, SNCF, TCL...) :**

Mal à l'aise ☐ Plutôt pas à l'aise ☐ Plutôt à l'aise ☐ Très à l'aise ☐

La forme

▪ **De manière générale, la présentation vous a semblé :**

Agréable ☐ Plutôt agréable ☐ Plutôt désagréable ☐ Désagréable ☐

▪ **La taille de l'écriture vous a semblé :**

Bonne ☐ Trop petite ☐ Trop grande ☐

La passation

▪ **La consigne vous a paru :**

Simple ☐ Plutôt simple ☐ Plutôt compliquée ☐ Compliquée ☐

▪ **La qualité du son vous semblait :**

Bonne ☐ Plutôt bonne ☐ Plutôt mauvaise ☐ Mauvaise ☐

▪ **Les manipulations nécessaires vous ont paru :**

Faciles ☐ Plutôt faciles ☐ Plutôt difficiles ☐ Difficiles ☐

▪ **Pour choisir les items, vous préféreriez utiliser :**

La souris ☐ Le clavier ☐ Un écran tactile ☐

▪ **La durée de passation d'une série vous a semblé :**

Plutôt courte ☐ Plutôt longue ☐ Raisonnable ☐

▪ **Si vous avez déjà passé des tests où il fallait répéter des mots, celui-là vous a paru :**

Plus facile ☐ Plutôt plus facile ☐ Plutôt plus difficile ☐ Plus difficile ☐

Le contenu

▪ **Les mots rencontrés vous ont semblé :**

Faciles ☐ Plutôt faciles ☐ Plutôt difficiles ☐ Difficiles ☐

▪ **Avez-vous rencontré des mots inconnus :**

Oui ☐ Non ☐

▪ **Certains mots vous ont-ils semblé déplacés :**

Oui ☐ Non ☐

▪ **Préférez-vous effectuer le test :**

Avec des mots ☐ Avec des phrases ☐ Pas de préférence ☐

Si vous avez une préférence, pouvez-vous expliquer pourquoi en quelques mots :

.....

.....

Remarques/Suggestions (sur le fond comme sur la forme) :

.....

.....

.....

.....

Un grand MERCI pour votre aide !!



Annexe III : Fiche de présentation et de consignes du projet aux potentiels locuteurs

Présentation de nos projets

Bonjour,

Tout d'abord, merci de votre présence et de votre contribution à nos travaux.

Dans le cadre de nos études d'orthophonie, nous réalisons un mémoire de recherches. Nos sujets, tous les deux encadrés par Annie Moulin (chercheuse au CNRS) et Geneviève Martinon (orthophoniste au Pavillon U, Hôpital Édouard Herriot), sont les suivants :

- Ségolène Favier: « Adaptation à la langue française d'un test anglo-saxon de perception de la parole : le FAAF test (Four Alternative Auditory Feature Test) ».
- Marion Masson et Émilie Kofron : « Mise au point et validation d'un test de réception de la parole destiné aux patients déficients auditifs, et plus particulièrement adapté au suivi des patients implantés cochléaires ».

Pour mener à bien ces deux projets, nous devons créer et enregistrer des listes de mots qui serviront à tester l'audition de sujets malentendants. Pour construire ces listes de manière rigoureuse, nous nous appuyons sur différentes théories concernant la perception de la parole. Certains auteurs pensent, par exemple, que le locuteur influence cette dernière (en fonction de son articulation, de son accent...).

Ainsi, nous souhaitons trouver deux locuteurs (un homme et une femme) qui enregistreront les listes définitives. Il est important que les locuteurs soient les mêmes pour les deux mémoires afin de pouvoir comparer nos résultats.

Vous allez donc enregistrer aujourd'hui une cinquantaine de logatomes (mots qui ne veulent rien dire). Vos enregistrements seront ensuite proposés à différents auditeurs grâce auxquels nous sélectionnerons les locuteurs les plus compréhensibles.

Si vous êtes choisi-e, nous reprendrons donc rendez-vous pour un ou deux autres enregistrements ultérieurs afin d'enregistrer les listes de mots définitives. Dans tous les cas, nous vous tiendrons informé-e des résultats.

Consignes

Voici une liste de logatomes (mots qui ne veulent rien dire).

Vous allez, dans un premier temps, prendre connaissance de cette liste. Puis nous la lirons ensemble afin de vérifier que la prononciation de chaque logatome est conforme à celle attendue.

Ensuite, dans la cabine d'enregistrement, vous lirez 3 fois chaque logatome, de manière distincte et à voix normale (ni trop faible, ni trop forte, ni trop lente, ni trop rapide). Vous laisserez environ une seconde de silence entre chaque logatome (*exemple donné à l'oral par les expérimentateurs*).

Si vous avez besoin de boire, de tousser ou de vous éclaircir la voix, n'hésitez surtout pas !!! Vous reprendrez ensuite l'enregistrement.

Merci beaucoup de votre participation !

Émilie KOFRON

Marion MASSON

Ségolène FAVIER

Pour nous joindre :

- Émilie KOFRON : 06.83.73.51.25 ou kofron.emilie@yahoo.fr
- Marion MASSON : 06.85.47.85.15 ou massonmarion@yahoo.fr
- Ségolène FAVIER : 06.61.56.99.07 ou segofav@yahoo.fr

Annexe IV : Mots de l'Audio4 sélectionnés

liste 5 0,5-1kHz	liste 6 1-2 kHz	liste 7 2-4kHz	liste 8 0,5-4 kHz	liste 9 Sosies
oignon	clef	singe	bouteille	château(2kHz)
houx	short	skis	crayon	mouton(1kHz)
pot	banc	chaise	souris	bateau(1kHz)
bonbon	coq	lunettes	blouson	lit (2kHz)
oie	œuf	scie	poussette	gâteau(2kHz)
roue	chat	lune	grenouille	roue(1kHz)
poire	tente	chien	camion	chapeau(1kHz)
four	peigne	sucettes	radio	scie (4kHz)
robe	guitare	lit	maison	bouton(1kHz)
pomme	banane	tétine	chaussure	loup(2kHz)

Annexe V : Liste de logatomes crée pour l'étude

Logatome	Phonétique	Découpage par phonème		
ast	ast	a	st	
sto	sto	st	o	
itr	itr	i	tr	
treu	tr2	tr	2	
impr	5pr	5	pr	
pron	pr§	pr	§	
irt	irt	i	rt	
urt	yrt	y	rt	
ouks	uks	u	ks	
ksan	ks@	ks	@	
èbl	&bl	&	bl	
blu	bly	bl	y	
eukr	2kr	2	kr	
kron	kr§	kr	§	
apl	apl	a	pl	
plou	plu	pl	u	
échau	e\$o	e	\$	o
aivi	&vi	&	v	i
kainde	k5d	k	5	d
ponje	p§6	p	§	6
tabe	tab	t	a	b
oufan	uf@	u	f	@
zune	zyn	z	y	n
eu-ya	2ja	2	j	a
saugue	sog	s	o	g
time	tim	t	i	m
éru	ery	e	r	y
dui	d8	d	8	
vui	v8	v	8	
i-oua	iwa	i	w	a
ouan	w@	w	@	
yansse	j@s	j	@	s
poune	pun	p	u	n
bauje	bo6	b	o	6
zougne	zu7	z	u	7
kaigue	k&g	k	&	g
élin	el5	e	l	5
reul	r2l	r	2	l
chugne	\$y7	\$	y	7
minf	m5f	m	5	f

Phonème	Phonétique	Total initial	Total médian	Total final	Somme de chaque phonème		%
a	a	2	1	2	5		4,95
i	i	3	1	1	5		4,95
u	y	1	3	1	5		4,95
ou	u	2	3	0	5		4,95
o	o	0	3	1	4		3,96
é	e	3	0	0	3		2,97
è	&	2	1	0	3		2,97
eu	2	2	2	0	4		3,96
in	5	1	2	1	4		3,96
an	@	0	3	1	4		3,96
on	\$	0	3	0	3		2,97
ill	j	1	1	0	2		1,98
ui	8	0	2	0	2		1,98
w	w	1	1	0	2		1,98
	p	2	0	0	2		1,98
	b	1	0	1	2		1,98
	t	2	0	0	2		1,98
	d	1	0	1	2		1,98
	k	2	0	0	2		1,98
	g	0	0	2	2		1,98
	f	0	1	1	2		1,98
	v	1	1	0	2		1,98
	s	1	0	1	2		1,98
	z	2	0	0	2		1,98
ch	\$	1	1	0	2		1,98
je	6	0	0	2	2		1,98
	m	1	0	1	2		1,98
gn	n	0	0	2	2		1,98
	7	0	0	2	2		1,98
ing	l	0	1	1	2		1,98
	r	1	1	0	2		1,98
	4	0	0	0	0		0,00
	st	1	1	0	2		1,98
	tr	1	1	0	2		1,98
	pr	1	1	0	2		1,98
	rt	0	2	0	2		1,98
	ks	1	1	0	2		1,98
	bl	1	1	0	2		1,98
	kr	1	1	0	2		1,98
	pl	1	1	0	2		1,98
Nb total de phonèmes					101	Somme (%)	100

Annexe VI : Caractéristiques des mots du test français

	Fréquence orale	Fréquence écrite	Homophones	Voisins phonologiques	Voisins orthographiques	Degré imageabilité	Âge acquisition
	(Lexique)		(Lexique)	(Lexique)	(Lexique)	(chaqfam)	(400 AoA)
bac	9,03	13,99	3	37	17		6,76
bâche (n)	2,3	10,07	3	11	31		
baffe (n)	1,41	1,49	3	4	27		
bagne	2,49	3,31	2	73	8		
bague (n)	26,14	16,08	3	30	8		5,06
bain	50,52	43,11	4	35	13	1,5	4,65
basse (adj)	9,54	71,28	4	113	15	3,21	12,88
batte (n)	6,39	0,27	8	39	14	5,05	12,59
bave (n)	2,08	3,78	5	13	22		
boire (v)	142,15	100,27	2	15	10		
bout (n)	121,12	375,68	6	37	9		4,5
broie	0,74	0,74	3	7	5		
ça (pro dem)	8933,66	2477,64	6	127	15		
car (conj)	237,2	469,32	12	53	12		5,48
celle (pro dem)	141,28	299,46	12	49	10		
cesse (n)	28,86	71,96	5	127	8		
ceux	202,02	309,86	4	40	7		
chaîne	28,4	43,24	4	127	1		
chat	57,71	59,26	7	127	6		
choux	4,2	7,64	2	39	2		
coup (n)	389,49	641,55	8	6	27		
dard	1,3	1,55	2	35	9		7,72
date (n)	26,88	36,62	7	29	11		
date (v)	9,38	3,78	7	29	11		
deux	1009,01	1557,91	3	26	7		
doux (a)	37,66	58,72	3	31	9		
droit (n)	175,6	138,72	5	7	1		
fa	5,23	1,08	1	37	14		7,26
face	124,33	262,16	5	127	8		6,58
fâche	11,69	5,07	3	103	8		
feu (n)	215,87	199,39	4	27	9		4,73
fou	181,51	82,03	6	13	27		
gage (n)	9,24	4,05	4	63	17	3,8	
gale	3,5	0,47	6	35	17	5,85	10,7
gant	9,86	7,97	2	30	5		10,7
gare (ono)	40,28	78,58	6	41	20	3,45	5,84
gave (v)	1,22	1,01	5	24	17		
gaz	36,33	28,65	4	73	6		
gêne (v)	29,21	13,99	7	120	6		
goût	50,51	124,8	2	30	3		5,52

	Fréquence orale	Fréquence écrite	Homophones	Voisins phonologiques	Voisins orthographiques	Degré imageabilité	Âge acquisition
	(Lexique)		(Lexique)	(Lexique)	(Lexique)	(chaqfam)	(400 AoA)
jacques (n)	3,12	4,73	2	1	19		
jade (n)	0,63	3,38	3	16	8		
jappe	0,34	0,61	4	93	6		
jatte	0,18	0,41	2	29	9		10,43
jeu	156,79	130,68	4	26	6		3,53
laid (a)	9,52	10,41	20	127	7		
loir	0,51	0,74	2	16	6		9,11
long (a)	79,18	153,51	5	34	2		4,07
long (n)	21,48	170,07	5	34	2		
loue	6,01	1,69	5	33	19		
main	286,62	788,72	4	31	13	1,65	
mais (con)	5179,05	4463,72	8	127	24		
mèche	8,21	19,12	2	32	8	3,75	5,47
mêle (v)	18,97	11,01	3	12	24		
même (adv)	907,69	1358,65	5	4	18		
mène (v)	31,86	21,49	3	4	24		
mère	672	737,09	6	47	11		
messe	16,14	32,7	3	79	5		
mon (a pos)	3848,99	2307,97	4	34	18		
nain (n)	9,08	6,69	4	33	10	3,25	5,96
naît	5,47	6,82	3	127	2		
niais (a)	1,11	3,51	6	127	5		9,22
noir (a)	72,2	184,86	8	15	6		3,64
non (adv)	4040,18	1135,81	6	112	11		
pack	1,5	0,27	4	33	5		
pagne	0,37	1,42	2	30	9		
paille (n)	8,57	42,97	3	29	13		
pain	62,81	99,32	9	29	15		4,13
pâle	14,52	67,23	6	37	11		7,88
pâme	0,07	0,27	2	28	4		
panne	23,84	10,81	4	33	9		
pape	6,57	14,59	2	39	17	4,2	3,7
pâte	7,04	18,45	7	39	11		
patte	6,45	21,28	7	39	13		
pend	2,5	6,69	7	31	6		
peu (n)	894,78	1023,38	5	26	10		
phare	7,17	10,68	6	99	2		
phase	12,42	6,76	2	35	2		
pou	1,92	1,42	4	11	28		
proie	9,19	29,59	2	8	7		
quand (con)	1827,92	1480,07	5	30	1		
queue	38,93	51,49	4	25	1		

ANNEXE VI

	Fréquence orale	Fréquence écrite	Homophones	Voisins phonologiques	Voisins orthographiques	Degré imageabilité	Âge acquisition
	(Lexique)	(Lexique)	(Lexique)	(Lexique)	(Lexique)	(chaqfam)	(400 AoA)
rab	1,92	1,69	4	26	14		
rade	2,18	9,26	4	33	21		
rap (n)	3,17	0,07	5	17	40		
râpe (n)	1,02	1,35	5	4	31		
rate (v)	8,32	2,91	5	85	18		
rond (n)	15,11	24,46	6	32	7		
roux (a)	3,66	20,68	7	31	9		
saigne	14,3	5,34	4	127	5		
scène	96,66	95,27	9	127	1		
sèche (adj)	8,72	35	7	5	22		
seize	7,71	31,42	1	38	1		
selle (n)	8,9	16,08	12	49	9		
sème (v)	4,35	1,89	4	39	1		
sous (pre)	315,49	1032,7	9	92	16		
tard (adv)	350,38	344,26	7	103	13		
te	4006,1	774,32	1	34	16		
tend	3,72	31,22	8	39	6		
tombe (v)	66,39	60,27	5	11	5		
tonde	0,03	0,07	3	11	11		
tong	1,12	0,07	2	3	6		
tonte	0,17	0,74	1		12	5,45	
trois	380,8	660,34	1	8	5		
va (v)	3382,55	694,59	3	36	14		
village	87,6	118,24	2	6	2		
virage	5,98	8,72	2	7	8		
visage	125,52	490,54	2	3	4		
voeu	10,72	10,61	4	26	0		
voir	1401,1	716,55	2	13	9	2.15	
zen (a)	2,55	1,76	3		4		
zou	1,86	0,54	1	20	9		

Base lexicale : <5 = très rares, <10 = rares >20 = fréquent >50 = très fréquents

Annexe VII : Erreurs au sein des quadruplets

N° quadruplet	Mot dit	Test mots				Test phrases			
		erreur 1	erreur 2	erreur 3	% faux	erreur 1	erreur 2	erreur 3	% faux
1	ceux	vœu	jeu	feu	35,83	vœu	jeu	feu	37,50
1	ceux	37,21	4,65	58,14		42,22	20,00	37,78	
1	feu	vœu	ceux	jeu	35,83	vœu	ceux	jeu	32,50
1	feu	65,12	20,93	13,95		69,23	12,82	17,95	
1	jeu	vœu	ceux	feu	20,83	vœu	ceux	feu	26,67
1	jeu	44,00	28,00	28,00		40,63	18,75	40,63	
1	vœu	ceux	jeu	feu	32,50	ceux	jeu	feu	25,83
1	vœu	10,26	23,08	66,67		12,90	25,81	61,29	
2	chat	sa	fa	va	11,67	sa	fa	va	11,67
2	chat	21,43	35,71	42,86		50,00	28,57	21,43	
2	fa	sa	chat	va	20,00	sa	chat	va	36,67
2	fa	12,50	8,33	79,17		4,55	4,55	90,91	
2	sa	fa	chat	va	13,33	fa	chat	va	10,83
2	sa	43,75	50,00	6,25		53,85	7,69	38,46	
2	va	sa	fa	chat	28,33	sa	fa	chat	25,83
2	va	2,94	82,35	14,71		6,45	87,10	6,45	
3	broie	proie	droit	trois	58,33	proie	droit	trois	45,83
3	broie	47,14	24,29	28,57		52,73	32,73	14,55	
3	droit	broie	proie	trois	60,83	broie	proie	trois	55,83
3	droit	28,77	28,77	42,47		44,78	22,39	32,84	
3	proie	broie	droit	trois	53,33	broie	droit	trois	65,00
3	proie	42,19	12,50	45,31		65,38	11,54	23,08	
3	trois	broie	proie	droit	68,33	broie	proie	droit	81,67
3	trois	24,39	58,54	17,07		38,78	34,69	26,53	
4	bain	main	pain	nain	55,00	main	pain	nain	47,50
4	bain	10,61	87,88	1,52		10,53	80,70	8,77	
4	main	pain	bain	nain	14,17	pain	bain	nain	12,50
4	main	29,41	23,53	47,06		60,00	13,33	26,67	
4	nain	main	pain	bain	35,00	main	pain	bain	28,33
4	nain	69,05	19,05	11,90		73,53	17,65	8,82	
4	pain	main	bain	nain	23,33	main	bain	nain	55,83
4	pain	46,43	46,43	7,14		22,39	73,13	4,48	
5	car	tard	dard	gare	27,50	tard	dard	gare	50,00
5	car	12,12	24,24	63,64		8,33	11,67	80,00	
5	dard	tard	gare	car	33,33	tard	gare	car	21,67
5	dard	30,00	37,50	32,50		15,38	65,38	19,23	
5	gare	tard	dard	car	30,00	tard	dard	car	19,17
5	gare	13,89	27,78	58,33		26,09	21,74	52,17	

N° quadruplet	Mot dit	Test mots				Test phrases			
		erreur 1	erreur 2	erreur 3	% faux	erreur 1	erreur 2	erreur 3	% faux
5	tard	dard	gare	car	55,83	dard	gare	car	76,67
5	tard	80,60	13,43	5,97		89,13	6,52	4,35	
6	lait	niais	mais	naît	24,17	niais	mais	naît	29,17
6	lait	27,59	34,48	37,93		31,43	20,00	48,57	
6	mais	lait	niais	naît	61,67	lait	niais	naît	55,00
6	mais	14,86	2,70	82,43		12,12	6,06	81,82	
6	naît	lait	niais	mais	31,67	lait	niais	mais	31,67
6	naît	18,42	31,58	50,00		18,42	44,74	36,84	
6	niais	lait	mais	naît	26,67	lait	mais	naît	23,33
6	niais	37,50	28,13	34,38		57,14	14,29	28,57	
7	chaîne	gêne	scène	zen	8,33	gêne	scène	zen	8,33
7	chaîne	60,00	30,00	10,00		60,00	30,00	10,00	
7	gêne	chaîne	scène	zen	22,50	chaîne	scène	zen	14,17
7	gêne	51,85	18,52	29,63		52,94	0,00	47,06	
7	scène	gêne	chaîne	zen	34,17	gêne	chaîne	zen	36,67
7	scène	17,07	9,76	73,17		6,82	9,09	84,09	
7	zen	gêne	chaîne	scène	23,33	gêne	chaîne	scène	23,33
7	zen	25,00	14,29	60,71		28,57	7,14	64,29	
8	deux	te	peu	queue	35,83	te	peu	queue	37,50
8	deux	34,88	51,16	13,95		17,78	66,67	15,56	
8	peu	te	deux	queue	25,83	te	deux	queue	26,67
8	peu	32,26	38,71	29,03		31,25	53,13	15,63	
8	queue	te	peu	deux	36,67	te	peu	deux	40,00
8	queue	29,55	43,18	27,27		27,08	39,58	33,33	
8	te	peu	deux	queue	37,50	peu	deux	queue	43,33
8	te	42,22	42,22	15,56		46,15	42,31	11,54	
9	gant	tend	pend	quand	30,00	tend	pend	quand	20,00
9	gant	22,22	13,89	63,89		16,67	25,00	58,33	
9	pend	tend	gant	quand	37,50	tend	gant	quand	36,67
9	pend	13,33	20,00	66,67		15,91	47,73	36,36	
9	quand	tend	gant	pend	28,33	tend	gant	pend	38,33
9	quand	26,47	52,94	20,59		10,87	73,91	15,22	
9	tend	gant	pend	quand	31,67	gant	pend	quand	31,67
9	tend	21,05	21,05	57,89		36,84	21,05	42,11	
10	bout	goût	roux	doux	60,00	goût	roux	doux	65,83
10	bout	45,83	11,11	43,06		44,30	11,39	44,30	
10	doux	goût	roux	bout	32,50	goût	roux	bout	26,67
10	doux	48,72	12,82	38,46		53,13	15,63	31,25	
10	goût	roux	bout	doux	25,83	roux	bout	doux	32,50
10	goût	19,35	38,71	41,94		23,08	35,90	41,03	
10	roux	goût	bout	doux	62,50	goût	bout	doux	60,83
10	roux	56,00	32,00	12,00		41,10	35,62	23,29	

N° quadruplet	Mot dit	Test mots				Test phrases			
		erreur 1	erreur 2	erreur 3	% faux	erreur 1	erreur 2	erreur 3	% faux
11	choux	loup	zou	sous	15,00	loup	zou	sous	20,00
11	choux	33,33	16,67	50,00		50,00	16,67	33,33	
11	loup	zou	sous	choux	24,17	zou	sous	choux	19,17
11	loup	34,48	37,93	27,59		39,13	39,13	21,74	
11	sous	loup	zou	choux	15,83	loup	zou	choux	16,67
11	sous	26,32	42,11	31,58		25,00	30,00	45,00	
11	zou	loup	sous	choux	7,50	loup	sous	choux	8,33
11	zou	22,22	55,56	22,22		50,00	40,00	10,00	
12	bout	coup	poux	goût	56,67	coup	poux	goût	55,00
12	bout	16,18	29,41	54,41		16,67	15,15	68,18	
12	coup	poux	bout	goût	50,83	poux	bout	goût	57,50
12	coup	26,23	19,67	54,10		28,99	21,74	49,28	
12	goût	coup	poux	bout	42,50	coup	poux	bout	34,17
12	goût	52,94	13,73	33,33		36,59	39,02	24,39	
12	poux	coup	bout	goût	44,17	coup	bout	goût	50,83
12	poux	35,85	26,42	37,74		24,59	24,59	50,82	
13	choux	fou	sous	zou	17,50	fou	sous	zou	15,00
13	choux	33,33	23,81	42,86		44,44	27,78	27,78	
13	fou	sous	choux	zou	20,83	sous	choux	zou	25,83
13	fou	36,00	32,00	32,00		32,26	25,81	41,94	
13	sous	fou	choux	zou	20,00	fou	choux	zou	20,83
13	sous	37,50	8,33	54,17		28,00	32,00	40,00	
13	zou	fou	sous	choux	7,50	fou	sous	choux	10,00
13	zou	22,22	55,56	22,22		16,67	58,33	25,00	
14	batte	patte	rate	date	31,67	patte	rate	date	20,83
14	batte	89,47	2,63	7,89		72,00	12,00	16,00	
14	date	patte	rate	batte	15,83	patte	rate	batte	11,67
14	date	36,84	10,53	52,63		7,14	35,71	57,14	
14	patte	rate	batte	date	35,00	rate	batte	date	60,00
14	patte	9,52	83,33	7,14		1,39	93,06	5,56	
14	rate	patte	batte	date	15,00	patte	batte	date	10,00
14	rate	66,67	27,78	5,56		58,33	33,33	8,33	
15	boire	voir	loir	noir	40,83	voir	loir	noir	48,33
15	boire	73,47	20,41	6,12		65,52	25,86	8,62	
15	loir	boire	voir	noir	65,83	boire	voir	noir	66,67
15	loir	56,96	36,71	6,33		57,50	37,50	5,00	
15	noir	boire	voir	loir	10,83	boire	voir	loir	18,33
15	noir	30,77	53,85	15,38		45,45	40,91	13,64	
15	voir	boire	loir	noir	46,67	boire	loir	noir	53,33
15	voir	64,29	25,00	10,71		67,19	20,31	12,50	
16	long	non	mon	rond	24,17	non	mon	rond	25,83
16	long	44,83	31,03	24,14		64,52	12,90	22,58	

N° quadruplet	Mot dit	Test mots				Test phrases			
		erreur 1	erreur 2	erreur 3	% faux	erreur 1	erreur 2	erreur 3	% faux
16	mon	non	long	rond	42,50	non	long	rond	47,50
16	mon	33,33	37,25	29,41		52,63	33,33	14,04	
16	non	long	mon	rond	33,33	long	mon	rond	35,83
16	non	52,50	30,00	17,50		55,81	27,91	16,28	
16	rond	non	long	mon	30,83	non	long	mon	40,83
16	rond	24,32	24,32	51,35		26,53	40,82	32,65	
17	saigne	sème	scène	selle	64,17	sème	scène	selle	70,83
17	saigne	24,68	55,84	19,48		15,29	54,12	30,59	
17	scène	sème	selle	saigne	28,33	sème	selle	saigne	29,17
17	scène	58,82	14,71	26,47		51,43	14,29	34,29	
17	selle	sème	scène	saigne	45,83	sème	scène	saigne	42,50
17	selle	36,36	50,91	12,73		31,37	50,98	17,65	
17	sème	scène	selle	saigne	26,67	scène	selle	saigne	31,67
17	sème	62,50	12,50	25,00		76,32	2,63	21,05	
18	celle	cesse	seize	sèche	21,67	cesse	seize	sèche	14,17
18	celle	34,62	38,46	26,92		17,65	52,94	29,41	
18	cesse	celle	seize	sèche	30,83	celle	seize	sèche	33,33
18	cesse	27,03	29,73	43,24		45,00	35,00	20,00	
18	sèche	celle	cesse	seize	4,17	celle	cesse	seize	2,50
18	sèche	60,00	20,00	20,00		66,67	0,00	33,33	
18	seize	celle	cesse	sèche	35,83	celle	cesse	sèche	40,00
18	seize	81,40	6,98	11,63		91,67	2,08	6,25	
19	mêle	mère	mène	même	15,00	mère	mène	même	19,17
19	mêle	44,44	44,44	11,11		26,09	65,22	8,70	
19	même	mère	mêle	mène	44,17	mère	mêle	mène	40,00
19	même	37,74	15,09	47,17		50,00	20,83	29,17	
19	mène	mère	mêle	même	19,17	mère	mêle	même	24,17
19	mène	13,04	52,17	34,78		10,34	51,72	37,93	
19	mère	mêle	mène	même	20,83	mêle	mène	même	11,67
19	mère	36,00	48,00	16,00		35,71	35,71	28,57	
20	rab	rade	rap	rate	61,67	râde	rap	rate	67,50
20	rab	4,05	86,49	9,46		6,17	83,95	9,88	
20	rade	rab	rap	rate	24,17	rab	rap	rate	21,67
20	rade	20,69	6,90	72,41		7,69	26,92	65,38	
20	rap	rade	rab	rate	10,00	rade	rab	rate	10,00
20	rap	8,33	33,33	58,33		8,33	50,00	41,67	
20	rate	rade	rab	rap	10,00	rade	rab	rap	12,50
20	rate	33,33	8,33	58,33		66,67	20,00	13,33	
21	bac	bague	bagne	batte	31,67	bague	bagne	batte	20,83
21	bac	28,95	28,95	42,11		24,00	36,00	40,00	
21	bagne	bague	bac	batte	22,50	bague	bac	batte	31,67
21	bagne	59,26	22,22	18,52		65,79	15,79	18,42	

N° quadruplet	Mot dit	Test mots				Test phrases			
		erreur 1	erreur 2	erreur 3	% faux	erreur 1	erreur 2	erreur 3	% faux
21	bague	bagne	bac	batte	26,67	bagne	bac	batte	24,17
21	bague	62,50	12,50	25,00		44,83	24,14	31,03	
21	batte	bague	bagne	bac	23,33	bague	bagne	bac	19,17
21	batte	14,29	32,14	53,57		21,74	13,04	65,22	
22	bâche	basse	bave	bafe	18,33	basse	bave	bafe	24,17
22	bâche	9,09	40,91	50,00		17,24	48,28	34,48	
22	bafe	basse	bave	bâche	17,50	basse	bave	bâche	31,67
22	bafe	4,76	85,71	9,52		10,53	86,84	2,63	
22	basse	bave	bafe	bâche	29,17	bave	bafe	bâche	29,17
22	basse	51,43	22,86	25,71		54,29	34,29	11,43	
22	bave	basse	bafe	bâche	15,00	basse	bafe	bâche	10,83
22	bave	22,22	38,89	38,89		15,38	38,46	46,15	
23	gage	gale	gave	gaz	43,33	gale	gave	gaz	52,50
23	gage	50,00	17,31	32,69		55,56	15,87	28,57	
23	gale	gave	gaz	gage	35,00	gave	gaz	gage	28,33
23	gale	26,19	30,95	42,86		23,53	26,47	50,00	
23	gave	gale	gaz	gage	16,67	gale	gaz	gage	15,83
23	gave	30,00	20,00	50,00		36,84	42,11	21,05	
23	gaz	gale	gave	gage	40,00	gale	gave	gage	39,17
23	gaz	39,58	22,92	37,50		48,94	29,79	21,28	
24	Jacques	jatte	jappe	jade	43,33	jatte	jappe	jade	46,67
24	Jacques	19,23	3,85	76,92		12,50	7,14	80,36	
24	jade	jatte	jappe	Jacques	17,50	jatte	jappe	Jacques	11,67
24	jade	42,86	9,52	47,62		35,71	28,57	35,71	
24	jappe	jatte	jade	Jacques	27,50	jatte	jade	Jacques	29,17
24	jappe	48,48	39,39	12,12		22,86	51,43	25,71	
24	jatte	jappe	jade	Jacques	46,67	jappe	jade	Jacques	46,67
24	jatte	10,71	25,00	64,29		12,50	44,64	42,86	
25	pack	patte	Pape	pâme	20,83	patte	Pape	pâme	19,17
25	pack	68,00	8,00	24,00		82,61	0,00	17,39	
25	pâme	patte	Pape	pack	42,50	patte	Pape	pack	36,67
25	pâme	11,76	80,39	7,84		13,64	77,27	9,09	
25	Pape	patte	pâme	pack	14,17	patte	pâme	pack	9,17
25	Pape	29,41	70,59	0,00		18,18	45,45	36,36	
25	patte	Pape	pâme	pack	17,50	Pape	pâme	pack	22,50
25	patte	33,33	33,33	33,33		37,04	18,52	44,44	
26	tombe	tonte	tong	tonde	54,17	tonte	tong	tonde	60,83
26	tombe	29,23	35,38	35,38		20,55	43,84	35,62	
26	tonde	tombe	tonte	tong	41,67	tombe	tonte	tong	46,67
26	tonde	36,00	20,00	44,00		33,93	19,64	46,43	
26	tong	tombe	tonte	tonde	34,17	tombe	tonte	tonde	37,50
26	tong	46,34	24,39	29,27		37,78	24,44	37,78	

N° quadruplet	Mot dit	Test mots				Test phrases			
		erreur 1	erreur 2	erreur 3	% faux	erreur 1	erreur 2	erreur 3	% faux
26	tonte	tombe	tong	tonde	40,83	tombe	tong	tonde	49,17
26	tonte	22,45	32,65	44,90		16,95	42,37	40,68	
27	pagne	pâle	panne	paille	25,00	pâle	panne	paille	30,00
27	pagne	20,00	50,00	30,00		16,67	75,00	8,33	
27	paille	pâle	pagne	panne	11,67	pâle	pagne	panne	15,00
27	paille	28,57	14,29	57,14		22,22	66,67	11,11	
27	pâle	pagne	panne	paille	35,00	pagne	panne	paille	21,67
27	pâle	23,81	21,43	54,76		26,92	34,62	38,46	
27	panne	pâle	pagne	paille	64,17	pâle	pagne	paille	55,00
27	panne	16,88	77,92	5,19		21,21	71,21	7,58	
28	face	phare	phase	fache	14,17	phare	phase	fache	14,17
28	face	5,88	23,53	70,59		5,88	47,06	47,06	
28	fâche	phare	face	phase	17,50	phare	face	phase	14,17
28	fâche	33,33	38,10	28,57		41,18	17,65	41,18	
28	phare	face	phase	fâche	5,00	face	phase	fâche	3,33
28	phare	16,67	50,00	33,33		25,00	75,00	0,00	
28	phase	phare	face	fâche	22,50	phare	face	fâche	20,00
28	phase	62,96	7,41	29,63		50,00	16,67	33,33	
29	village	visage	virage	vissage	25,83	visage	virage	vissage	15,00
29	village	74,19	12,90	12,90		77,78	5,56	16,67	
29	virage	visage	vissage	village	3,33	visage	vissage	village	5,83
29	virage	50,00	25,00	25,00		42,86	0,00	57,14	
29	visage	virage	vissage	village	13,33	virage	vissage	village	11,67
29	visage	18,75	43,75	37,50		14,29	42,86	42,86	
29	vissage	visage	virage	village	39,17	visage	virage	village	45,83
29	vissage	72,34	10,64	17,02		78,18	3,64	18,18	
30	mèche	messe	mère	mêle	11,67	messe	mère	mêle	14,17
30	mèche	21,43	14,29	64,29		41,18	11,76	47,06	
30	mêle	messe	mère	mèche	9,17	messe	mère	mèche	6,67
30	mêle	18,18	72,73	9,09		25,00	50,00	25,00	
30	mère	messe	mèche	mêle	15,00	messe	mèche	mêle	10,00
30	mère	22,22	5,56	72,22		8,33	0,00	91,67	
30	messe	mère	mèche	mêle	11,67	mère	mèche	mêle	15,83
30	messe	14,29	0,00	85,71		15,79	10,53	73,68	

Annexe VIII : Mots du FAAF Test classés par ordre de difficulté

174 *J. R. Foster and M. P. Haggard*

Appendix : Test vocabulary and item difficulty for FAAF II

				Total (/20) vocabulary difficulty	Vocabulary rank range (/80)
34 mail	58 bail	48 nail	45 dale	14	24
59 bin	39 pin	37 din	78 tin	18	41
35 boast	63 ghost	24 coast	09 post	06	54
53 dab	36 cab	47 gab	57 tab	15	21
28 man	18 van	08 nan	05 than	01	23
65 taught	03 fought	06 thought	25 port	02	62
77 scal	62 veal	04 feel	43 zcal	08	73
52 keen	80 teen	69 sheen	79 seen	20	28
19 mash	67 mass	61 match	56 mats	16	48
55 rich	17 ridge	75 ritz	16 rids	10	59
02 some	70 sud	12 sun	27 sub	04	68
14 rib	32 rick	23 rip	11 rig	05	21
31 cob	13 cod	38 cop	64 cot	09	51
73 bag	29 back	72 bat	10 bad	11	63
26 get	46 wet	40 bet	68 yet	13	42
71 mix	49 milks	51 mick	50 milk	19	22
76 rose	07 rove	01 robe	21 rode	03	75
44 lands	74 lads	42 lad	41 land	17	33
33 bang	66 bad	60 bag	20 ban	12	46
22 ham	15 high	54 hang	30 how	07	39

The number preceding each word is the ranked item difficulty (01-80), totalling all S/N conditions. Rank 01 is the most difficult item. It can be observed from the rank ranges and from the lack of concordance across columns that difficulty is not merely a property of an entire vocabulary.

TABLE DES ILLUSTRATIONS

1. Liste des Tableaux

<u>Tableau 1</u> : Qualification des surdités (Dumont, 2008)	15
<u>Tableau 2</u> : Tableau consonantique du français	19
<u>Tableau 3</u> : Structures syllabiques les plus fréquentes en anglais et en français	28
<u>Tableau 4</u> : Items du FAAF test	32
<u>Tableau 5</u> : Liste du FAAF Test français testée	42
<u>Tableau 6</u> : Oppositions phonémiques du test français	43
<u>Tableau 7</u> : Récapitulatif des erreurs	45
<u>Tableau 8</u> : Score théorique obtenu par chaque quadruplet, pour une intensité de 15 dB HL	47
<u>Tableau 9</u> : Valeur de significativité des différences d'intelligibilité en fonction des locuteurs [et meilleurs et moins bons locuteurs femmes et hommes*] (Fey, 2009)	57
<u>Tableau 10</u> : Comparaison des ordres de classement des quadruplets, par difficulté et par population	62
<u>Tableau 11</u> : Ordre des quadruplets classés par somme des fréquences d'occurrence de leurs 4 items dans la langue orale, en parallèle des quadruplets classés par ordre de difficulté (d'après les résultats des sujets normoentendants)	64
<u>Tableau 12</u> : Pourcentage d'erreurs en fonction du trait acoustique, chez les implantés cochléaires (Roux, 2001)	67

2. Liste des Figures

<u>Figure 1</u> : Fonctionnement de l'implant cochléaire	16
<u>Figure 2</u> : Exemple de quadruplet du test original	25
<u>Figure 3</u> : Exemple de découpage (logatome « plou »)	35

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Figure 4 : Moyenne des valeurs des audiogrammes des sujets rencontrés à l'hôpital Desgenettes.....	37
Figure 5 : Moyenne des valeurs des audiogrammes des sujets rencontrés à l'hôpital Desgenettes.....	44
Figure 6 : Moyenne des valeurs des audiogrammes des sujets rencontrés à l'hôpital Desgenettes (échelle linéaire).....	44
Figure 7 : Exemple du score théorique obtenu par 1 sujet, au quadruplet 25, à 15 dB HL..	46
Figure 8 : Scores moyens obtenus par les 12 sujets normoentendants, aux mots et aux phrases, en fonction de l'intensité.....	48
Figure 9 : Scores moyens obtenus, en fonction de l'intensité de stimulation : exemple de données individuelles (sujet 6 et sujet 12)	48
Figure 10 : Score en fonction de l'intensité pour 2 paires de quadruplets (quadruplet=set)	49
Figure 11 : Corrélation entre le score au FAAF français et le pourcentage d'intelligibilité à la vocale de Fournier.....	50
Figure 12 : Moyennes de réponses justes en fonction du test (mot/phrased).....	51
Figure 13 : Pourcentage de réponses justes en fonction de la série et en fonction du type de test.....	51
Figure 14 : Pourcentage de réponses justes en fonction de l'ordre de présentation du quadruplet (= set) et en fonction du type de test (mot/phrased)	52
Figure 15 : Graphes de régression, d'après les résultats de 30 sujets malentendants, représentant le temps de réaction normalisés en fonction du nombre de caractères, pour les mots (à gauche), et le score en fonction du nombre de caractères, pour les mots (à droite) .	53
Figure 16 : Pourcentage de perception correcte pour chaque phonème (Fey, 2009)	56
Figure 17 : Pourcentage de perception correcte pour le phonème « p » en fonction des locuteurs (Fey, 2009)	57
Figure 18 : Tableau de confusions phonétiques des implantés cochléaires (Roux, 2001)	63
Figure 19 : Exemple du quadruplet 4, imageable	65

TABLE DES MATIERES

ORGANIGRAMMES	3
1. Université Claude Bernard Lyon1	3
1.1. Secteur Santé :.....	3
1.2. Secteur Sciences :.....	3
2. Institut Sciences et Techniques de Réadaptation FORMATION ORTHOPHONIE	5
REMERCIEMENTS.....	6
SOMMAIRE.....	7
INTRODUCTION.....	11
PARTIE THEORIQUE.....	13
I. Surdité et implant cochléaire.....	14
1. Les caractéristiques de la surdité.....	14
1.1. La classification clinique.....	14
1.2. Le moment d'apparition de la surdité.....	14
1.3. Une atteinte uni- ou bilatérale	15
1.4. Le degré de surdité	15
2. L'implant cochléaire	16
2.1. Définition	16
2.2. Fonctionnement.....	16
2.3. Prise en charge pluridisciplinaire	17
2.3.1. Bilan pré-implantation	17
2.3.2. Suivi post-implantation	18
II. La perception de la parole.....	18
1. Quelques éléments de phonétique.....	19
1.1. Les phonèmes du français	19
1.2. Classification des consonnes	19
2. Les facteurs pouvant influencer la perception de la parole	19
2.1. L'environnement contextuel des phonèmes	19
2.2. Fréquence d'occurrence des mots dans la chaîne parlée	20
2.3. Fréquence des phonèmes dans la langue française.....	20
2.4. La composante lexico-sémantique des mots	20
2.5. Les conditions initiales de l'émission vocale dues au locuteur	21
2.6. La structure phonologique du stimulus	21
2.7. Le nombre de voisins phonologiques	21
3. La perception chez les sujets déficients auditifs	21
3.1. Les confusions phonétiques.....	21
3.2. Perception chez les sujets porteurs d'un implant cochléaire	22

TABLE DES MATIERES

III. L'audiométrie	23
1. L'audiométrie tonale	23
2. L'audiométrie vocale	23
IV. Le FAAF Test	25
1. Le matériel	25
2. La mise au point du FAAF Test anglais.....	26
3. L'utilisation du FAAF Test aujourd'hui	26
4. Avantages et limites du FAAF Test.....	27
V. Elaboration d'un test d'audiométrie vocale à choix forcé en français	28
PROBLEMATIQUE ET HYPOTHESES.....	29
PARTIE EXPERIMENTALE	31
I. Création d'un test en français.....	32
1. Matériel et méthode	32
1.1. Choix des items	32
1.1.1. Les items du FAAF test	32
1.1.2. Mise au point d'une liste de mots en français	33
1.2. L'enregistrement des mots (et de la phrase de support)	35
1.2.1. Enregistrement en salle anéchoïque.....	35
1.2.2. Traitement des signaux pour normalisation	35
1.2.3. Intégration dans un logiciel.....	35
1.3. Le questionnaire d'ergonomie.....	36
2. Protocole de validation du FAAF Test français	36
2.1. Matériel	36
2.2. Population et procédures	36
2.2.1. Validation du test à intensité confortable sur une population normoentendante	36
2.2.2. Passation par des sujets normoentendants.....	36
2.2.3. Passation par des sujets malentendants.....	37
II. Mise en place d'un protocole pour le choix des locuteurs définitifs.....	38
1. Matériel et méthode	38
1.1. Enregistrement des signaux.....	38
1.1.1. Matériel	38
1.1.2. Locuteurs.....	39
1.1.3. Enregistrements.....	39
1.1.4. Traitement des signaux pour la normalisation	39
2. Protocole	39
2.1. Matériel	39
2.1.1. Population	39
2.1.2. Quatre tests subjectifs	39

TABLE DES MATIERES

2.1.3. Test d'intelligibilité.....	40
PRESENTATION DES RESULTATS.....	41
I. La liste d'items du test français.....	42
1. Les oppositions phonémiques représentées.....	43
2. Les caractéristiques des mots.....	44
II. Validation du test à intensité confortable.....	45
III. Fonction psychométrique.....	45
1. Evolution des scores en fonction de l'intensité de stimulation, pour 12 sujets normoentendants.....	45
2. Résultats obtenus chez les sujets normoentendants.....	46
3. Différences de résultats entre le test phrases et le test mots.....	47
4. Tableau des erreurs pour les différents quadruplets.....	48
5. Résultats en fonction de la place du phonème changeant (début ou fin) pour 2 paires de quadruplets.....	49
IV. Résultats chez les sujets malentendants.....	50
1. Comparaison des scores au FAAF français avec le pourcentage d'intelligibilité à la vocale de Fournier.....	50
2. Résultat en fonction du type de test (mot ou phrase).	50
3. Résultats en fonction du quadruplet.....	51
4. Résultats en fonction de l'ordre de présentation des quadruplets.....	52
5. Résultats en fonction de la place du phonème changeant (début ou fin) pour 2 paires de séries.....	52
6. Observations concernant les temps de réaction.....	53
V. Observations qualitatives.....	53
1. Test de mots ou test de phrases ?	54
2. Quel matériel utiliser pour répondre ?	54
3. Remarques sur la forme orthographique.....	55
VI. Résultats concernant les différents locuteurs.....	55
1. Logatomes et phonèmes.....	55
2. Perception des phonèmes.....	55

TABLE DES MATIERES

3. Appréciations subjectives des voix	58
DISCUSSION DES RESULTATS.....	59
I. Eléments du FAAF Test français	60
1. Mots ou phrases ?.....	60
2. Affinage de la liste d'items	60
2.1. Pertinence des items présents dans la liste testée	60
2.1.1. Recherche d'une intelligibilité maximale à intensité confortable.....	61
2.1.2. Facilité vs difficulté des items : suppression d'items.....	62
2.1.3. Rééquilibrer les oppositions représentées	63
2.1.4. Ajout de quadruplets	63
2.2. Effet de fréquence	64
2.3. Intérêt de la prise en compte de l'imageabilité.....	64
2.4. Phénomènes de coarticulation	65
2.5. Révision de l'orthographe des items	65
3. Absence d'effet d'apprentissage	66
4. Au niveau de l'ergonomie.....	66
5. Aspects techniques.....	66
II. Le choix du locuteur	67
III. Observations.....	68
1. Remarques sur les temps de réaction	68
2. Remarques concernant la population des déficients auditifs.....	68
3. Corrélation avec le test d'audiométrie vocale.....	69
4. Remarque clinique	69
5. Limites de la réalisation des expérimentations	69
CONCLUSION.....	70
BIBLIOGRAPHIE	71
ANNEXES.....	75
Annexe I : Exemples d'articles de la littérature citant le FAAF test	76
Annexe II : Questionnaire d'ergonomie	78
Annexe III : Fiche de présentation et de consignes du projet aux potentiels locuteurs	80
Annexe IV : Mots de l'Audio4 sélectionnés.....	82
Annexe V : Liste de logatomes créée pour l'étude.....	83

TABLE DES MATIERES

Annexe VI : Caractéristiques des mots du test français.....	85
Annexe VII : Erreurs au sein des quadruplets	88
Annexe VIII : Mots du FAAF Test classés par ordre de difficulté.....	94
TABLE DES ILLUSTRATIONS.....	95
1. Liste des Tableaux	95
2. Liste des Figures	95
TABLE DES MATIERES	97

Ségolène Favier

ADAPTATION À LA LANGUE FRANCAISE D'UN TEST ANGLO-SAXON DE PERCEPTION DE LA PAROLE : LE FAAF TEST (FOUR ALTERNATIVE AUDITORY FEATURE TEST)

100 Pages

Mémoire d'orthophonie -UCBL-ISTR- Lyon 2009

RESUME

Évaluer la perception chez les déficients auditifs est essentiel, afin d'orienter efficacement les réglages des appareils et la rééducation orthophonique. Cette évaluation devant être régulière, il est indispensable de disposer d'un outil dont les résultats ne soient pas biaisés par l'effet d'apprentissage, ou d'autres facteurs comme la suppléance mentale, les variabilités dues au locuteur, le nombre de voisins phonologiques, la fréquence d'occurrence des mots dans la langue, etc. Nous pensons que le FAAF Test (Four Alternative Auditory Feature Test), qui est un test anglo-saxon de perception de la parole, pourrait limiter les biais dus à certains de ces facteurs, et devenir un outil complémentaire intéressant dans le cadre d'une audiométrie vocale. Il s'agit d'un test d'audiométrie vocale à choix forcé, basé sur le principe du Rhyme Test et présenté par Foster et Haggard en 1979.

Notre travail de recherche a permis de constater qu'il était possible de mettre au point et de valider, en français, un test de perception de la parole, destiné aux patients déficients auditifs, et inspiré du FAAF Test.

Une liste de 30 quadruplets a été créée, permettant de tester un nombre d'oppositions phonémiques suffisant pour évaluer la perception auditive des sujets. Le test français élaboré a été proposé à des sujets normoentendants et déficients auditifs. Les résultats obtenus sont proches de 100% à intensité confortable (pour des sujets normoentendants) et sont très significativement corrélés au test classique d'audiométrie vocale de Fournier. Nos résultats ont aussi permis de conclure qu'il était préférable de présenter le stimulus sous forme de mot isolé et non au sein d'une phrase-type, contrairement au test anglo-saxon. Enfin, l'intelligibilité n'apparaissant pas significativement dépendante de l'articulation du locuteur, nous avons aussi pu définir, sur des critères plus subjectifs, quels locuteurs (un homme et une femme) enregistreront les items définitifs.

Le travail va être poursuivi afin de remanier les quadruplets et de finaliser cet outil. Une adaptation pour des enfants est également envisagée : les quadruplets seraient alors présentés sous forme d'images à désigner.

MOTS-CLES

FAAF test - choix forcé - audiométrie - surdité – perception - parole

MEMBRES DU JURY

Gaëlle Chival - Marie Ozil - Éric Truy

MAITRE DE MEMOIRE

Annie Moulin - Geneviève Martinon

DATE DE SOUTENANCE

02 juillet 2009
