

UNIVERSITE CLAUDE BERNARD LYON I
INSTITUT DES SCIENCES ET TECHNIQUES DE LA READAPTATION

Directeur Professeur Yves MATILLON

« Analyse des confusions phonétiques et solutions prothétiques. »

Mémoire présenté pour l'obtention du
DIPLOME D'ETAT D'AUDIOPROTHESISTE

par

CAMINET FLORIAN



Autorisation de reproduction

Gérald KALFOUN

Directeur délégué à l'enseignement

LYON, le 8 octobre 2010

Mémoire N° 474

Remerciements.

En premier lieu, je remercie mes parents pour m'avoir soutenu et donné les moyens de poursuivre mes études. Merci pour tout ce qu'ils ont fait pour moi.

Merci à Mr Gilles CARDOT, mon maître de mémoire pour m'avoir épaulé lors de la réalisation de ce travail.

Merci à mes sœurs, Magalie et Nadège pour leur soutien durant toutes ces années.

Je remercie Nicolas et Thomas pour leurs conseils avisés quant à l'utilisation d'Excel, ainsi que Sylvain pour sa relecture et son œil critique.

Enfin, sincères remerciements à Iris.

SOMMAIRE.

▫ <u>INTRODUCTION</u>	p.3
 <u>PARTIE I : Phonation et phonétique</u>	p.4
1°) <u>Phonation</u>	p.5
2°) <u>Formants et phonèmes</u>	p.6
3°) <u>Phonétique acoustique</u>	p.7
a) <u>Les voyelles</u>	p.9
b) <u>Les consonnes</u>	p.10
 <u>PARTIE II : Analyse phonétique</u>	p.14
1°) <u>Spectra+</u>	p.14
2°) <u>Les voyelles</u>	p.14
3°) <u>Les consonnes</u>	p.22
A) <u>Les occlusives</u>	p.22
a) <u>Les occlusives bilabiales</u>	p.22
b) <u>Les occlusives alvéolaires</u>	p.23
c) <u>Les occlusives palatales</u>	p.23
B) <u>Les fricatives</u>	p.23
a) <u>Les fricatives alvéolaires</u>	p.24
b) <u>Les fricatives post-alvéolaires</u>	p.24
c) <u>Les fricatives labiodentales</u>	p.24

C) <u>Les sonnantes</u>	p.24
a) <u>Les consonnes liquides</u>	p.24
b) <u>Les consonnes nasales</u>	p.25
D) <u>Les semi-consonnes</u>	p.25
 <u>Partie III : Protocole expérimental et résultats</u>	p.26
I°) <u>Matériels et méthodes</u>	p.27
1°) <u>Protocole expérimental</u>	p.27
II°) <u>Résultats et statistiques</u>	p.29
a) <u>Analyse des confusions des voyelles</u>	p.31
b) <u>Analyse des confusions des consonnes</u>	p.37
 <u>Partie IV : Discussion</u>	p. 41
I°) <u>Les voyelles</u>	p.42
 II°) <u>Les consonnes</u>	p.46
 ▫ <u>CONCLUSION</u>	p.51

▣ INTRODUCTION

La **phonétique** est une branche de la linguistique qui étudie les sons utilisés dans la communication verbale. Plus précisément, la **phonétique acoustique** étudie la structure physique des sons, en particulier des **phonèmes** caractéristiques d'une langue.

Le **phonème** est la plus petite unité distinctive du langage oral, on les distingue les uns des autres par leurs **traits distinctifs** ou par différents **formants** lorsqu'il s'agit de voyelles.

La présence d'une perte auditive peut engendrer une mauvaise discrimination des ces **formants** ou **traits acoustiques**. Une personne malentendante présentera alors de fortes chances d'effectuer des **confusions phonétiques**.

Y'a-t-il une corrélation entre le type de surdité et la nature des confusions commises par les patients ?

Peut-on en déduire une méthode de réglage en vue d'une correction prothétique ?

Pour répondre à ces questions, nous nous intéresserons tout d'abord à la **phonation** et la **phonétique** de manière théorique. Nous effectuerons ensuite une **analyse spectrale** des **phonèmes** de la langue française afin de dresser les points communs et les différences qu'il peut exister entre eux. Nous présenterons ensuite les tests mis en œuvre afin de dépister les **confusions phonétiques** commises par les patients. Enfin, nous analyserons ces confusions afin de proposer une méthode de **réglage prothétique** en vue de leur correction.

PARTIE I : Phonation et **phonétique.**

1°) Phonation.

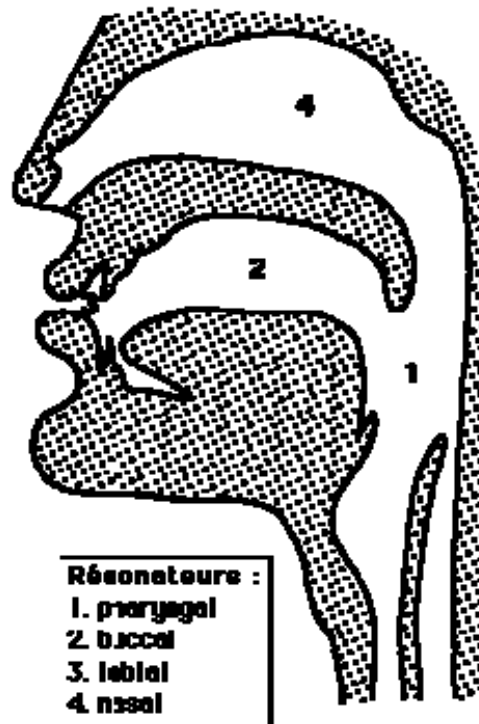
La phonation est une fonction complexe et évoluée permise non pas par un organe spécifique mais par différents ensembles :

-**L'ensemble pulmonaire** constitué des poumons, des bronches, de la trachée, du diaphragme et de muscles. Il s'agit de la soufflerie phonatoire entraînant la production d'une énergie ventilatoire lors de l'expiration. Cette énergie va permettre la mise en mouvement des cordes vocales dans le cas de sons voisés ou l'émission de bruits dans le cas des sons non voisés.

-**L'ensemble laryngé** constitué des cordes vocales, de cartilages et des muscles laryngés. Dans le cas de sons voisés, les cordes vocales vont se mettre en mouvement et jouer le rôle de vibreur phonatoire. Cette oscillation va être à l'origine de la fréquence du fondamental laryngé (F0) propre à chaque locuteur. Le larynx va aussi être à l'origine de bruits de friction et d'explosion dans le cas de sons non voisés.

-**Les cavités supra glottiques** constituées du pharynx, de la bouche et des cavités nasales. C'est le résonateur phonatoire. Chacune de ces cavités se comporte comme un oscillateur qui en fonction de sa longueur de sa forme et de son volume, à un instant donné, va avoir une certaine fréquence de résonance. Ces fréquences de résonance vont alors jouer un rôle de renforcement ou de filtre sur certaines zones fréquentielles du fondamental laryngé. Ces zones de renforcements seront appelées les formants qui sont à l'origine de la composition spectrale des phonèmes (nous reviendrons sur les formants et les phonèmes dans quelques instants)

Ces trois ensembles fonctionnent en étroite relation avec une coordination effectuée par le système nerveux central et ses voies périphériques afférentes et efférentes.



2°) Formants et phonèmes.

Comme nous l'avons vu précédemment, les **formants** sont des maxima spectraux dus aux points de résonance du conduit vocal amenant l'émergence de certaines fréquences. Les trois premiers formants seront, pour nous, les plus importants car permettant d'identifier les voyelles. Du plus grave vers le plus aigu :

- Le **premier formant** (F1) est produit par le pharynx.
- Le **second formant** (F2) est produit par la cavité buccale.
- Le **troisième formant** (F3) est produit par la cavité labio-dentale.

Les formants admettent une variabilité inter individus liée à l'âge, au sexe... et intra individu causée par des facteurs environnementaux tel que le bruit ambiant ou des facteurs physiologiques comme la fatigue...

La phonétique étudie les sons de la parole appelés « **phonèmes** ».

La définition la plus répandue de nos jours est partagée par de nombreux anthropologues et linguistes tel que Léonard BLOOMFIELD qui voit le phonème comme un faisceau, une somme, un ensemble de traits distinctifs.

Des études sur l'identification phonémique ont été menées dès 1950 aux laboratoires Haskins par LIBERMAN et ses collaborateurs. Ces études avaient pour objectif d'identifier les indices acoustiques différenciant les phonèmes les uns des autres.

Ainsi on peut distinguer la phonétique acoustique de la phonétique perceptive.

3°) Phonétique acoustique.

Les phonèmes sont constitués de traits distinctifs qui permettent de les identifier.

La liste des traits distinctifs des phonèmes pertinents dans la langue française a été établie par DELATTRE (1958). Ils sont au nombre de six et vont par paires opposées.

-Grave / Aigu :

Selon l'endroit du spectre où se trouvent les principales composantes fréquentielles du phonème.

-Compact / Diffus :

Un phonème compact voit ses principales composantes fréquentielles concentrées dans une zone restreinte du spectre contrairement à un phonème diffus qui sera très étalé sur l'axe fréquentiel.

-Oral / Nasal :

La production d'un phonème oral s'effectue seulement avec la bouche, alors que dans le cas d'un phonème nasal, le voile du palais s'abaisse. Une partie de la

production sonore passe alors par le nez provoquant une amplification de certaines zones fréquentielles voire l'addition de formants supplémentaires.

-Continu / Discontinu :

Lors de la production d'un phonème continu, la production sonore est permanente dans le temps. En revanche, un phonème discontinu admet des silences suivis et/ou précédés d'une diffusion d'énergie sur une large bande de fréquences.

-Vocalique / Non Vocalique :

Un phonème vocalique est composé de formants alors qu'un phonème non vocalique n'en comporte pas.

-Voisé / Non Voisé :

On reconnaît un phonème voisé ou sonore à la présence d'une excitation périodique de basse fréquence : le fondamental laryngé, contrairement à un phonème non voisé ou sourd.

Ces différents traits acoustiques concernent tous les formants, nous allons maintenant voir que l'on peut classer les voyelles et les consonnes.

a) Les voyelles.

Ce sont les phonèmes les plus facilement identifiables, car ils sont caractérisés par des formants aisément mis en évidence sur un spectrogramme.

Les voyelles possèdent trois formants dont les deux premiers ont une importance fondamentale pour leur reconnaissance.

A. LANDRECY et R. RENARD ont proposés en 1977 une normalisation des fréquences des trois premiers formants des voyelles orales de la langue française. Cependant, il faut prendre ces valeurs avec précaution compte tenu de

la variabilité inter et intra individus. C'est pourquoi il est préférable de parler de champs fréquentiels.

On peut effectuer une classification articulatoire des voyelles, elle se fait par quatre éléments :

-Selon le lieu d'articulation :

Défini par la position de la langue sur un axe antéropostérieur.

-Selon le degré d'aperture buccale :

Il décrit l'ouverture de la cavité buccale sur un axe vertical.

Plus la mâchoire monte sur l'axe vertical, plus on dira que la voyelle est fermée. A l'inverse plus elle descend, plus la voyelle sera ouverte.

-Selon l'arrondissement des lèvres :

Déterminé par le degré de projection labiale. Plus les lèvres seront arrondies et projetées vers l'avant, plus les voyelles seront dites arrondies. Réciproquement, si elles ne le sont pas, elles seront dites étirées.

-Selon la nasalité :

L'abaissement du voile du palais provoque une résonnance dans la cavité nasale. Ce type de voyelle s'appelle une voyelle nasale en opposition aux voyelles orales. Selon DELATTRE, la nasalité des voyelles est marquée par la faible énergie du premier formant et par la présence de formants de nasalité (FN) :

- FN1 à 250Hz
- FN2 à 1000Hz
- FN3 à 2000Hz

b) Les consonnes.

Le mode de production d'une consonne est caractérisé par l'obstruction du passage de l'air dans les cavités supra glottiques. On peut les définir comme des pôles de bruit caractérisés pas une plage fréquentielle, une intensité et une durée. Les consonnes peuvent présenter des bruits d'explosion ou de friction. De même, elles peuvent ou non être accompagnées de voisement.

Les consonnes peuvent être classées par leur mode d'articulation, (occlusives, fricatives ou sonnantes) ainsi que par leur lieu d'articulation.

- **Les occlusives.**

Elles sont caractérisées par un silence momentané dû à l'occlusion provoquée par les organes mobiles qui produisent un barrage au passage de l'air. S'en suit une phase d'explosion provoquée par le relâchement brutal de cette occlusion. Elles peuvent être sonores ou sourde, en fonction d'un éventuel voisement provoqué par la vibration des cordes vocales.

On les différencie selon leur lieu d'articulation.

- **Les occlusives vélares : [k] / [g]**

La racine de la langue se rapproche du voile du palais en position postérieure.

- **Les occlusives dentales : [t] / [d]**

L'apex de la langue s'accole à la surface palatale des incisives.

- **Les occlusives bilabiales : [p] / [b]**

Dans ce cas il y a une constriction des lèvres inférieure et supérieure.

- **Les fricatives.**

Contrairement aux occlusives, les organes articulatoires n'effectuent pas un barrage mais un simple rétrécissement du passage de l'air qui est caractérisé par un bruit de friction. Elles peuvent être voisées ou non voisées mais jamais nasalisées.

Comme pour les occlusives, on peut les classer selon leur lieu d'articulation.

- **Les fricatives labiodentales : [f] / [v]**

Elles sont produites par une constriction entre la lèvre inférieure et les incisives maxillaires.

- **Les fricatives dentales : [s] / [z]**

On observe une fermeture des incisives maxillaires et mandibulaires associées à un accollement de l'apex de la langue à la surface palatale des incisives.

- **Les fricatives post-alvéolaires : [ʃ] / [ʒ]**

En présence du rapprochement de l'apex de la langue avec le palais juste derrière les alvéoles.

- **Les sonnantes.**

Les consonnes sonnantes se caractérisent par une structure formantique. Elles regroupent les consonnes nasales et les consonnes liquides.

- **Les consonnes nasales : [m] / [n] / [ɲ]**

Elles sont obtenues en combinant un abaissement du voile du palais et un passage libre de l'air par le nez. Les nasales et les occlusives ont les mêmes articulations buccales mais se différencient par la nasalité. ([b] occlusif, [m] nasal)

- **Les consonnes liquides : [l] / [R]**

Elles possèdent peu de bruit de friction, mais une grande résonance.

- **Les semi-consonnes.**

Egalement appelées semi-voyelles leur structure formantique se rapproche des voyelles. Du point de vue articulatoire, elles possèdent une petite aperture comme les consonnes constrictives, mais des formants proche de ceux de voyelles en acoustique.

Les consonnes comportent des transitions, c'est-à-dire qu'elles modifient les fréquences des voyelles juxtaposées (LEFEVRE, 1982). Il existe un point de convergence des transitions de formants des voyelles pour une même consonne vers un point virtuel : le locus. Ce phénomène s'appelle la transition formantique.

PARTIE II : Analyse phonétique.

Comme nous l'avons vu dans la première partie, les voyelles et les consonnes de la langue française diffèrent les unes des autres par divers formants et indices acoustiques. Le but de cette seconde partie est d'étudier ces différences à l'aide d'un logiciel d'analyse spectrale : spectra+.

1°) Spectra+.

Spectra+ 3.0 de la société Pioneer Hill Software a été développé avec la participation de mon maître de mémoire : Gilles CARDOT et d'un ingénieur : P.H PERRET.

Grâce aux cartes son actuelles, la fréquence d'échantillonnage atteint 200 000 Hz, ce qui permet d'obtenir une validité de réponse de 100 000 Hz comme le stipule le théorème de SHANNON-NYQUIST.

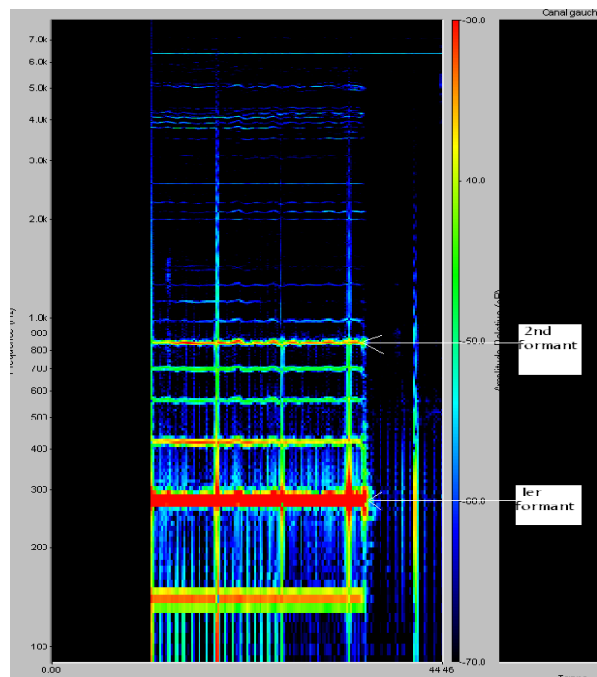
Pour nos analyses nous avons réduit la bande passante à 8 000 Hz, ce qui nous a permis d'avoir une résolution spectrale de 24 Hz et une résolution temporelle de 10.24 ms

2°) Les voyelles.

Il est intéressant d'étudier les caractéristiques formantiques des voyelles ainsi que les différences et ressemblances qu'elles peuvent admettre les unes par rapport aux autres.

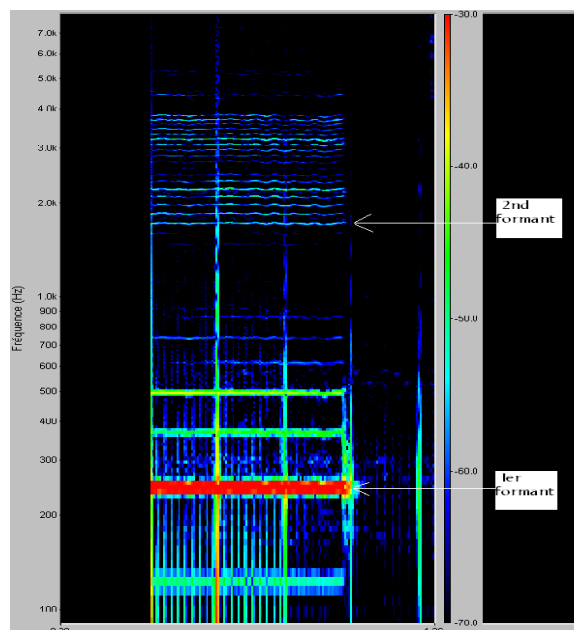
Nous étudierons les champs fréquentiels des deux premiers formants des voyelles de la langue française.

- Le phonème [u] :



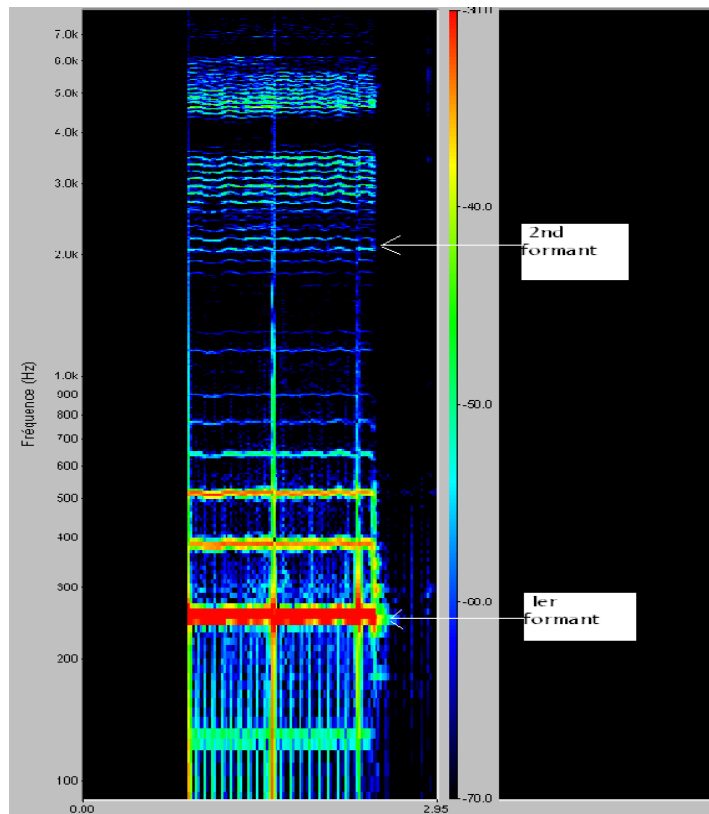
On constate que le premier formant admet une plage fréquentielle centrée autour de 275 Hz ainsi qu'un second formant d'une fréquence d'environ 800Hz.

- Le phonème [y] :



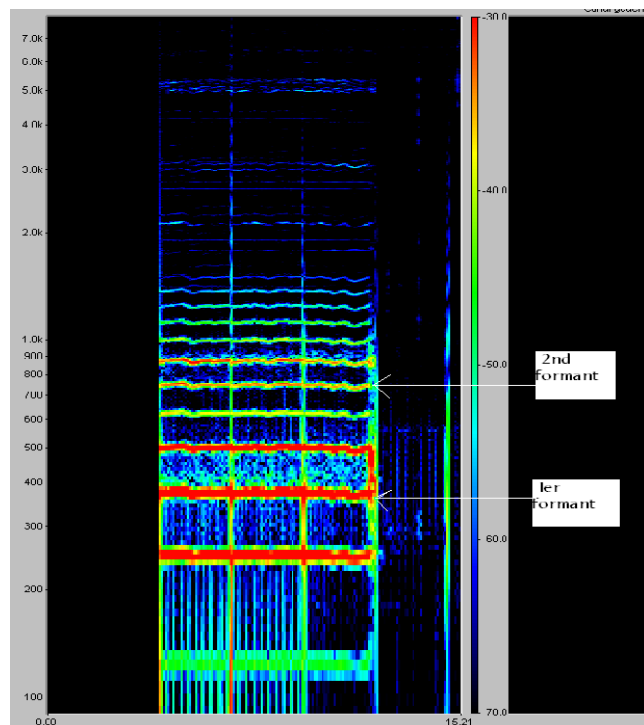
Dans ce cas le premier formant se situe aux alentours de 250 Hz et le second autour de 1800Hz.

- Le phonème [i]



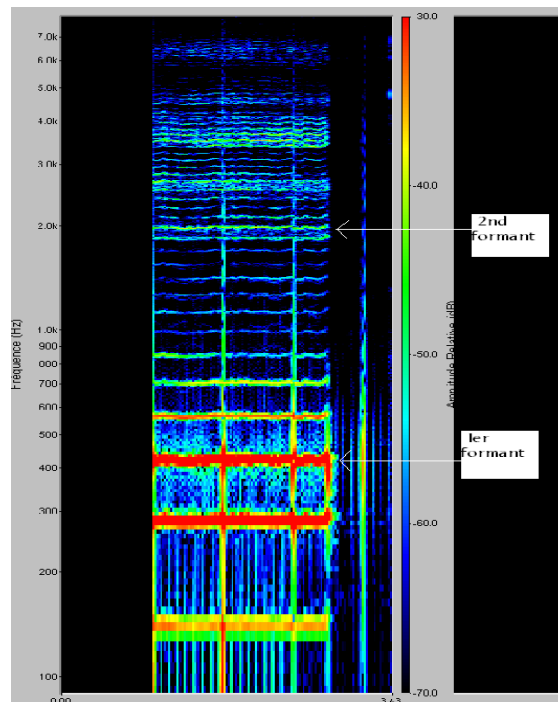
Le [i] admet un premier formant autour de 250Hz et un second situé vers 2100Hz.

- Le phonème [o]



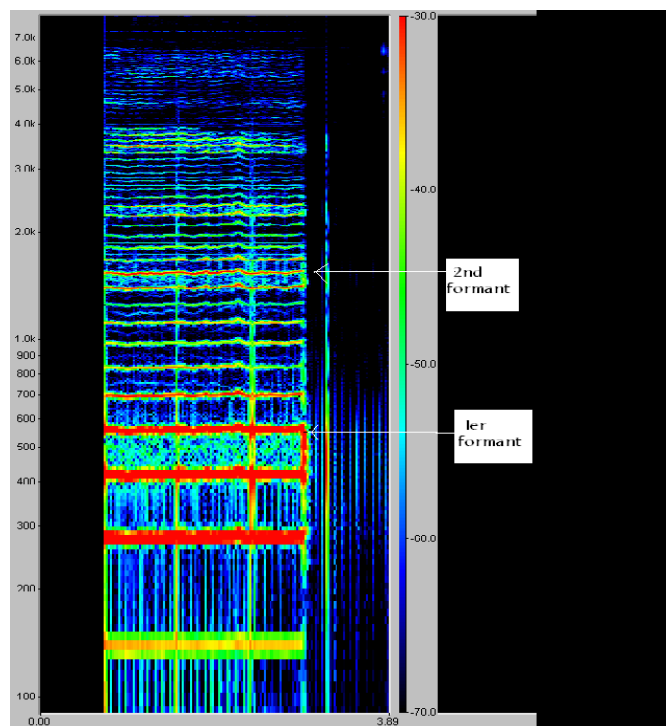
On voit le premier formant vers 275Hz et le second centré sur 750 Hz.

- Le phonème [e].



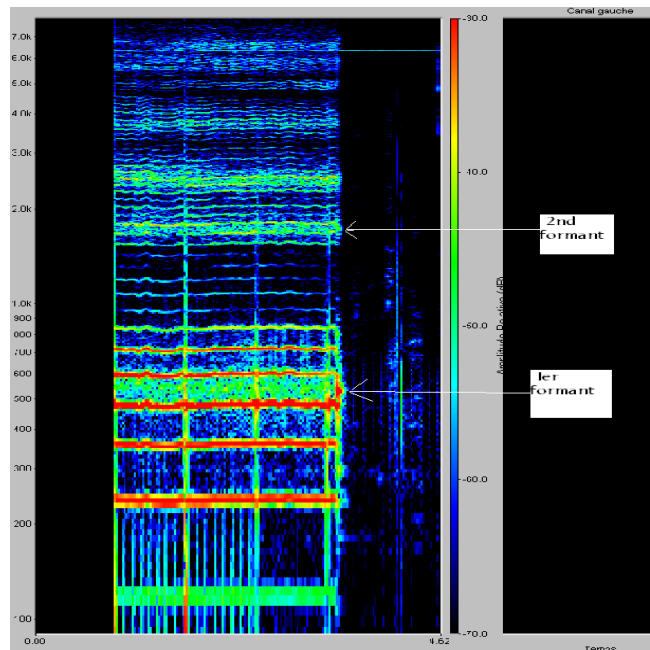
Ce phonème admet un premier formant autour de 400Hz et un second vers 2000Hz.

- Le phonème [ø].



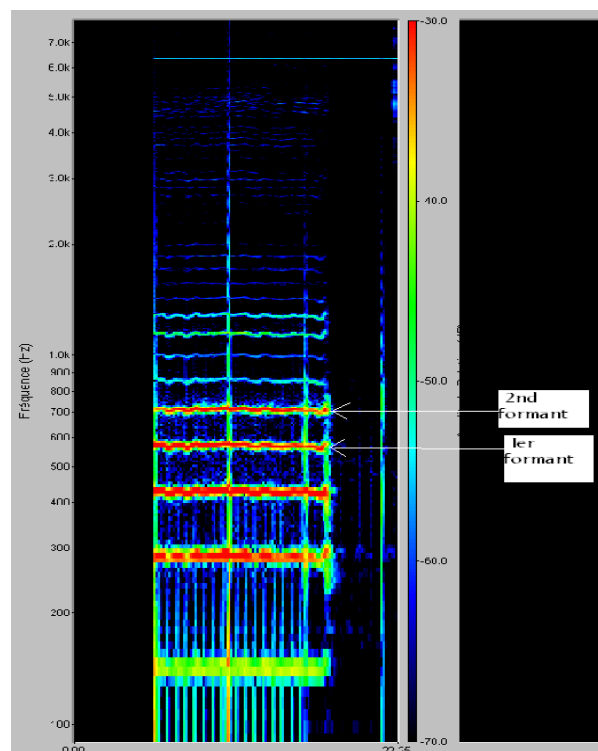
On constate un champ fréquentiel renforcé autour de 550 Hz correspondant au premier formant et le second formant autour de 1500 Hz.

- Le phonème |ε|



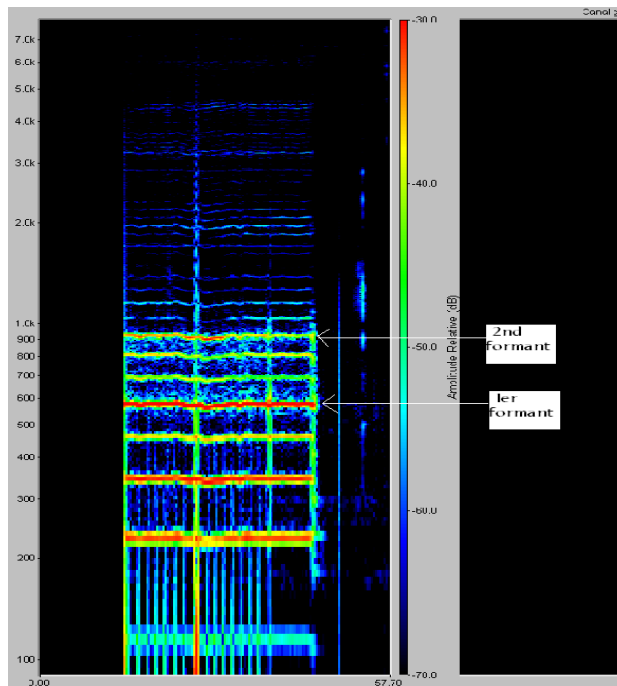
Dans ce cas le premier formant se situe autour de 550 Hz et le second vers 1800 Hz.

- Le phonème |õ|



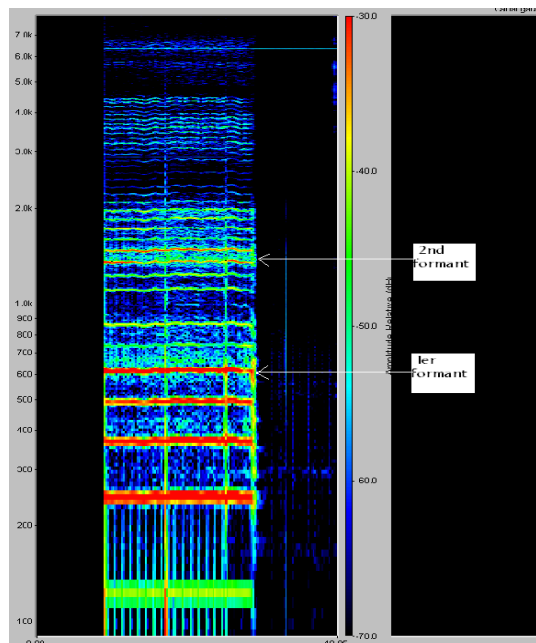
On constate un renforcement fréquentiel correspondant au premier formant à environ 600 Hz ainsi que le second formant autour de 700 Hz.

- Le phonème [ã]



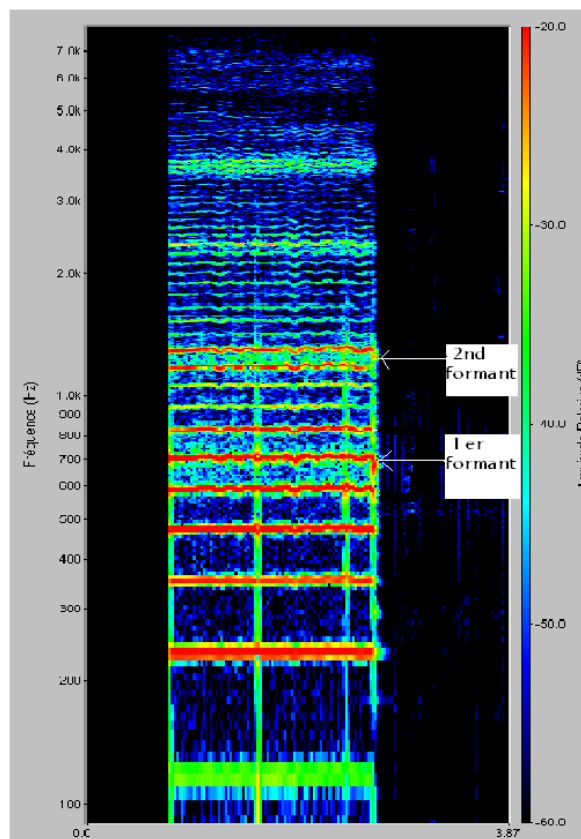
On constate que le champ fréquentiel du premier formant est centré sur 600 Hz
alors que le second formant se trouve autour de 900 Hz.

- Le phonème [ɛ]



On constate le premier formant autour de 600Hz, et pour le second, un
renforcement fréquentiel vers 1400 Hz.

- Le phonème [a]



On peut se rendre compte que le phonème [a] est très énergétique, surtout autour de la fréquence 700 Hz qui constitue son premier formant et du 1250 Hz que l'on peut décrire comme son second formant.

Il est important de noter que ces analyses spectrales ont été effectuées sur ma propre voix. Il existe évidemment une variabilité inter-individus et intra-individus.

On constate que les phonèmes **|u|**, **|y|** et **|i|** admettent un premier formant sensiblement identique, c'est alors leur second formant qui nous permet de les différencier. Il en est de même pour les voyelles :

- **|e| / |o|**
- **|ɛ| / |ø|**
- **|õ| / |ã| / |~ɛ|**

➤ **|u|, |y| et |i|** :

On constate pour ces trois voyelles un renforcement fréquentiel autour de 250 Hz correspondant à leur premier formant. Cependant elles diffèrent les une des autres par leur second formant. En effet, le **|u|** possède un second formant autour de 800Hz, celui du **|y|** est plutôt vers 1800Hz alors que le phonème **|i|** admet un renforcement fréquentiel centré autour de 2100Hz.

➤ **|e| et |o|** :

Ces deux voyelles partagent le même premier formant que l'on peut mesurer autour de 400Hz. De même, on peut les différencier par leur second formant qui se situe autour de 750Hz pour le **|o|** alors que dans le cas du **|e|**, on le retrouve plutôt aux environs de 2000Hz.

➤ **|ɛ| et |ø|**:

Pour ces deux phonèmes, le premier formant est caractérisé par le renforcement des fréquences situées autour de 550Hz. Le **|ø|** possède un second formant vers la fréquence 1500Hz alors que celui du **|ɛ|** se situe aux alentours de 1800Hz.

➤ **|õ|, |ã| et |~ε|** :

Dans ce cas, le premier formant, qui est commun aux trois phonèmes, est situé autour de 600Hz, en revanche ces trois voyelles se distinguent par leur second formant qui est caractérisé autour de 700Hz pour le **|õ|**, 900Hz pour le **|ã|** et enfin, 1400Hz pour le **|~ε|**.

3°) Les consonnes.

De la même manière, en étudiant les consonnes de la langue française, on se rend compte des différences et des similitudes qu'elles peuvent admettre entre elles.

Aussi il est intéressant de noter que, comme pour les voyelles, leurs points communs acoustiques sont liés à leurs points communs articulatoires.

A) Les occlusives.

On est en présence d'une consonne occlusive lorsque l'on constate un silence puis une barre d'explosion sur le sonagramme. Leurs différences sont dues à leur lieu d'articulation.

a) Les occlusives bilabiales. (|p|** / **|b|**)**

Le **|p|** et le **|b|** ont en commun une barre d'explosion diffuse descendante vers 500Hz cependant on distingue le **|p|** du **|b|** par la barre de voisement de ce dernier.

b) Les occlusives alvéolaires. ([t] / [d])

Elles se ressemblent par une barre d'explosion intense et diffuse qui a tendance à monter. En revanche c'est la barre de voisement du **[d]** qui le différencie du **[t]**.

c) Les occlusives palatales. ([k] / [g])

Leur point commun est une barre d'explosion intense et compacte, c'est encore la barre de voisement du **[g]** qui différencie le **[k]** et le **[g]**.

Remarquons que l'on aurait aussi pu classer les consonnes occlusives selon leur présence ou non de barre de voisement que possèdent le **[b]**, le **[d]** et le **[g]**. Dans ce cas on pourrait différencier ces dernières par un renforcement fréquentiel propre à chacune d'elle comme le montre l'acougramme phonétique de Suzanne BOREL-MAISONNY.

En effet, le **[b]** admet un renforcement autour de 1000Hz, différent de celui du **[d]** qui se situe aux alentours de 1300Hz. Enfin on peut constater que le spectre du **[g]** se trouve renforcé vers 1600Hz.

B) Les fricatives.

Comme leur nom l'indique, elles sont décelables par leur bruit de friction. Dans la langue française elles sont au nombre de six. Nous les classerons par leur lieu d'articulation.

a) Les fricatives alvéolaires. (|s| / |z|)

On constate sur le sonagramme un pic de turbulence de forte intensité sur une zone de 4000 à 8000Hz. Néanmoins le phonème |z| admet une barre de voisement contrairement au |s|.

b) Les fricatives post-alvéolaires. (|ʃ| / |ʒ|)

Le pôle de friction s'étend de 2500Hz à environ 7000Hz. Il est de moyenne intensité. Cependant le voisement du |ʒ| le différencie du |ʃ|.

c) Les fricatives labiodentales. (|f| / |v|)

Dans le cas de ces deux phonèmes, on constate une friction de faible intensité à partir de 2000Hz jusqu'à environ 8000Hz. Ici, c'est le |v| qui possède une barre de voisement.

C) Les sonnantes.

Elles se caractérisent par une structure formantique.

a) Les consonnes liquides. (|l| / |R|)

Elles regroupent le |l| alvéolaire du |R| vélaire. Le |l| est caractérisé par un champ fréquentiel diffus de 200Hz à 1000Hz. Il possède une barre de voisement.

Le |R| se distingue par son intensité globale assez faible, une barre de voisement et un renforcement fréquentiel autour de 800Hz.

b) Les consonnes nasales. (|m| / |n| / |ɲ|)

Elles ont pour point commun une barre de voisement très marquée. Le **|m|** admet un premier formant autour de 300Hz et un second formant situé vers 1300Hz. Il est peu différent du **|n|** qui voit ses renforcements fréquentiels autour de 350Hz et 1100Hz. Enfin le **|ɲ|** possède un premier formant axé sur 350Hz et un second aux alentours de 1000Hz.

D) Les semi-consonnes. (|j| / |ɥ| / |w|)

Elles sont caractérisées par un premier formant autour de 300Hz. Le **|j|**, le **|ɥ|**, et le **|w|**, se distinguent par leur second formant.

Celui du **|j|** est situé autour de 2100Hz, dans le cas du **|ɥ|**, on le constate vers 1600Hz, enfin pour le **|w|** on peut le remarquer aux alentours de 600Hz.

Partie III : Protocole expérimental

et résultats.

1°) Matériels et méthodes.

Le but de cette étude est d'analyser les confusions phonétiques commises par des personnes malentendantes afin de proposer une méthode de réglage prothétique, puis de mettre en évidence un éventuel bénéfice apporté par l'appareillage auditif. Pour cela, il est nécessaire d'effectuer des tests avant appareillage, de les analyser et enfin de les comparer avec des tests réalisés avec appareils.

1°) Protocole expérimental.

Un protocole expérimental rigoureux a été mis au point afin de tester des patients sélectionnés selon leur degré de surdité. Dans le but d'obtenir des résultats comparables les uns des autres, l'échantillon choisi a été sélectionné selon plusieurs critères :

- Les patients admettent un âge sensiblement identique, ils sont âgés de 66 à 73 ans.
- Les sujets souffrent d'une surdité moyenne de type presbycusie avec des fréquences graves mieux conservées que les fréquences aiguës.
- Pour chacun des patients, il s'agit d'un renouvellement d'un primo appareillage effectué 4 à 6 ans plus tôt.

Les sujets ont été testés grâce aux listes de logatomes de Léon DODELE afin d'analyser leurs confusions phonétiques. L'intérêt de ces listes est qu'elles sont constituées de mots sans signification ce qui empêche toute suppléance mentale, et permettant ainsi de travailler phonème par phonème.

Afin d'obtenir des résultats reproductibles il est nécessaire de se servir de listes enregistrées.

Les tests ont été effectués en champ libre dans une cabine insonorisée. Une seule oreille est testée, l'oreille controlatérale étant bouchée avec de la pâte à empreinte et un casque audiométrique.

La passation des tests est la suivante : le patient est placé à un mètre en face d'un haut parleur par lequel sont émises les listes de logatomes avec une oreille bouchée comme expliqué précédemment. Les tests sont effectués au confort vocal du sujet testé.

Le patient répète alors les mots perçus. Il est nécessaire de bien expliquer le déroulement du test et d'insister sur le fait que ce sont des mots sans signification qui sont émis.

Le testeur barre alors les phonèmes erronés et note avec quels phonèmes ils ont été confondus.

La même opération est ensuite effectuée sur l'oreille controlatérale.

Après avoir analysé les confusions observées, un appareil auditif est alors mis en place. Le réglage sera dépendant des erreurs commises par le sujet.

Chaque oreille appareillée sera alors testée l'une après l'autre selon la même méthode.

La durée du test est d'environ une demi-heure à trois quarts d'heure.

Cette étude a été réalisée sur un total de 13 patients.

II°) Résultats et statistiques.

Les confusions commises par les sujets seront tout d'abord présentées.

Pour cela, le pourcentage de phonèmes mal perçus suite aux tests de DODELE sera recensé. Les résultats sont présentés dans le tableau suivant.

	Confusions O.G (%)	Confusions O.D (%)
Patient n°1	34	32
Patient n°2	19	27
Patient n°3	55	38
Patient n°4	50	44
Patient n°5	28	24
Patient n°6	28	38
Patient n°7	42	28
Patient n°8	30	26
Patient n°9	24	32
Patient n°10	22	27
Patient n°11	33	31
Patient n°12	29	17
Patient n°13	22	20
Moyenne	32	30

Pourcentage de confusions phonétiques sans appareils.

Un pourcentage d'erreur de 32% sur l'oreille gauche et d'environ 30% pour l'oreille droite est constaté lors des tests effectués oreille nue.

Le pourcentage de confusions phonétiques effectuées après appareillage est maintenant abordé.

	Confusions O.G (%)	Confusions O.D (%)
Patient n°1	12	11
Patient n°2	7	16
Patient n°3	25	10
Patient n°4	30	16
Patient n°5	12	12
Patient n°6	28	38
Patient n°7	19	11
Patient n°8	12	7
Patient n°9	10	12
Patient n°10	12	14
Patient n°11	11	10
Patient n°12	11	6
Patient n°13	16	12
Moyenne	16	13

Pourcentage de confusions avec appareils.

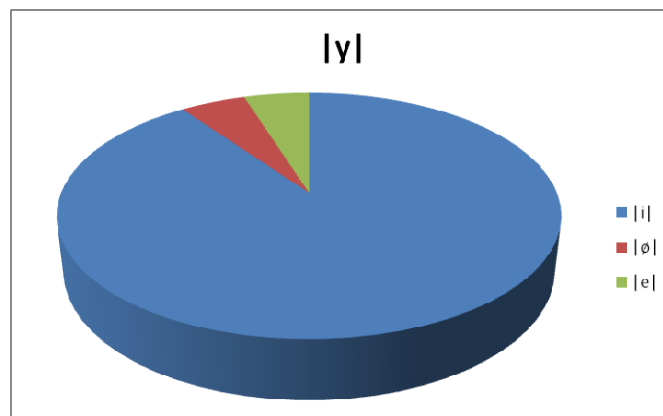
Le pourcentage de confusions de l'oreille gauche appareillée est d'un peu moins de 16%, alors que pour l'oreille droite avec appareil, ce chiffre est d'environ 13%.

- Les patients numéros 2, 6 et 13 ont été appareillés par des Phonak Certéna.
- Les patients numéros 1, 3 et 9 l'ont été grâce à des Phonak Exélia.
- Enfin tous les autres sujets ont été appareillés grâce à des Phonak Versàta.

Les confusions phonétiques vont maintenant être étudiées de manière plus précise. Pour cela il est nécessaire de mettre en évidence avec quels phonèmes, les phonèmes originaux sont confondus

a) **Analyse des confusions des voyelles.**

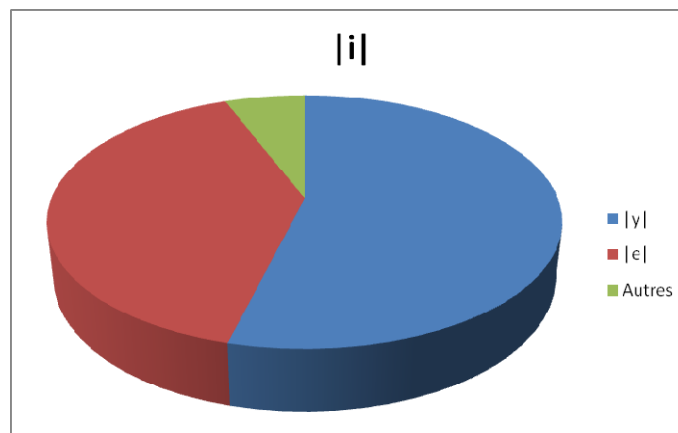
- **Le phonème |y|**



Confusions du phonème |y|

Le phonème |y| est remplacé dans 90% des cas par le phonème |i|, 5% par le phonème |ø| et 5% par le phonème |e|

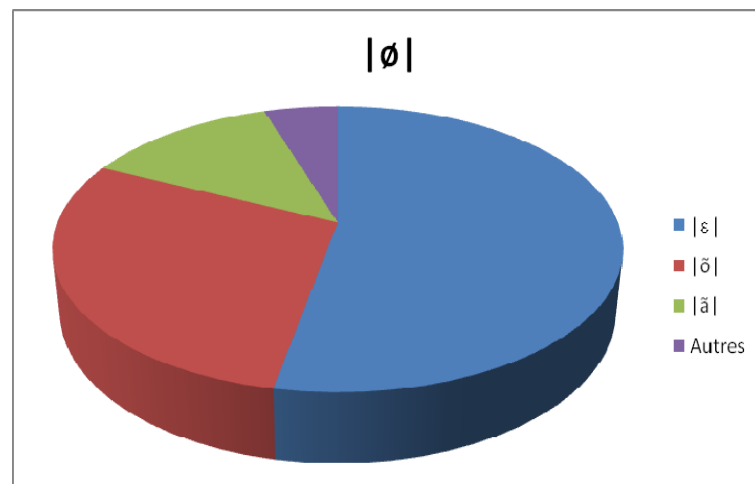
- Le phonème |i|



Confusions du phonème |i|

Le phonème |i| est remplacé dans 54% des cas par un |y|, dans 40% des cas par un |e| et 6% par un autre phonème.

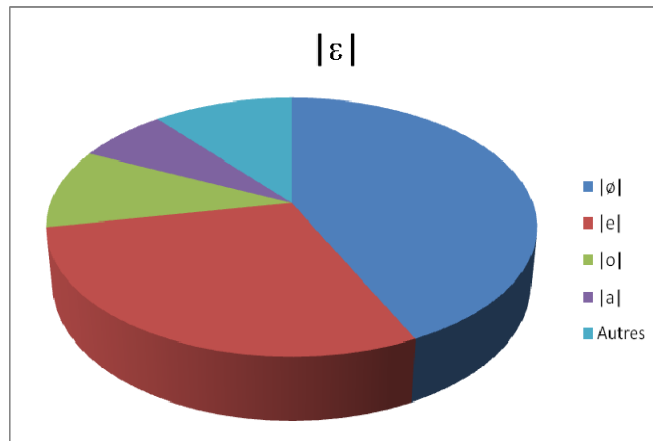
- Le phonème |ø|



Confusions du phonème |ø|

Le phonème |ø| est confondu avec le phonème |ɛ| dans 53 % des cas, |õ| dans 29%, |ã| dans 13% et avec un autre phonème dans 5% des cas.

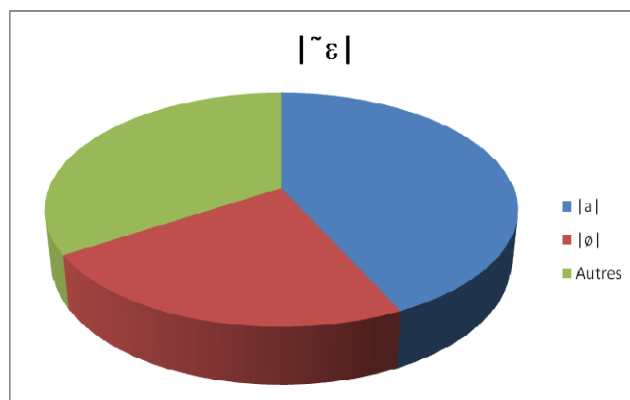
- Le phonème |ε|



Confusions du phonème |ε|

Le phonème |ε| est remplacé dans 43% du temps par le phonème |ø|, 29% par le |e|, 10% par le |o|, 7% par le |a| et 11% du temps par un autre phonème.

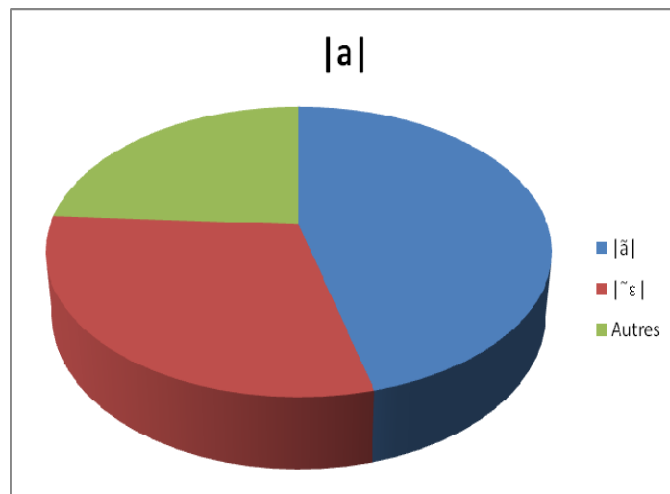
- Le phonème |~ε|



Confusions du phonème |~ε|

Le phonème est remplacé dans 43% des cas par le phonème |a|, 23% par le |ø|, dans 34% par un autre phonème.

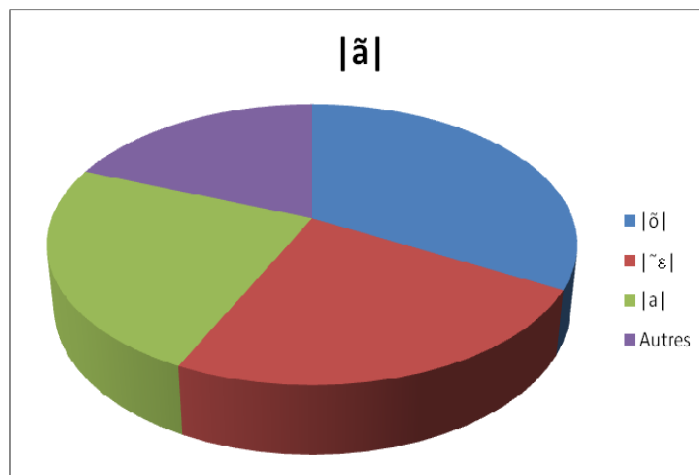
- **Le phonème |a|**



Confusions du phonème |a|

Le phonème **|a|** est perçu dans 46% des confusions comme un **|ã|**, dans 30% des cas par le phonème **|~ε|**, et par un autre phonème dans 24% des cas.

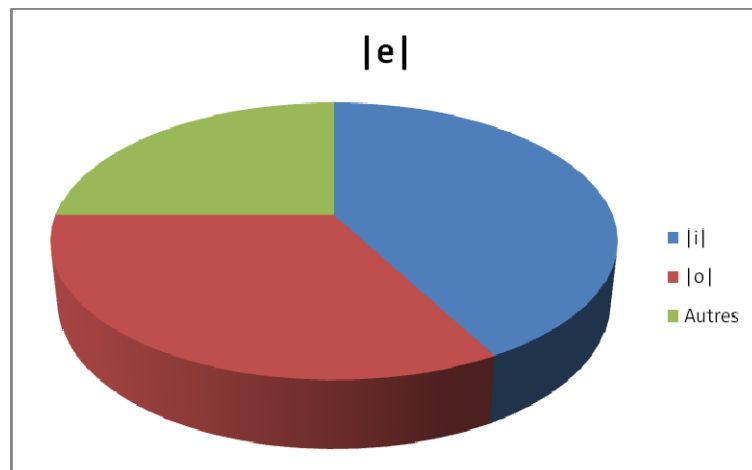
- **Le phonème |ã|**



Confusions du phonème |ã|

Dans 33% des cas le phonème **|ã|** est remplacé par un **|õ|**, 24% par un **|~ε|**, 24% par un **|a|**, et 19% par un autre phonème.

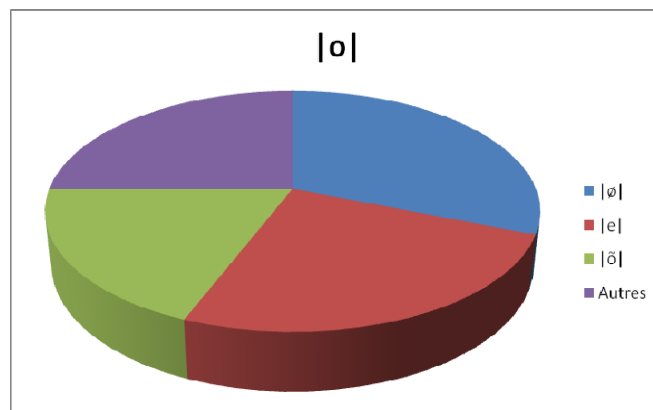
- **Le phonème |e|**



Confusions du phonème |e|

Le phonème **|e|** est remplacé dans 42% des confusions par un **|i|**, 33% des cas par le phonème **|o|**, et 25% du temps par un autre phonème.

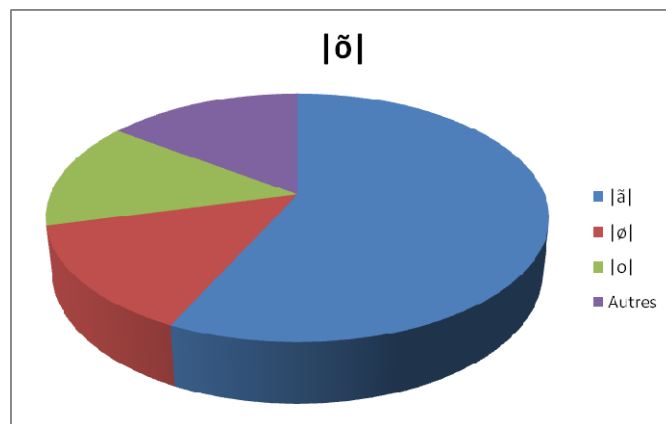
- **Le phonème |o|**



Confusions du phonème |o|

Le phonème **|o|** est remplacé 31% du temps par le phonème **|ø|**, 25% par le **|e|**, dans 19% des cas par le phonème **|õ|** et par un autre phonème dans 25 % des confusions.

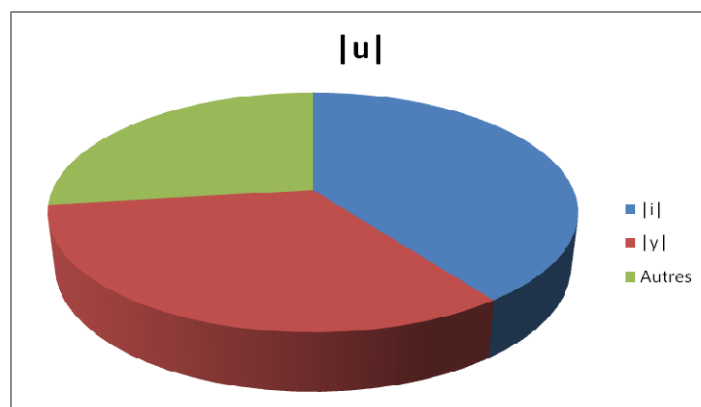
- Le phonème |õ|



Confusions du phonème |õ|

Le phonème |õ| est confondu dans 57% des cas avec le phonème |ø|, 14% avec le |ã|, 14% avec le |o|, et 15% avec un autre phonème.

- Le phonème |u|

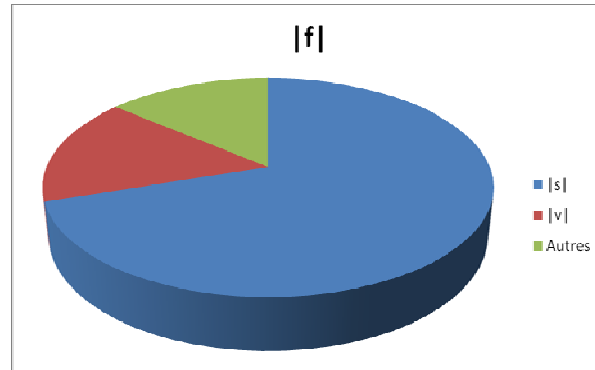


Confusions du phonème |u|

Le phonème |u| est perçu dans 40% des confusions comme le phonème |i|, 33% comme le |y|, et dans 27% des cas comme un autre phonème.

b) Analyse des confusions des consonnes.

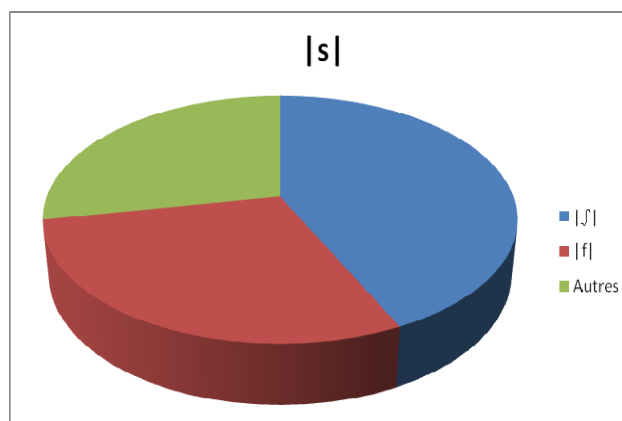
- Le phonème [f]



Confusions du phonème [f].

Dans 70% des confusions, le phonème **[f]** est remplacé par un **[s]**, 16% par un **[v]**, et 14% par un autre phonème.

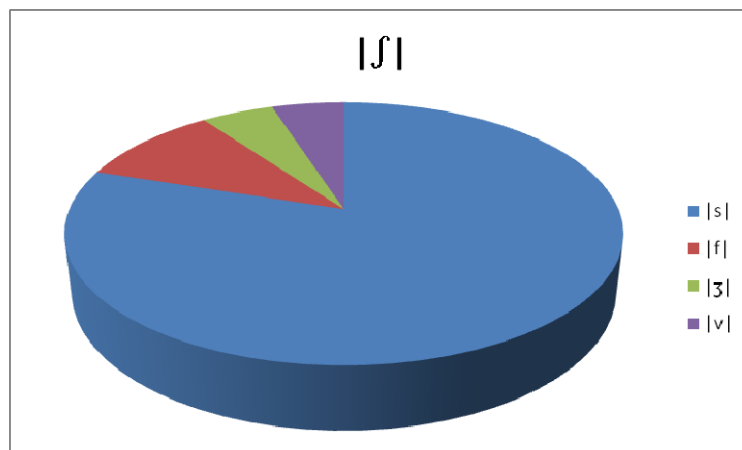
- Le phonème [s]



Confusions du phonème [s].

Dans 43% des cas le phonème perçu est un **[ʃ]**, il s'agit d'un **[f]** dans 29% des confusions, et d'un autre phonème dans 28% des cas.

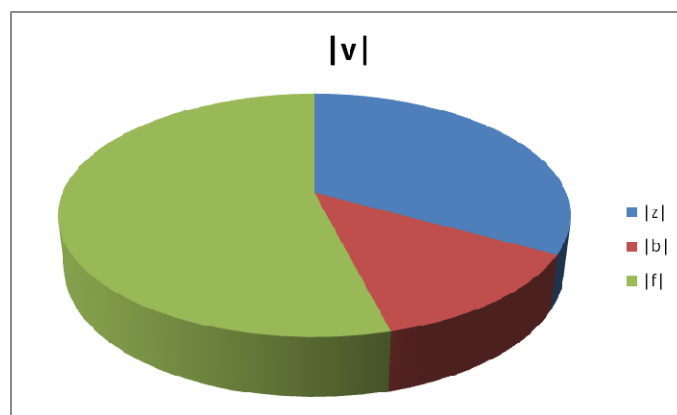
- Le phonème |ʃ|



Les confusions du phonème |ʃ|.

Le |ʃ| est confondu 80% du temps avec un |s|, 10% avec un |f|, 5% avec un |ʒ| et 5% avec un |v|.

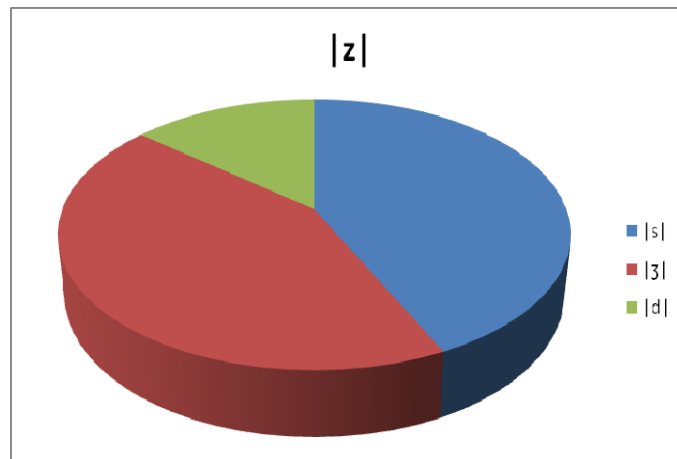
- Le phonème |v|



Les confusions du phonème |v|.

Ce phonème est remplacé dans 54 % des confusions par un |f|, 33% par un |z| et 13% par un |b|

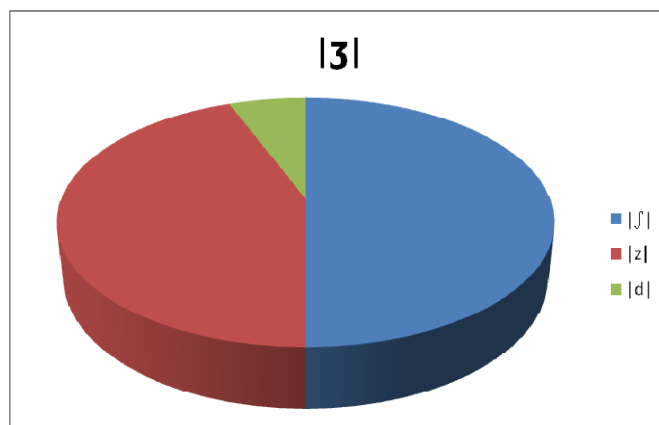
- Le phonème |z|



Confusions du phonème |z|.

Dans 43% des cas le **|z|** est confondu avec un **|s|**, 43% avec un **|ʒ|** et 14% avec un **|d|**.

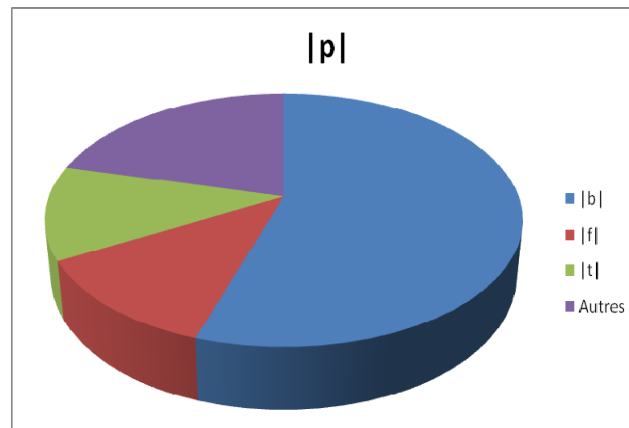
- Le phonème |ʒ|



Confusions du phonème |ʒ|.

Dans une confusion sur deux le phonème perçu est un **|ʃ|**, pour 44% des cas il s'agit d'un **|z|** et 6% d'un **|d|**.

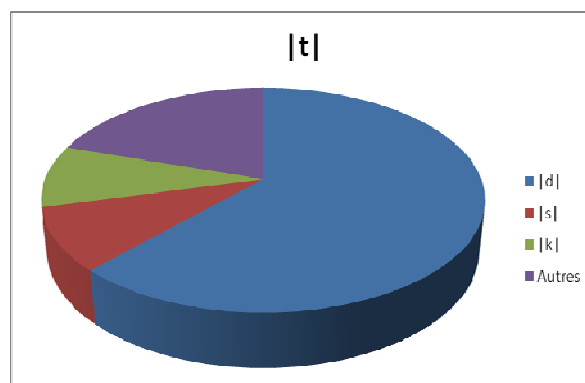
- **Le phonème [p]**



Confusions du phonème [p].

Le phonème **[p]** est perçu comme un **[b]** dans 55% des erreurs, comme un **[f]** 12% des cas, 12% comme un **[t]**, et 21% du temps comme un autre phonème.

- **Le phonème [t]**



Confusions du phonème [t].

Le phonème **[t]** est remplacé dans 62% des cas par un **[d]**, 9% par un **[s]**, 9% par un **[k]** et 20% par un autre phonème.

Partie IV : Discussion

Les confusions phonétiques effectuées par nos sujets vont maintenant être analysées. Pour cela il est utile de s'intéresser aux inversions phonémiques, en cherchant les points communs et les différences entre le phonème envoyé lors du test et le phonème mal perçu par le patient. L'aspect fréquentiel de ces confusions sera étudié grâce aux analyses spectrales effectuées dans la partie II. Une méthode de réglage prothétique sera ensuite proposée afin de minimiser ce risque de confusions.

Les résultats montrent que la grande majorité des phonèmes perçus par les patients est très proche du phonème envoyé lors du test. De manière générale, ces phonèmes ne diffèrent que par un seul trait distinctif.

I°) Les voyelles.

Dans le cas des voyelles, l'analyse des confusions montre que, le phonème confondu diffère du phonème testé par un seul des deux premiers formants.

Il est intéressant de regrouper ces erreurs selon que les phonèmes aient leur premier ou leur second formant en commun.

- Intéressons-nous tout d'abord aux phonèmes confondus ayant leur premier formant commun avec le phonème testé :

- Le phonème **[y]** est perçu comme un **[i]** dans 90% des confusions phonétiques.
- Dans le cas du phonème **[i]**, il est remplacé dans 54% des confusions par un **[y]**.
- Le phonème **[u]** est perçu dans 40% des confusions par un **[i]**, et dans 33% par un **[y]**.

→ Ces trois phonèmes admettent un premier formant d'une valeur d'environ 250Hz.

- Le phonème **[ø]** est en majorité confondu avec les phonèmes **[ɛ]**, **[õ]** et **[ã]**.
- Le phonème **[~ɛ]** est perçu dans la plupart des confusions comme un **[a]** ou un **[ø]**.
- Le phonème **[a]** est principalement confondu avec les phonèmes **[ã]** et **[~ɛ]**.
- Le phonème **[ã]** est très souvent confondu avec les phonèmes **[õ]**, **[~ɛ]** et **[a]**.
- Le phonème **[õ]** est majoritairement confondu avec un **[ã]**.

→ Dans ces cas, l'analyse spectrale indique un premier formant situé dans une zone fréquentielle proche de 600Hz.

- Le phonème **|ɛ|** est confondu en majorité avec le phonème **|ø|** et avec le **|e|**.

→ Dans ces cas, le spectrogramme montre un premier formant d'une valeur de 550Hz.

Les résultats indiquent que les confusions phonétiques commises par les patients testés sont dues à une mauvaise discrimination du second formant. Une méthode de réglage axée sur une amplification de la zone fréquentielle correspondant au second formant est mise en place. Elle permet de faire émerger ce second formant et donc de permettre une meilleure discrimination du phonème.

Selon le phonème mal interprété l'amplification sera orientée sur une zone fréquentielle précise.

→ 1800Hz pour le **|y|** et le **|ɛ|**

→ 2100Hz pour le **|i|**

→ 1500Hz pour le **|ø|**

→ 1400Hz pour le **|~ɛ|**

→ 1250 Hz pour le **|a|**

→ 900Hz pour le **|ã|**

→ 800Hz pour le **|u|**

→ 700 Hz pour le **|õ|**

- Nous allons maintenant étudier les phonèmes ayant leur deuxième formant en commun avec le phonème testé.
- Le phonème **|i|** est perçu dans 40% des erreurs comme le phonème **|e|**.
- Dans le cas du phonème **|e|**, on note une majorité de confusions avec le phonème **|i|**.
- Le phonème **|ɛ|** est souvent confondu avec le phonème **|e|**.

L'analyse spectrale indique que ces trois phonèmes admettent leur second formant dans une zone fréquentielle proche de 2000Hz.

Dans ces cas là, c'est le second formant qui est commun aux différents phonèmes. L'amplification prothétique sera alors centrée sur le premier formant du phonème mal perçu.

L'amplification sera dépendante du phonème erroné et sera particulièrement importante sur les zones fréquentielles suivantes.

→ 250Hz pour le **|i|**

→ 550Hz pour le **|ɛ|**

→ 400Hz pour le **|e|**

II°) Les consonnes.

De même, dans le cas des consonnes, il est intéressant de constater les points communs et les différences qu'il peut y avoir entre le phonème testé et le phonème perçu par les patients. Comme pour les voyelles, les phonèmes erronés diffèrent souvent du phonème testé par un seul trait caractéristique. Il est possible de les regrouper selon que l'erreur provienne :

- Du lieu d'articulation.
- Du voisement éventuel.
- Tout d'abord, nous allons nous intéresser aux phonèmes qui diffèrent par le voisement.
- Dans 16% des confusions, le **|f|** est perçu comme un **|v|**.
- Il arrive que le phonème **|ʃ|** soit confondu par un **|ʒ|**.
- Dans 55% des confusions, le **|p|** est remplacé par un **|b|**.
- Dans la majorité des confusions, le **|t|** est perçu comme un **|d|**.

Dans ces cas, les erreurs proviennent du fait que le voisement ne devrait pas être perçu. Il est donc très important de réduire l'amplification sur les basses fréquences. En effet cette zone fréquentielle est caractéristique du voisement.

- Le phonème **|v|** est perçu pour 54% des confusions comme un **|f|**.
- Le **|z|** est principalement confondu avec le phonème **|s|**.
- Dans un cas sur deux, le **|ʒ|** est confondu avec un **|ʃ|**.

En revanche, dans ces confusions, le voisement devrait être perçu mais ne l'est pas. Il est donc nécessaire d'augmenter l'amplification sur les fréquences graves afin de minimiser le risque de confusions.

- Nous allons maintenant analyser les confusions phonétiques dans le cas où les phonèmes diffèrent par leur lieu d'articulation.

→Les fricatives alvéolaires.

- Dans 43% des confusions, le **|s|** est perçu comme un **|ʃ|**.
- Dans 27% des cas le **|s|** est confondu par un **|f|**.
- Le **|z|** est principalement confondu avec le phonème **|ʒ|**.

Dans le cas du **|s|** et du **|z|**, on constate sur le sonagramme un pic de turbulence de forte intensité sur une zone de 4000 à 8000Hz.

En revanche, pour le **|ʒ|** et le **|ʃ|** le sonagramme indique une zone de friction de moyenne intensité de 2500Hz à 7000Hz.

Le phonème **|f|** se caractérise par une friction de faible intensité de 2000Hz à 8000Hz.

→Dans ces cas la zone de 4000Hz à 8000Hz semble ne pas assez émerger. Il est important d'appliquer une amplification suffisante sur cette plage fréquentielle.

→Les fricatives post-alvéolaires.

- Le phonème **|ʃ|** est fréquemment confondu avec un **|s|**.
- Dans 44% des cas, le phonème **|ʒ|** est perçu comme un **|z|**.

Contrairement aux cas précédents, ici la zone située entre 4000Hz et 8000Hz émerge de manière trop importante.

→ Il est important de ne pas trop amplifier cette zone fréquentielle, afin qu'elle émerge moins par rapport au reste du spectre.

→ **Les fricatives labiodentales**

- Le [f] est majoritairement confondu avec le phonème [s].
- Dans 33% des cas, le [v] est confondu avec un [z].

De même, la zone située entre 4000Hz et 8000Hz semble surreprésentée par rapport au reste du spectre.

→ Il est important de limiter l'amplification sur cette plage fréquentielle.

Nous allons maintenant nous intéresser à l'éventuelle amélioration induite par cette méthode d'appareillage.

Pour l'oreille gauche, nous constatons un pourcentage de confusions oreille nue de 33%, ce chiffre est d'environ 30% pour l'oreille droite.

Les tests effectués mettent en évidence un pourcentage de confusions oreille appareillée de 16% en moyenne pour l'oreille gauche, et de 13% pour l'oreille droite.

On constate donc un bénéfice de 17% pour l'oreille gauche et de 17% pour l'oreille droite.

Chez les patients appareillés par des Phonak Certéna, on constate une amélioration moyenne de l'intelligibilité de l'ordre de 6%.

Dans le cas des sujets appareillés par des Phonak Exélia, cette amélioration atteint environ 23%.

Enfin, pour les personnes appareillées avec des Phonak Versàta, l'amélioration est de 18%.

Or, on sait que ces trois appareils se distinguent les uns des autres par leur nombre de canaux de réglage. On dispose de :

- 6 canaux sur le Phonak Certéna.
- 16 canaux sur le Phonak Versàta.
- 20 canaux sur le Phonak Exélia.

On constate que plus le nombre de canaux de réglages à notre disposition est important plus l'amélioration de l'intelligibilité est conséquente. Ceci rejoint le mémoire d' Amélien DEBES sur « L'utilité d'un système multicanal dans la correction des confusions phonétiques ».

Cependant, il faut noter que le faible nombre de patients ayant subi ces tests ne permet pas d'extrapoler ces résultats à une population plus importante.

Aussi, la longueur de la passation des tests peut provoquer une fatigue des sujets. Il est très probable que les résultats soient moins fiables en fin de tests qu'au début.

De plus, nous avons seulement étudié l'aspect fréquentiel des phonèmes sans tenir compte, ni de l'aspect temporel, ni du masquage que les phonèmes peuvent induire les uns sur les autres.

▣ CONCLUSION

Le but de cette étude était de mettre en évidence une éventuelle corrélation entre la perte auditive et les confusions phonétiques effectuées par les personnes malentendantes.

Aussi, il semblait important de rechercher si une méthode de réglage prothétique pouvait être proposée en fonction de la nature des erreurs observées.

Nous avons pu nous rendre compte, en analysant ces confusions sur le plan fréquentiel, que pour la grande majorité des erreurs, le phonème perçu par le patient est très proche du phonème testé. Bien souvent ils ne diffèrent que par un seul trait distinctif. C'est pourquoi nous avons axé nos réglages sur ce trait distinctif afin de le faire émerger. Nous avons pu constater une meilleure discrimination des logatomes de la part de nos sujets après appareillage auditif.

Il est important de se rendre compte que l'intérêt d'un appareillage auditif n'est pas simplement de permettre au patient de mieux entendre, mais surtout de mieux comprendre. C'est pourquoi il me semble évident que l'audioprothèse et la phonétique sont deux disciplines extrêmement liées.

Cependant il ne faut pas perdre de vue que lors de ce travail, seul l'aspect fréquentiel a été pris en compte, or il serait très intéressant de s'intéresser au côté temporel. Aussi, le rôle de la transition formantique représente un biais à cette étude. Il serait important de s'y intéresser dans un travail futur...

Maître de mémoire :

Gilles CARDOT

VU et PERMIS D'IMPRIMER

LYON, le 8 octobre 2010

Le directeur délégué à l'Enseignement :

Gérald KALFOUN

BIBLIOGRAPHIE :

-BERAHA Jean-Paul : Recherche de la pertinence des indices acoustiques de la parole chez le malentendant appareillé. Bulletin d'audiophonologie n°5, audioprothèse et perception. 1978.

-BOURJALT Alain : Contribution à une approche progressive des fondements de l'analyse spectrale. Bulletin d'audiophonologie. 1980.

-COLLEGE NATIONAL D'AUDIOPROTHESE : Précis d'audioprothèse, Tome 1 : L'appareillage de l'adulte. Le bilan d'orientation prothétique. Les éditions du collège national d'audioprothèse. 1997.

-COLLEGE NATIONAL D'AUDIOPROTHESE : Précis d'audioprothèse, Production, phonétique acoustique et perception de la parole. Masson. 2008.

-DEBES Amélien : Utilité d'un système multicanal dans la correction des confusions phonétiques. Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme d'audioprothésiste à Lyon. 2004.

-GOUDON M. : Le test phonétique et la détermination de la prothèse auditive. Bulletin d'audiophonologie, parole et prothèse. Volume 2, n°6 ; 1^{ère} partie. 1972

-LAFON Jean-Claude : L'audition des sons et de la parole. La compensation dans les prothèses auditives. Bulletin d'audiophonologie. Volume 11, n°5. 1980.

-LAFON Jean-Claude : La parole et l'amplification compensée. Textes des journées d'audiophonologie. Septembre 1977.

-LAFON Jean-Claude : Eléments de message et phonétique. Bulletin d'audiophonologie n°2. 1972.

-LEHMANN R. : Les appareils de correction auditive, normes et mesures des caractéristiques. Bulletin d'audiophonologie. Volume 2, n°6. 1972.

-PERRIN Emmanuel : Traitement du signal de parole. Cours donné en seconde année d'audioprothèse. 2008.

-PORTMANN M. ; PORTMANN C. : Précis d'audiométrie clinique. Masson. 1988.

- www.college-nat-audio.fr/fichiers/img97a.pdf

- <http://www.linguistes.com/phonetique/phon.html>