



HAL
open science

Intérêt d'un test d'audiométrie vocale adapté à chaque patient

Laura Metzger

► **To cite this version:**

Laura Metzger. Intérêt d'un test d'audiométrie vocale adapté à chaque patient. Médecine humaine et pathologie. 2015. hal-01825830

HAL Id: hal-01825830

<https://hal.univ-lorraine.fr/hal-01825830>

Submitted on 28 Jun 2018

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

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



AVERTISSEMENT

Ce document est le fruit d'un long travail approuvé par le jury de soutenance et mis à disposition de l'ensemble de la communauté universitaire élargie.

Il est soumis à la propriété intellectuelle de l'auteur. Ceci implique une obligation de citation et de référencement lors de l'utilisation de ce document.

D'autre part, toute contrefaçon, plagiat, reproduction illicite encourt une poursuite pénale.

Contact : ddoc-memoires-contact@univ-lorraine.fr

LIENS

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 122. 4

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 335.2- L 335.10

http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg_droi.php

<http://www.culture.gouv.fr/culture/infos-pratiques/droits/protection.htm>



**UNIVERSITÉ
DE LORRAINE**



**FACULTÉ
DE PHARMACIE**

Intérêt d'un test d'audiométrie vocale adapté à chaque patient

**Mémoire en vue de l'obtention du Diplôme
d'Etat d'Audioprothésiste**

METZGER Laura

Année 2015

Remerciements

Je tiens dans ce mémoire, à remercier toutes les personnes qui m'ont aidée de près ou de loin, à son élaboration.

Tout d'abord, ma maîtresse de stage, Madame Catherine CROUZIER qui m'a beaucoup aidée et appris durant les 4 mois de stage. Un grand merci à toutes les assistantes des centres Amplifon Strasbourg et Saverne, et plus particulièrement à Nathalie qui m'a beaucoup aidée durant mes tests.

Merci également à Anthony ARRIGONI, audioprothésiste, pour ses conseils avisés.

Je remercie également chaleureusement, Monsieur Joël DUCOURNEAU pour tous ces conseils précieux, pour le prêt de matériel pour ce mémoire et pour avoir été pendant ces trois années, notre mentor et notre soutien à tous.

Je remercie également Madame Anne BONNEAU, phonéticienne et notre professeur de Phonétique pour avoir pris le temps de répondre à mes nombreuses questions.

Je voudrais également remercier Madame LUCCI, orthophoniste, pour m'avoir donnée tous ces conseils et toutes les astuces qu'elle utilise avec ses patients.

Un grand merci à toutes les bibliothécaires de la Bibliothèque de Pharmacie de NANCY, pour m'avoir trouvée mes sources dans toute la France.

Enfin, je remercie toute ma famille et mes amis, pour m'avoir soutenue et encouragée pendant l'élaboration et la rédaction de ce mémoire.

Un petit clin d'œil à Florent, merci pour tout...

Sommaire

Introduction	1
Partie I Rappels : Phonétique et Phonatoire	2
I. Phonation	3
1. Les formants	4
2. Les transitions formantiques	5
II. Phonétique.....	6
1. Son unité : le phonème.....	6
2. Classification	7
3. Les traits distinctifs [1]	12
Partie II Analyse des listes	15
I. Listes [7]	16
1. Conditions des listes.....	16
2. Tests phonétiques spécifiques	19
3. Tests vocaux dans le silence.....	24
II. Les psychologies des différents groupes de patients	25
1. Les enfants.....	25
2. Les personnes presbycousiques [15]	27
3. Les personnes déficientes légères et séniles [14].....	28
III. Les outils d'analyse des listes	29
1. Ecriture SAMPA [annexe 1]	29
2. Praat	29
3. iPhocomp[20]	36
4. Distance dans la distribution.....	37
5. Répartition des phonèmes.....	37
IV. Analyse des listes [annexe 2]	37
1. Le codage	38
2. Analyse d'intensité.....	38
3. Analyse temporelle	45
4. Analyse spectrale	48
5. Difficulté des listes [annexe 3]	55
6. Répartition des phonèmes [annexe 4]	55
7. Distance dans la distribution [10].....	57
Conclusion	57

Partie III Expérimentation	58
I. Mise en place du protocole	59
1. Caractéristiques acoustiques.....	59
2. But de cette étude	60
3. Patients testés [annexe 5]	60
4. Protocole expérimental.....	61
II. Remarques quant au déroulement des tests.....	63
1. Les patients presbycousiques	63
2. Les patients enfants	64
3. Les patients déficients légers	64
III. Analyse des erreurs de prononciation.....	65
1. Listes de logatomes [annexe 6].....	66
2. Test de phrases de COMBESCURE	68
3. Tests enfants LAFON et BOREL-MAISONNY	68
4. Test de FOURNIER [annexe 6]	69
Conclusion	70
Partie IV Solutions apportées aux confusions phonétiques	72
I. Solutions orthophoniques.....	73
1. Discrimination auditive.....	73
2. Prononciation déformée	74
3. Tension / Relâchement.....	74
4. Labialité.....	74
5. Intonation et le trait grave / aigu	75
6. Durée	75
7. Position dans le mot	75
8. Entourage vocalique.....	75
9. Découpage syllabique progressif / régressif	75
10. Gestuelle du corps.....	76
11. Couleurs.....	76
12. Jeu théâtral	76
II. Solutions audioprothétiques.....	76
1. Au niveau du réglage.....	77
2. Au niveau du traitement de signal.....	78
3. Au niveau des caractéristiques acoustiques	80
Conclusion	80
Conclusion générale.....	81

Bibliographie	82
Table des illustrations.....	84
Annexes	86

Introduction

L'audiométrie vocale fait partie d'un processus essentiel dans l'appareillage d'une personne. Aujourd'hui, l'intérêt de l'audiométrie tonale prothétique est discutable dans de nombreuses études vis à vis des nouvelles technologies comme le traitement de signal. C'est pourquoi l'audiométrie vocale qui inclut de nombreux tests phonétiques équilibrés pour la plupart est devenue primordiale lors d'un appareillage audioprothétique. En effet, elle reste le test phonétique principal mais encore d'autres tests tout aussi importants sont possibles.

Pendant le bilan d'orientation prothétique, une audiométrie vocale est réalisée. Le choix prothétique est mené et une adaptation prothétique est réalisée. L'audioprothésiste prendra en compte les résultats de l'audiométrie vocale dans le choix et l'adaptation prothétique mais pas seulement. Dans certaines méthodes de choix prothétiques, l'audiométrie vocale est directement exploitée.

Aujourd'hui, l'audioprothèse et la phonétique sont deux disciplines extrêmement liées car l'intérêt d'un appareillage est de mieux entendre certes mais surtout de mieux comprendre.

Dès lors, après avoir rappelé dans un premier temps les notions de bases en phonétique et phonatoire utiles à l'audioprothésiste, on s'intéressera aux tests phonétiques qui sont plus sensiblement spécialisés pour des groupes de patients donnés, les enfants, les personnes en difficulté mentale et les presbyacousiques. On vérifiera ensuite l'équilibrage des listes utilisées dans nos tests.

En second temps, on se concentrera plus précisément sur les caractéristiques spécifiques de ces différents groupes de patients. On a choisi d'inclure les personnes presbyacousiques dans cette étude, car même si elles ne présentent pas au premier abord, une approche spécifique, elles représenteront tout de même une majorité de mes patients. Ils ne sont donc pas à exclure dans cette étude.

Enfin, mon étude expérimentale portera sur l'application des tests phonétiques spécifiques sur des patients avec des listes plus ou moins bien équilibrées définies dans ma partie équilibrage ainsi que la comparaison avec les résultats obtenus avec les listes de FOURNIER qui sont non spécifiques.

Enfin, on analysera et discutera des résultats de cette étude tout en apportant des pistes pour les recherches à venir.

Partie I Rappels : Phonétique et Phonatoire

Avant d'aborder l'étude sur les tests, revoyons tout d'abord la phonation et la phonétique

I. Phonation

Le spectre des sons émis par les organes participant à la phonation s'étend de 90Hz à 20 000Hz. Cependant, on considère que la bande de fréquences utile à la compréhension s'étend de 100Hz à 8000Hz. Le spectre de parole présente un maximum d'amplitude près de 200Hz, zone fréquentielle d'émission du fondamental laryngé.

La dynamique de la voix est de l'ordre de 40dB ; la voix chuchotée a un niveau de puissance acoustique de 45dB, la voix moyenne de 60dB, la voix forte de 70dB et la voix criée de 80dB.

La phonation est un processus moteur qui résulte de la coordination de l'activité de muscles situés à différents niveaux de l'organisme. Cette coordination s'effectue sous le contrôle du système nerveux central. Le système phonatoire est l'instrument capable de fournir les sons de la parole et de pouvoir moduler à partir d'un seul et même vibreur la fréquence, l'intensité, le timbre de la production sonore.[3]

Les sons du langage sont produits par la présence d'obstacles sur le passage d'une colonne d'air provenant en général des poumons. Le son est produit grâce à 3 types d'organes:

- Les organes respiratoires composés essentiellement des poumons et du thorax qui vont générer le flux d'air nécessaire à la phonation. Les poumons agissent comme un compresseur d'air.
- Les organes phonatoires composés des cordes vocales et du larynx qui vont moduler l'air comprimé en une source sonore, un bourdonnement. Ils sont responsables du voisement et des variations prosodiques. Ils agissent comme des oscillateurs. La fréquence fondamentale F0 correspond à la fréquence de vibration des cordes vocales. La fréquence F0 est étroitement liée à la hauteur de la voix pour les sons de la parole, ou à la note de musique.
- Les organes articulatoires composés du pharynx, de la langue, des lèvres et des cavités nasales. Ces organes permettent de mettre en forme les phonèmes en modulant les cavités de résonance. En effet, en fonction de la forme, de la longueur et du volume de la cavité, chacune des cavités va avoir une certaine fréquence de résonance. [4]

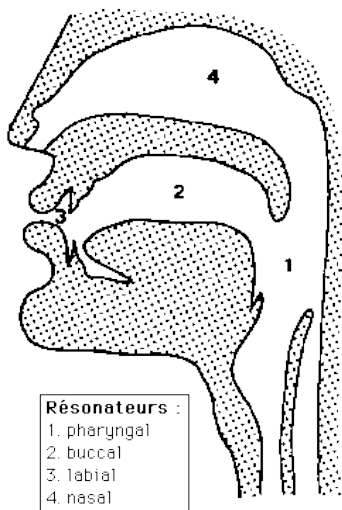


Figure 1: Coupe sagittale du conduit vocal [5]

1. Les formants

Comme cité plus haut, les formants sont des faisceaux d'harmoniques amplifiés par les fréquences de résonance du conduit vocal. Les trois premiers formants seront pour nous, nécessaires à l'identification des voyelles.

Il s'agit du grave vers l'aigu:

- du premier formant F1 produit par le pharynx;
- du second formant F2 émis par la cavité buccale; c'est principalement ce formant qui est nécessaire à l'identification des voyelles;
- du troisième formant F3 émis par le résonateur bucco-pharyngé

D'autres formants de hauteur supérieure existent, mais leur intérêt dans la compréhension de la parole semble moins pertinent.

Les fréquences F1 et F2 varient selon la configuration anatomique précise du résonateur en cause. A partir de ces deux premiers formants, on peut différencier et classer toutes les voyelles de la langue française.

Phonèmes	ou	u	i	o	eu	é	o	eu	è	â	a	on	an	un	in
Symboles	u	y	i	o	ø	e	ɔ	œ	ɛ	ɑ	a	ɔ̃	ɑ̃	œ̃	ɛ̃
F1	250	250	250	375	375	375	550	550	550	750	750	600	600	600	600
F2	750	1800	2500	750	1600	2200	950	1400	1800	1200	1350	750	950	1350	1750

Figure 2: Fréquence des formants des voyelles selon Delattre [1]

En réalité, lors des travaux de Delattre, il y a eu une petite erreur lors des recherches. En effet, le formant F2 de [i], selon lui, est à 2500Hz alors qu'en réalité il est autour de 2000Hz. Il y a eu une moyenne entre le formant F2 et F3.

On remarque aussi que les phonèmes classés de la même couleur ont un formant F1 de la même fréquence, il faudra donc être vigilant quant à la reconnaissance de ses phonèmes entre eux pour éviter toutes confusions phonétiques. C'est donc le F2, important dans ces cas, qui permettra la différenciation.

Il faut prendre des précautions vis à vis des valeurs des formants dues principalement aux facteurs inter-individus (âge, sexe) et des facteurs intra-individus (bruit ambiant, fatigue, stress).

La parole est en perpétuel mouvement : le passage d'une consonne à une voyelle s'effectue progressivement par des articulations vocaliques, les transitions.

2. Les transitions formantiques

En parole, une transition est un événement qui correspond à un changement progressif d'articulation vocalique, au passage d'une articulation vers une autre articulation. Les transitions reflètent le fait que les gestes de parole sont continus, et non saccadés. Celles des voyelles sont les plus énergétiques.

Les transitions formantiques correspondent aux mouvements des formants lors d'un changement d'articulation lors du passage d'une voyelle à une consonne et inversement: elles se manifestent par des modifications, parfois très rapides, de la fréquence des formants. Dans un contexte donné, les formants varient en périphérie mais restent relativement stables au centre.

On distingue facilement le premier formant, le deuxième et la variation phonétique. Ces transitions et leur orientation sont visibles sur un spectrogramme. Cependant, il est impossible de catégoriser parfaitement les indices acoustiques et donc de différencier de source sûre les différents phonèmes. En effet, certaines consonnes vocaliques ou voyelles peuvent subir une assimilation. Elles peuvent alors perdre leur voisement comme par exemple "absent" où le [b] devient dévoisé.

Leur direction, leur vitesse, et leur fréquence initiale ou terminale sont des indices du lieu et du mode d'articulation des consonnes. Pour simplifier, on peut considérer que la transition du premier formant indique le mode d'articulation et le voisement, et la transition du second formant indique le lieu d'articulation. En outre, la transition de F2 est souvent mal perçue. L'étude d'une syllabe entourée de deux autres permet de prendre en compte les transitions formantiques. Selon Lafon, la transition phonétique va donc modifier chacune des structures acoustiques des phonèmes. Par exemple, quand on dit [ma], on ne dit pas [m] puis [a]. [6]

Une partie de la reconnaissance des consonnes est liée aux transitions phonétiques qui dépendent de l'entourage vocalique. Les transitions formantiques sont des éléments essentiels de la reconnaissance phonétique et dans l'intelligibilité globale de la parole.

II. Phonétique

1. Son unité : le phonème

Le phonème est la plus petite unité abstraite fonctionnelle permettant de décomposer et d'identifier les signaux de parole. L'association de deux phonèmes forme une syllabe. La durée d'un phonème varie de l'un à l'autre, selon qu'il est juxtaposé ou interpénétré.

Selon Troubetzkoy, *"il y a phonème là où en remplaçant un son par un autre dans le même mot, le mot change de sens"*.

Selon Brondal, *"le phonème est un type phonémique abstrait qui est réalisable phonétiquement de façon toujours variable et jusqu'à un certain point arbitraire et qui, par conséquent n'est jamais liée à une articulation particulière et unique"*.

Il nous apparaît indispensable de présenter L'API (Alphabet Phonétique International). En français et dans l'API, un son est retranscrit par plusieurs symboles graphiques et un même symbole graphique correspond à plusieurs sons. Ainsi, en France, 36 phonèmes sont référencés:

- 16 voyelles dont 12 voyelles orales et 4 voyelles nasales,
- 17 consonnes,
- 3 semi-voyelles ou semi-consonnes[1]

Alphabet Phonétique International	
VOYELLES.	CONSONNES.
[i] <i>idée, ami</i>	[p] <i>patte, repas, cap</i>
[e] <i>ému, été</i>	[t] <i>tête, ôter, net</i>
[ɛ] <i>perdu, modèle</i>	[k] <i>carte, écaille, bec</i>
[a] <i>alarme, patte</i>	[b] <i>bête, habile, robe</i>
[ɑ] <i>bâton, pâle</i>	[d] <i>dire, rondeur, chaude</i>
[ɔ] <i>obstacle, corps</i>	[g] <i>gauche, égal, bagus</i>
[o] <i>auditeur, beau</i>	[f] <i>feu, affiche, chef</i>
[u] <i>coupable, loup</i>	[s] <i>sœur, assez, passe</i>
[y] <i>punir, élu</i>	[ʃ] <i>chanter, machine, poche</i>
[ø] <i>creuser, deux</i>	[v] <i>vent, inventer, rêve</i>
[œ] <i>malheureux, peur</i>	[z] <i>zéro, raisonner, rose</i>
[ɐ] <i>petite, fortement</i>	[ʒ] <i>jardin, manger, piège</i>
[ɛ̃] <i>peinture, matin</i>	[l] <i>long, livre, bal</i>
[ɑ̃] <i>vandardise, temps</i>	[ʀ] <i>rond, chariot, sentir</i>
[ɔ̃] <i>rondeur, bon</i>	[m] <i>madame, aimer, pomme</i>
[œ̃] <i>lundi, brun</i>	[n] <i>nous, punir, bonne</i>
	[ɲ] <i>agneau, peigner, règne</i>
SEMI-CONSONNES.	[ŋ] <i>jumping, smoking</i>
[j] <i>pitiner, briller</i>	[h] <i>halls, hop, dans une forme fortement exclamative.</i>
[w] <i>oui, fouine</i>	
[ɥ] <i>huile, nuire</i>	

Figure 3:
Alphabet
phonétique
international [2]

2. Classification

Aujourd'hui, les classifications articulatoires et acoustiques sont les plus utilisées que ce soit en audioprothèse ou phonétique. L'analyse des confusions phonétiques se fait en connaissant les traits articulatoires mais il est plus courant de comprendre les facteurs influençant les modifications phonétiques par comparaison acoustique. Certains de ces traits sont distinctifs. Par exemple, le trait nasal n'est pas distinctif pour les consonnes fricatives. Les traits distinctifs n'existent que dans une langue donnée alors que les autres traits articulatoires et acoustiques sont beaucoup plus polyvalents. Le répertoire de traits distinctifs qui a été établi par Jakobson en 1958, n'est en tous les cas pratiquement plus utilisé. On y fera cependant allusion plus loin.

2.1 Les classifications articulatoires et acoustiques [4]

Les phonèmes sont décrits soit en traits acoustiques, soit en traits articulatoires. Les traits acoustiques permettent de visualiser sur un spectrogramme les zones fréquentielles et les transitions entre chaque phonème.

a) Les voyelles

Les voyelles sont les phonèmes les plus simples à décrire en termes d'indices acoustiques car elles sont des états stationnaires. Elles ont une durée moyenne de 120 ms avec un spectre stable et global.

Leurs spectres possèdent des pics spectraux qui permettent de les distinguer entre eux, ce qui facilite grandement la reconnaissance de celles-ci.

Les voyelles sont caractérisées par des zones fréquentielles de renforcement des impulsions laryngées appelés formants.

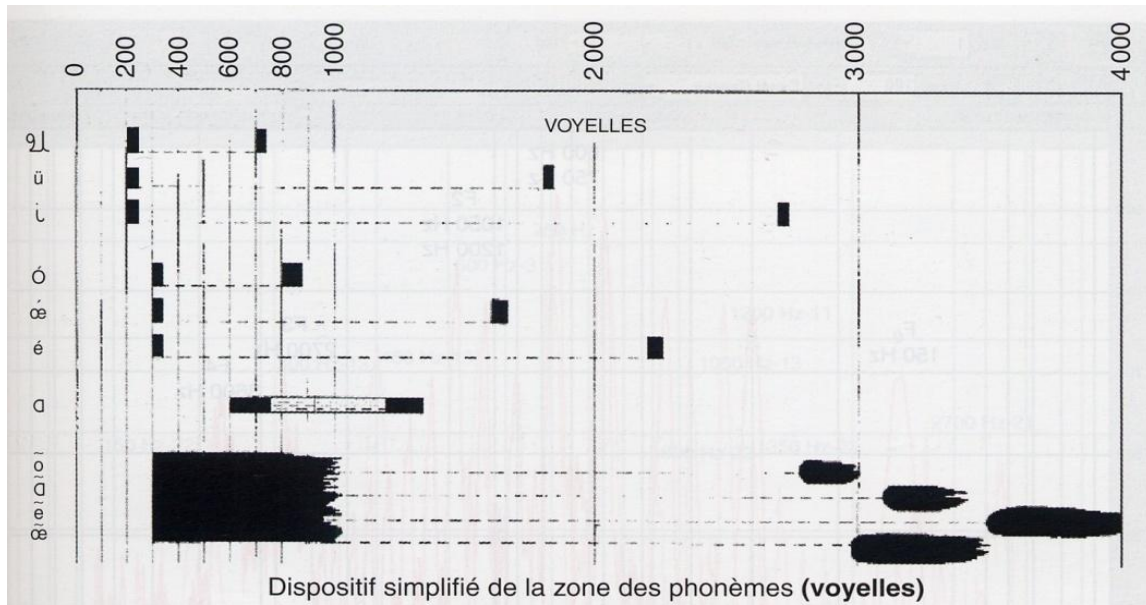


Figure 4 :
Acougramme
phonétique de Mme
Borel- Maisonny [1]

Elles sont classées selon différents critères:

- la position de la langue dans la cavité buccale; on évite de parler de lieu d'articulation pour les voyelles étant donné que la position de la langue est moins précise que pour les consonnes. On distingue les voyelles antérieures, postérieures et centrales.
- les degrés d'ouverture définis au point de constriction maximale, situés dans la cavité buccale. Les voyelles sont appelées ouvertes/mi-ouvertes, fermées/mi-fermées.
- les voyelles peuvent être arrondies ou non-arrondies; ce paramètre est déterminé par le degré de projection des lèvres vers l'avant et donc le volume de la cavité labiale.
- elles peuvent être orales ou nasales selon l'ascension ou non de la cavité nasale.

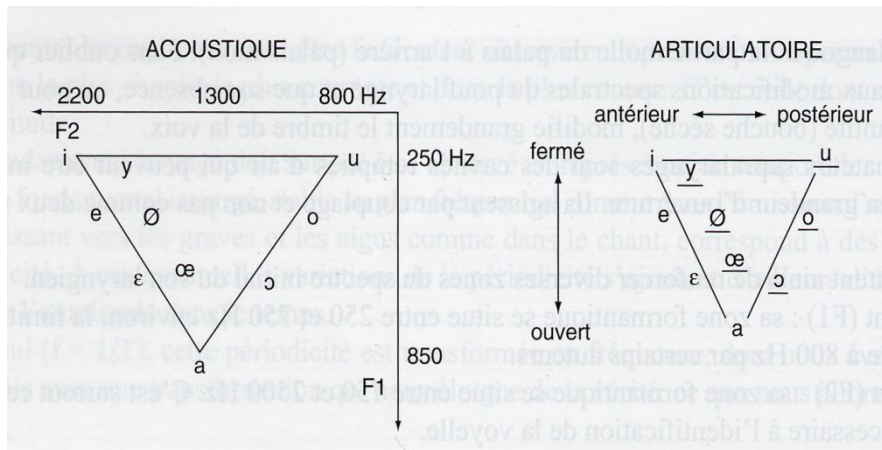


Figure 5:
Tableau
vocalique
français [1]

Plus la voyelle est fermée, plus la langue sera massée vers l'avant ou vers l'arrière. Les autres voyelles seront un peu plus centrales que les voyelles fermées.

Selon le tableau vocalique, on peut déjà déduire plusieurs informations importantes:

- les phonèmes [i], [y] et [e] sont très proches au niveau de leurs formants. En effet, les formants F1 et F2 sont très proches au niveau des fréquences, on aura alors besoin du formant F3 pour pouvoir les différencier. Ce formant est placé encore plus haut sur l'axe fréquentiel comme on pourra le voir plus tard. De plus, ils ont beaucoup d'informations acoustiques dans les fréquences aigües avec notamment le formant F2 qui se situe autour de 2000Hz. Une personne presbyacousique avec une perte à partir des fréquences 1000Hz aura donc des difficultés à percevoir ces phonèmes et pourra donc faire des confusions phonétiques.
- les phonèmes [u] et [o] ont quant à eux leurs informations formantiques vers les fréquences graves. Pour les personnes presbyacousiques, il y aura donc beaucoup moins de problèmes pour les différencier.

b) Les consonnes

Les consonnes sont des phénomènes aperiodiques caractérisés par la présence de bruit d'explosion ou de friction que l'on nomme turbulence et qui peuvent s'accompagner d'un voisement. Elles ont en général une durée variable. Elles sont peu énergétiques et leur spectre est très variable.

La distinction des consonnes est beaucoup plus complexe. Les indices acoustiques contribuant à les distinguer sont variables selon les groupes articulatoires et correspondent fréquemment à des différences spectrales fines. Les distinctions phonétiques entre les consonnes seront donc beaucoup plus affectées par le bruit.

On classe les consonnes en fonction de leur lieu d'articulation, de leur mode d'articulation, de leur voisement et de leur caractéristique oral ou nasal.

Le lieu d'articulation est le lieu de constriction maximale.

Le mode d'articulation proprement dit indique la manière dont est modifié le passage de l'air au lieu d'articulation. On va donc opposer les occlusives aux fricatives. En effet, les consonnes occlusives sont caractérisées par une interruption totale du passage de l'air suivie d'un brusque relâchement de l'articulation. Quant aux consonnes fricatives, on observera une grande constriction au lieu d'articulation qui génèrera de l'air turbulent et un bruit de friction. Les consonnes peuvent présenter un bruit de friction ou d'explosion.

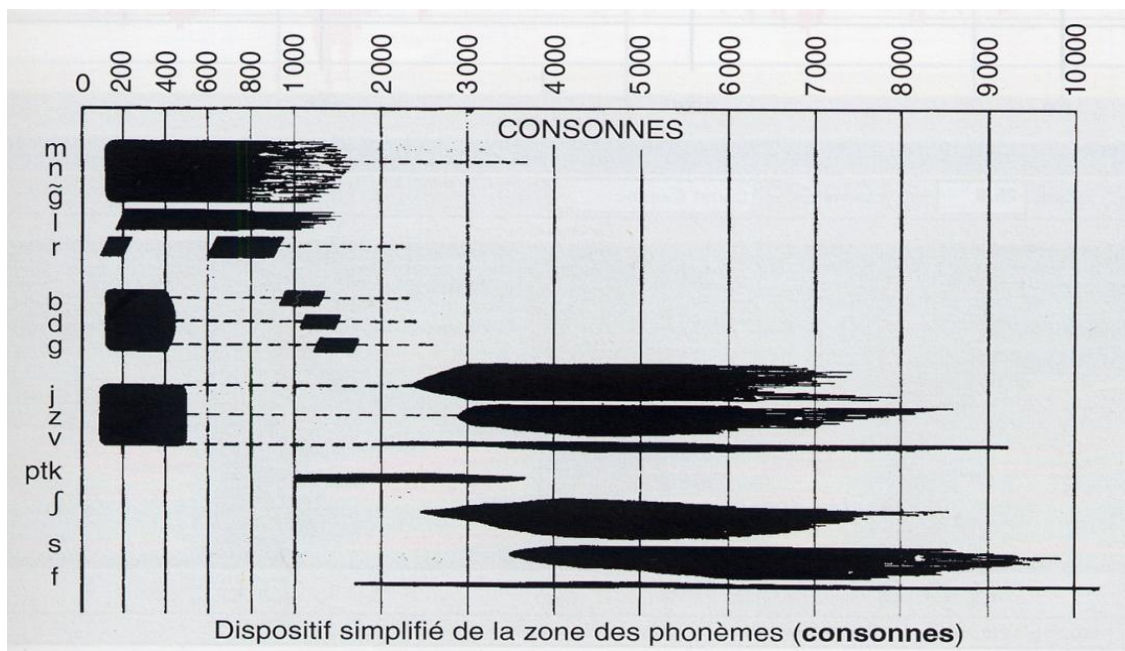


Figure 6 :
Acougramme
phonétique de Mme
Borel-Maisonny [1]

Les consonnes occlusives

Les consonnes occlusives orales caractérisent les consonnes suivantes: [p], [t], [k], [b], [d], [g].

Plusieurs indices concourent à l'identification du lieu d'articulation des consonnes occlusives. En particulier l'intensité du bruit, sa durée, ses indices spectraux et les transitions formantiques des voyelles adjacentes.

L'intensité du bruit des occlusives non voisées ([p], [t], [k]) est plus énergétique que celui des voisées ([b], [d], [g]).

La durée du bruit varie énormément selon le contexte vocalique. Pour un même contexte vocalique, les occlusives vélares seront plus longues que les labiales et les sourdes que les sonores.

Les indices spectraux nous permettent de reconnaître des consonnes sur un spectrogramme.

On admet trois types de consonnes occlusives orales qui sont classés en fonction de leur lieu d'articulation :

- **Les labiales [p], [b]**: leur articulation s'effectue les deux lèvres fermées. Le spectre du bruit est diffus et descendant ou plat : les basses fréquences (inférieures à 2500 Hz pour prendre une référence très grossière) dominant en général le spectre.

- **Les dentales [t], [d]**: lors de la prononciation, l'apex de la langue est en contact avec les dents supérieures ou alvéoles. Le spectre du bruit est diffus et montant ou plat : les hautes fréquences (supérieures à 2500 Hz) dominant généralement le spectre.

- **Les vélares [k], [g]**: le dos de la langue est en contact avec le palais mou lors de la prononciation des vélares. Le spectre tend à être compact. La fréquence du pic varie de 700-800 Hz devant [u] jusque vers 3000 Hz devant la voyelle [i].

Il existe également des consonnes occlusives nasales si l'on accepte qu'il y ait passage de l'air par le nez, [m], [n], [ɲ]. L'articulation de ces consonnes nasales est identique à celle des orales [b], [d], [g] mais le voile du palais est abaissé.

Les consonnes fricatives

Les fricatives sont représentées par : [f], [v], [s], [z], [ʃ], [ʒ].

L'indice acoustique correspondant au mode d'articulation des fricatives est la présence de bruit sur toute la durée de la consonne.

Elles peuvent être voisées ([v], [z], [ʒ]) ou non-voisées ([f], [s], [ʃ]) mais jamais nasalisées.

On classe trois types de consonnes fricatives en fonction de leur lieu d'articulation:

- **Les sifflantes [s], [z]**: La production d'une sifflante implique une forte tension linguale; un canal se creuse sur toute la longueur de la langue, et en particulier au point d'articulation, où l'air passe par une petite ouverture ronde. Les indices spectraux présents indiquent un bruit très élevé et très intense avec une limite supérieure à 8000Hz et une limite inférieure vers 3000-4000Hz.

- **Les prépalatales [ʃ], [ʒ]:** Leur articulation ressemble à celles des sifflantes mais le canal sur la langue est moins profond, et l'ouverture au point d'articulation est plus ovale. Les lèvres sont souvent arrondies ou projetées vers l'avant. Ces consonnes ont des indices spectraux assez intenses avec un bruit qui s'étend sur l'axe fréquentiel de 1000-2000Hz à 5000-6000Hz.

- **Les labiodentales [f], [v]:** la lèvre inférieure est rapprochée des incisives supérieures lors de la prononciation. Sur le spectrogramme, le bruit est très faible et étendu plutôt visible dans le bas du spectre.

Les sonnantes

Elles s'opposent aux obstruantes (occlusives et fricatives voisées ou non). On observe lors de leur production, une vibration des cordes vocales donc un voisement ainsi qu'une constriction faible.

Leur structure formantique est très visible.

Les sonnantes sont représentées par :

- **la consonne latérale [l]**

- **les différents [r]**

Le [l] a des similitudes avec les voyelles. En effet, il possède une forte énergie sur les fréquences graves et deux renforcements sur la fréquence 2000Hz. Le [r] est un phonème grave possédant une forte variabilité énergétique dans le temps.

Les semi-voyelles

Ces semi-voyelles [j], [ɥ], [w] possèdent une structure formantique proche de celles des voyelles.

La structure formantique est identique à celle des sonnantes avec un bruit faible. Du point de vue articulatoire, elles ont une petite ouverture (ouverture relative de la bouche) comme les consonnes constrictives mais possèdent des formants proches de ceux des voyelles en acoustique.

3. Les traits distinctifs [1]

Chaque phonème est caractérisé par un ensemble de traits acoustiques. On peut retenir neuf traits que l'on peut rassembler par paire. Dans une paire, on opposera les deux traits. Ainsi, un phonème oral ne pourra jamais être nasal. On peut les classer selon qu'ils sont en rapport avec la sélectivité fréquentielle ou avec l'acuité temporelle.

- Trait Grave/Aigu: Ce trait de tonalité concerne la partie haute ou basse du spectre sur l'autre. Pour les voyelles, c'est la position fréquentielle du F2 qui le contrôle. Pour les consonnes, c'est la position du bruit qui va déterminer la prévalence aigue ou grave.
- Trait Compact/Diffus: selon la concentration des principales composantes spectrales. Le trait de compacité exprime une accumulation d'énergie acoustique dans la région centrale du spectre où se regroupent les formants des voyelles compactes et se dirigent les formants des consonnes compactes.
- Trait Oral/Nasal: selon qu'il y ait ou non abaissement du voile du palais et donc une sonorité qui passe par le nez. Le trait de nasalité est caractérisé par la mise en résonance nasale. Pour les consonnes, l'opposition minimale de nasalité est entre le [n] et le [ŋ]. De nombreuses langues ne possèdent pas cette nasalité.
- Trait Continu/Discontinu: selon la continuité de la production sonore dans le temps. Une attaque qui est abrupte distingue les occlusives qui sont discontinues des fricatives qui sont continues.
- Trait Vocalique/Non vocalique: selon qu'il y ait ou non des formants. Un phonème est vocalique si sa source phonatoire est unique, périodique, de faible amortissement et d'attaque non abrupte. Les voyelles sont des cas typiques de vocalisation. Certaines consonnes peuvent aussi être vocaliques : les liquides [l] et [r].
- Trait Voisé/Non voisé: selon la présence ou non du voisement. Ce trait est caractérisé par la présence de vibration des cordes vocales qui se visualise sur le spectrogramme par la barre de voisement dans le bas de l'axe fréquentiel.
- Trait Consonantique/Non consonantique : Un phonème est consonantique si l'on constate la présence de pôles de bruit non périodique (les voyelles exclues) lié à l'obstruction de l'air de l'articulation.
- Trait Dièse/Non dièse : ce trait correspond à un déplacement vers le haut du deuxième formant.
- Trait Bémolisé/Non bémolisé : Le trait de bémolisation est un trait de tonalité : déplacement vers le bas des formants, surtout du deuxième formant F2 des voyelles ([i] devient [y]).

Les traits grave/aigu, compact/diffus, nasal/oral sont les moins bien perçus car ils sont plus dépendants de l'acuité fréquentielle, c'est à dire la perception fine de la structure fine de la parole. Les autres traits sont peu altérés. La nature de ces confusions est typique de la surdité endocochléaire.

Partie II Analyse des listes

On utilisera des listes ouvertes, c'est à dire où aucune indication n'est précisée sur les mots donnés. Il existe également des listes fermées où tous les mots sont représentés sur une planche d'images ou une liste écrite et des listes semi-ouvertes où le thème des mots énoncés est donné à l'avance.

I. Listes [7]

1. Conditions des listes

Les éléments constituant les listes doivent remplir certaines conditions :

- Les mots doivent remplir le même nombre de syllabes car l'intelligibilité varie suivant la longueur du mot. Plus le mot comprend de syllabes, plus la suppléance mentale peut jouer si quelque phonème a échappé à l'audition. En présence d'un mot partiellement entendu, le sujet devra faire un choix et essayer de reconstituer le mot en fonction de différents facteurs qui dépendent notamment de l'étendue du vocabulaire du sujet ainsi que d'un pouvoir d'adaptation rapide. Bien qu'on puisse utiliser un matériel vocal semblable à celui de l'audiométrie vocale habituelle, il est recommandé d'utiliser en général les listes monosyllabiques pour tester l'aspect qualitatif de l'intelligibilité. Le test est alors orienté vers l'analyse des erreurs phonémiques très utile pour le réglage des prothèses auditives et le suivi de l'éducation auditive et prothétique.

Soit le mot [son] : si le patient ne perçoit pas le [s] mais perçoit le [on] : il aura la possibilité entre une multitude de mots possibles pour compléter (fond, gond, rond, thon, son, front, tronc...). Si cette même syllabe fait partie d'un mot dissyllabique comme [poisson], le sujet perçoit [poi...on]. Il aura alors seulement la possibilité de choisir entre deux mots [poisson] ou [poison], soit une chance sur deux d'avoir la bonne réponse alors qu'il ne l'a pas comprise.

- Les mots ne doivent prêter aucune incidence fâcheuse. Il ne doit y avoir aucun mot à double sens.
- Les mots doivent être de prononciation fixe. Il faut éliminer les mots de prononciation double comme ognon et oignon.

- Les mots doivent faire partie du vocabulaire usuel du sujet : en effet, la notion de disponibilité du mot intervient directement dans l'intelligibilité. Le choix du patient est restreint car il aura tendance à choisir un mot faisant partie intégrante de son vocabulaire usuel, c'est à dire le mot le plus disponible pour lui. En pratique, les listes sont réalisées à partir de mots relativement simples de la vie courante, ce qui devrait éliminer en partie ce facteur.
- Les mots énoncés ne doivent pas contenir l'article étant donné que cela donne un indice sur le mot et augmente ainsi la suppléance mentale. En effet, si le patient hésite entre deux propositions de mots lors des tests et qu'un de ces mots est masculin et l'autre féminin, il va donc choisir le mot avec l'article qu'il a entendu. Il y a donc un biais quant à la réelle reconnaissance du mot.

En outre chaque liste doit à son tour répondre à des caractéristiques bien précises.

- Dans une liste, tous les phonèmes dont se compose le langage doivent être représentés. Cela permet en outre, de pouvoir déterminer quelles sont les confusions phonétiques précises que va faire le patient et avec quels phonèmes il y aura confusion. On pourra alors déterminer en fonction de différents facteurs expliqués plus tard en quoi on peut améliorer le réglage des appareils auditifs.
- Les différents phonèmes doivent se voir représenter dans les mêmes proportions dans chaque liste que dans le langage parlé.
- La difficulté moyenne des éléments de chaque liste doit être constante. De plus, la répartition des mots "difficile" et "facile" doit être la même dans toutes les listes. C'est une des conditions à remplir, pour que les résultats d'un test soient reproductibles sur les autres, dans les mêmes conditions.
Selon le mémoire de Mathieu Bourquin, la répartition de la difficulté des mots doit se faire selon une courbe en cloche. La sensibilité sera plus grande vers une intelligibilité de 50% que vers les niveaux inférieurs ou supérieurs et la stabilité sera raisonnable. On s'efforcera néanmoins d'étaler le plus possible les difficultés autour de la moyenne (accroissement de l'écart type). [8]

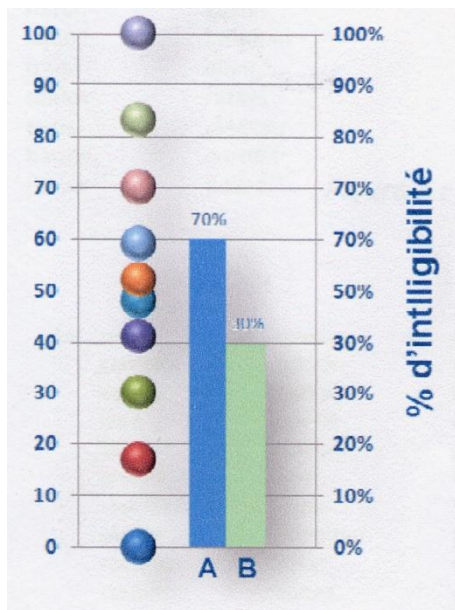


Figure 7 : Répartition de la difficulté des mots dans la liste [8]

- La durée entre chaque mot doit être entre 4 et 5 secondes afin que le sujet ait le temps de donner sa réponse et de se concentrer pour l'expression du mot suivant. En outre, si le patient n'a pas trouvé le premier mot et qu'il cherche à reconstituer le mot entier à partir des indices qu'il a compris, le second mot arrivera très vite et il ne sera pas concentré et donc ne pourra pas le répéter correctement. Dans les consignes pour le patient, il faudra être très vigilant à ce que lorsque le patient n'entend pas le mot entièrement, il répète ce qu'il a compris et se concentre pour le prochain mot.

Deux groupes de facteur restent cependant variables et dépendent l'un de l'opérateur et l'autre du sujet testé.

- L'opérateur
 Les qualités de voix de celui-ci influencent directement : le sexe, l'articulation, le débit, l'accent, la prononciation, les variations d'intensité, autant de caractères qui peuvent être améliorés par l'entraînement et rendus constants s'il s'agit toujours du même opérateur. Un vumètre facilite notamment le contrôle de sa propre voix par le testeur.
 Devant ces facteurs de variations, il semble donc préférable d'utiliser des voix enregistrées sur disque ou sur bandes magnétiques, sorte de "conserves" du matériel phonétique qui s'avère absolument constante dans ses caractéristiques. C'est ce qu'a expliqué Marine Le Corff dans son mémoire où elle explique que la passation de tests en voix enregistrée est beaucoup plus fiable [9].

L'emploi de sons enregistrés peut être discutable dans le sens où on ne peut pas supprimer un mot dont le sens paraît nous échapper ou de moduler le débit sous peine de modifier les caractéristiques du matériel phonétique. Le facteur homme/femme joue également. En effet, une personne presbyacousique comprend beaucoup plus facilement un homme qu'une femme. Donc il y aura vraisemblablement une différence dans les résultats entre une liste émise par voix d'homme et voix de femme.

- Le sujet

A audition égale, chaque sujet n'aura pas la même intelligibilité.

- Le facteur connaissance de la langue intervient.

- Il y a un phénomène d'apprentissage au cours de l'examen qui risque de fausser les résultats. Pour diminuer ce risque, on émettra toujours une liste dite d'essai afin d'habituer le sujet au test et d'être sûr d'être à la bonne intensité.

- La fatigue joue également dans la courbe d'intelligibilité. Pour la pallier, il est nécessaire de ne pas s'attarder, de ne pas faire durer l'examen, au moindre signe d'impatience ou de fatigue d'arrêter l'épreuve. Il est alors nécessaire de faire prendre l'air au patient avec des pauses régulières et si besoin de le reconvoquer une autre fois. La fluctuation de l'attention est très fréquente, surtout lorsqu'on s'approche du seuil.

- Le pouvoir d'attention de l'individu est également source de variation.

- L'attitude psychologique du sujet a une énorme influence : en effet, la différence entre la personne qui veut vraiment entendre et une autre qui ne fait aucun effort peut atteindre 15 à 20dB. Il faut donc être vigilant de ne sélectionner que des patients qui sont motivés par l'étude et qui ne se sentent pas obligé d'accepter.

Tous ces facteurs devront être appréciés à leur juste valeur et on en tiendra bien sûr compte lors de l'élaboration de notre protocole.

2. Tests phonétiques spécifiques

L'audiométrie vocale consiste en une étude métrologique de l'audition, utilisant un matériel phonétique pour réaliser des tests. Contrairement à l'audiométrie tonale, l'audiométrie vocale utilise un mécanisme d'interprétation beaucoup plus poussé que le simple réflexe de réponse à un stimuli. Elle examine l'audition de manière globale en dépassant le cadre de l'oreille elle-même.

En effet de nombreux facteurs interviennent :

- l'audition,
- la lecture labiale,
- la connaissance de la langue : dans un certain sens, une personne étrangère à une langue est sourde à l'identification et à la compréhension,
- la suppléance mentale,
- l'attention.

Dans ce mémoire, on va cibler cette étude sur le matériel vocal spécifique. De nos jours, il n'est plus possible d'utiliser un seul test pour tous les patients. C'est pour cela que l'on a décidé de catégoriser les patients en plusieurs groupes et ainsi pouvoir tester séparément mes patients en fonction de leur groupe et donc en fonction du test phonétique spécifique que j'aurai choisi pour eux.

2.1 Matériel vocal

a) Test de phrases de P. COMBESCURE [10]

Le test de phrases de P. COMBESCURE sera utilisé pour les personnes légèrement déficientes mentalement ou séniles. La phrase est l'unité de mesure, la suppléance mentale est donc très forte pour ces patients. Cependant, on est alors assez proche d'une évaluation des capacités de compréhension sociale de la parole. On utilise les phrases pour les personnes pour lesquelles la passation de tests plus difficile est rendue impossible. La liste est composée de 10 phrases à longueur de mots variables. Les phrases sont relativement compliquées et donc peuvent aussi dans certains cas de patients, s'apparenter à des logatomes pour les presbycusiques.

On a choisi ce test de phrases spécifiquement car il a le taux de récurrence des phonèmes le plus proche de celui de la langue française. Il est donc le plus représentatif.

Lorsqu'un sujet testé commet une erreur de perception quelque soit l'erreur, l'ensemble de la phrase est considéré comme mal perçu.

Les aspects de rythme, de mélodie et de prosodie ne sont pas à négliger dans la perception des phrases contrairement à mes autres listes qui elles ne contiennent qu'un seul mot.

Avantages: la passation facile pour les personnes âgées, ce test permet de mesurer l'apport de la lecture labiale pour les personnes présentant des troubles d'intégration

Inconvénients: la suppléance mentale influence beaucoup sur la compréhension de la phrase.

Il se garantira du froid avec ce bon capuchon.		Leur chienne a hurlé toute la nuit.	
Annie s'ennuie loin de mes parents.		Pour se protéger, il s'est couché près de ma porte.	
Les deux camions se sont heurtés de face.		Sa voisine est inimitable.	
Un loup s'est jeté immédiatement sur la petite chèvre.		Le renard se hâte vers son gîte.	
Dès que le tambour bat, les gens accourent.		Le bouillon fume dans les assiettes.	
Mon père m'a donné l'autorisation.		Le caractère de cette femme est moins calme.	
Vous poussez des cris de colère ?		Le camp d'été s'est passé au bord du fleuve.	
Ce petit canard apprend à nager.		Un train entre déjà en gare.	
La voiture s'est arrêtée au feu rouge.		Souvent, je m'accoude au muret de ce pont.	
La vaisselle propre est mise sur l'évier.		A l'ouest, mes pommiers donnent peu.	
	Voix		Voix
	M		M
	F		F
	E		E
CD 3 pliste			
3 5 15 25		4 6 16 26	
Lentement des canes se dirigent vers la mare.		Il pense être de retour ici, avant la nuit.	
Une goélette déploie ses voiles.		Des chiens nous montraient leurs crocs pointus.	
Le facteur va porter le courrier.		La jeune fille se peigne devant sa glace.	
Bien sûr, je connais son nom.		Il a été condamné pour un vol de voiture.	
Maman prend un verre et une assiette.		Je ne veux pas que vous le changiez pour le moment.	
Désormais, je me tournerai quand il partira.		Nous avons pris froid en jouant au tennis.	
Les avions tournent au-dessus de la place.		Il est désormais accablé par son travail.	
Mettez la faux ici, sous ma tente.		Ce bonbon contenait trop de sucre.	
Je suis resté sourd à ses cris.		A la hâte, le métayer ensilait ses récoltes avant l'hiver.	
Le chameau est loin de son abri.		Une brume épaisse s'est formée sur la mer.	

Figure 8 : Listes de phrases de COMBESURE

b) Tests de J.C. LAFON et de BOREL- MAISONNY [10]

Afin de tester les enfants (à partir de 6 ans), on choisit les listes de J.C LAFON et BOREL- MAISONNY car elles sont le plus équilibrées phonétiquement. Les listes de SAUSSUS BOORSMA ne le sont pas.

Ces listes présentent l'avantage d'être des mots simples de la vie courante. En effet, les enfant seraient déconcertés par des mots sans signification et perdraient de leur attention. Ils chercheraient à trouver un mot ayant du sens et feraient encore plus intervenir leur suppléance mentale qu'avec une liste de mots simples. Chaque liste est composée de 10 mots simples pour les tests de J.C. LAFON et de 9 mots simples pour les listes de BOREL- MAISONNY sans article défini devant.

On demande la participation de l'enfant. Le principe est de faire désigner ou répéter les mots. Ces tests dépendent du niveau de langage de l'enfant. Il est parfois utile de s'aider d'un bilan orthophonique (bilan d'articulation, bilan lexical) pour interpréter les tests d'audiométrie vocale et distinguer ce qui relève d'un trouble de la production de la parole d'un trouble de la perception auditive.

Voix M F		Voix M F		Voix M F		Voix M F		Voix M F	
CD 4		CD 4		CD 4		CD 4		CD 4	
piste		piste		piste		piste		piste	
1	15 20	2	16 21	3	17 22	4	18 23	5	19 24
poupée		auto		papillon		papa		poire	
ballon		pomme		fumée		photo		feu	
couteau		bouche		bébé		bonbon		bateau	
doigt		filles		lit		télé		couteau	
gomme		vélo		noix		chapeau		marché	
maison		banane		orange		âne		champignon	
souris		coq		moto		main		oiseau	
cheval		jambe		vache		salade		malade	
maman		sapin		garçon		gâteau		savon	
café		radis		canard		zéro		ananas	
/ 10		/ 10		/ 10		/ 10		/ 10	

Figure 9 : Listes pour enfants de J.C LAFON

Voix M F		Voix M F		Voix M F		Voix M F		Voix M F	
CD 4		CD 4		CD 4		CD 4		CD 4	
piste		piste		piste		piste		piste	
1	25 30	2	26 31	3	27 32	4	28 33	5	29 34
camion		bouchon		gâteau		jambon		collier	
torchon		manteau		marteau		râteau		poisson	
citron		moto		ballon		poupée		fourneau	
poulet		cochon		marron		lapin		tricot	
bleuet		bouton		chapeau		vélo		tambour	
sifflet		couteau		savon		auto		soulier	
buffet		ciseaux		bateau		oiseau		fumée	
tapis		persil		raisin		crayon		piano	
toupie		balai		café		avion		panier	
/ 9		/ 9		/ 9		/ 9		/ 9	

Figure 10 : Listes pour enfants de BOREL_-MAISONNY

c) Test de logatomes [10]

Afin d'éliminer au maximum certains facteurs cités plus haut comme la lecture labiale, la suppléance mentale, le matériel vocal utilisé pour les adultes presbyacousiques que l'on a sélectionné sera des logatomes. Les logatomes présentent de nombreux avantages : élimination des facteurs cognitifs de reconnaissance de la parole, élimination de la connaissance de la langue, une analyse précise et fine des confusions phonétiques, une excellente représentation des composants acoustiques les plus importants dans le langage de la parole. L'utilisation des logatomes a pour conséquence d'augmenter la sensibilité du test à la pathologie auditive.

Les logatomes doivent être courts. En effet, plus le mot est court et donc moins la suppléance mentale intervient et donc plus l'audiométrie vocale teste le système périphérique auditif. Les mots courts sont plus réactogènes que les mots longs.

On a choisi ces logatomes car dans une même liste, il y a une alternance de logatomes de forme V/C/V et C/V/C, ce qui en fait une liste complète et la plus pointue. Cette forme de logatomes facilitera ainsi l'étude des confusions.

1	22	2	23	3	24	4	25	5	26
kime		toume		aubai		tougue		éjai	
izai		oukan		éfa		auma		nude	
aufan		aifa		chide		inou		zaufe	
songue		zaupe		uba		zaive		pibe	
chuve		uvi		jisse		éjon		ayain	
éja		pébe		nouve		upain		éssan	
poune		onssau		taigue		yauche		mouque	
teube		jaigue		ukeu		sangue		onti	
udain		yade		tonze		jeufe		chugue	
gnague		nube		yanche		gnade		euvau	
oufai		échon		oumon		ukai		jaisse	
/ 33		/ 33		/ 33		/ 33		/ 33	

Figure 11 : Listes de Logatomes

d) Test comparatif : listes de mots dissyllabiques de FOURNIER [10]

On a décidé dans cette étude d'ajouter un autre facteur et de comparer les résultats que l'on peut trouver grâce aux listes spécifiques pour chaque patient avec les résultats des listes de mots dissyllabiques de Fournier qui ne sont pas équilibrées au regard des conditions énoncées précédemment et qui sont pourtant des listes encore très utilisées.

En effet, ces listes ont été analysé et assemblé par traits distinctifs, ce qui n'est plus du tout d'actualité de nos jours. Elles sont trop loin de la réalité tant au niveau de la conception que du contenu vis à vis des mots obsolètes qu'elles contiennent.

Au delà de mettre en évidence des différences au niveau de la qualité des résultats sur les confusions phonétiques et donc sur le réglage audioprothétique, il est également intéressant de se rendre compte de l'impact que ses listes peuvent avoir sur les réactions des patients au niveau de l'influence de la suppléance mentale.

1	33 63	2	34 64	3	35 65	4	36 66	5	37 67
le bouchon		le râteau		le souci		le congé		le grillon	
souper		donjon		tripot		mouton		terrain	
rondin		sergent		balai		roseau		soulier	
grumeau		crémier		vallon		frelon		gazon	
rebut		niveau		saindoux		lapin		faisceau	
glaçon		refrain		brigand		traité		billet	
réchaud		veston		rouleau		caillot		rabais	
coffret		forban		défi		radis		plateau	
gamin		bûcher		bambin		bâton		cordon	
clavier		cachot		secret		ruban		ticket	
	/ 10		/ 10		/ 10		/ 10		/ 10

Figure 12 : Listes de J.E FOURNIER

3. Tests vocaux dans le silence

Mes tests phonétiques seront réalisés dans le silence. En effet, l'ajout de bruit pour des enfants ou pour des personnes en difficulté mentale rendraient ces tests encore plus difficiles et fatigants. L'étude de la compréhension dans le bruit a déjà été réalisé de maintes fois dans des mémoires et ce n'est pas le but de ce mémoire.

Les tests phonétiques dans le silence permettent :

- d'évaluer la gêne sociale due à la perte auditive,
- de vérifier la corrélation avec l'audiométrie tonale,
- d'évaluer le temps de réponse vocale du sujet, présageant de troubles centraux s'il est rallongé,
- d'évaluer l'audition avec une correction adaptée,
- de comparer deux réglages audioprothétiques,
- d'évaluer les limites probables de l'appareillage et d'en informer le patient et son entourage.

Si l'on veut comparer deux courbes, il faut veiller à ce que les conditions soient les mêmes: on ne compare pas une audiométrie vocale en champ libre avec une autre effectuée au casque.

Les tests vocaux dans le silence présentent aujourd'hui des biais étant donné que le degré de surdité du premier appareillage est de plus en plus léger. Ces personnes n'auront alors aucune gêne dans le silence, et les tests ne seront alors pas significatifs et n'aideront pas pour le réglage audioprothétique.

De plus, la normalité des tests auditifs courants (audiométrie tonale et vocale dans le silence) ne permet pas d'affirmer la normalité de l'audition. Des troubles de l'intégration auditive centrale avec une mauvaise intelligibilité dans le bruit, peuvent exister, en particulier chez les enfants qui présentent des confusions phonétiques en dictée, chez les dyslexiques et chez les enfants ayant des pathologies neurologiques. [11]

II. Les psychologies des différents groupes de patients

Il me paraît important de parler dans ce mémoire de la psychologie de mes patients car on s'est rendu compte que c'était un aspect important pour tout bon professionnel. En effet, l'approche que l'on va utiliser vis à vis de l'appareillage sera totalement différent en fonction des patients.

1. Les enfants

Pour Allegria (1979), l'enfant sourd profond doit, pour apprendre à lire, avoir procédé à une analyse consciente de la structure de la parole. Dans l'autre sens, l'enfant ne découvre pas spontanément les structures phonétiques de la parole. Seul le contact avec la lecture peut l'y amener. La lecture va donc nécessiter, en empruntant des expressions de BOREL- MAISONNY, la conscience phonologique et l'intelligence de la langue. La simple maturation n'amène pas non plus l'être humain à prendre conscience d'unités phonétiques dans la parole. Les recherches portées sur des adultes analphabètes ont montré qu'ils ne possédaient pas cette prise de conscience. [12]

Les dessins d'enfants sourds montrent une prévalence pour les détails et la précision beaucoup plus forte que chez les enfants entendant. Ce sont des enfants, qui de par leur handicap auditif, sont beaucoup plus attentifs au monde qui les entoure puisqu'ils doivent compenser le fait de ne pas entendre ce monde.

Chez un enfant sourd, il est important d'éveiller son intérêt pour certains sons significatifs afin d'augmenter les potentialités d'attention auditive. Il est aussi important d'éviter l'apparition d'une habitude à tout phonème sonore représentant une valeur attractive.

Selon BOREL- MAISONNY, un enfant "normal" se constitue très tôt, sous l'influence de la langue de son entourage, son système phonétique et sa conscience phonétique. Toutes sortes de jeux et d'activités insistent sur cette prise de conscience phonologique, prise de conscience des unités de la langue et permettent de découvrir le plus grand nombre d'indices possibles (acoustiques, articulatoires, visuels). [12]

La comparaison de la compréhension de l'enfant et de l'adulte apporte des renseignements intéressants. Alors que l'enfant n'a pas de connaissance de la structure normale du phonème, donc n'a qu'une mauvaise structure phonologique, l'adulte par contre, a une bonne connaissance du schéma symbolique du phonème donc des possibilités d'identification plus fines même s'il existe une certaine déformation acoustique. Le rôle essentiel de la structure acoustique apparaît plus nettement chez l'adulte que chez l'enfant. Les qualités acoustiques des phonèmes expliquent les difficultés de compréhension apparues après l'acquisition du langage. [13]

Il y a aussi un aspect psychologique important à prendre en compte lors de rendez-vous avec l'enfant.

En effet, une évaluation et un soutien psychologique est à constater à chaque rendez-vous. La surdité change totalement le schéma classique de la famille. Tout d'abord au niveau de l'enfant, il y aura un impact important sur la fratrie. Cela va modifier sa dynamique : on peut avoir des attentes beaucoup plus fortes sur les autres enfants et avoir une réaction de surprotection vis à vis de l'enfant sourd, ce qui peut à long terme provoquer des problèmes de comportement ou des difficultés scolaires. La relation dans la fratrie peut également changer : d'une fratrie de type "horizontale" où tous les enfants se comportent de manière normale avec une complicité, de la compétition et de l'agressivité tout de même, on va passer à une fratrie de type "verticale" où il y aura de la surprotection de la part des frères et sœurs entendant. Cela correspond à une parentalisation des autres enfants même plus jeunes c'est à dire qu'ils adoptent un comportement de parents vis à vis de l'enfant sourd. Il y a une observation et une évaluation du développement à réaliser afin d'être sûr de sa bonne évolution mentale. L'enfant est toujours accompagné d'un proche, en général les parents. Il faut être également vigilant vis à vis des parents qui se sentent souvent responsables de la surdité de leur enfant et n'arrivent pas à dépasser le cap du deuil de "l'enfant parfait". Il y a souvent des difficultés et des fissures dans ces couples.

Dans ces cas là, une équipe pluridisciplinaire (médecin ORL, audioprothésiste, psychologue, orthophoniste, assistante sociale...) est essentielle afin que chacun joue son rôle, permette à la famille de se retrouver et de pouvoir évoluer avec cet enfant sourd. Il y a alors une guidance qui se met en place et qui se veut comme un "accompagnement à côté des parents et les aider à trouver leur propre organisation, leurs propres interactions, les soutenir dans leur rôle de parents, être des supports et surtout ne pas faire à leur place". [14]

Lors des rendez-vous de contrôle, une audiométrie vocale adaptée à l'âge et aux capacités de l'enfant est à réaliser pour vérifier l'utilisation réelle des appareils auditifs. L'audiométrie tonale et vocale avec appareils conduit à privilégier ponctuellement ou de façon plus continue le mode de communication nécessaire au développement harmonieux des fonctions cognitives, participe au choix des différentes techniques de réhabilitation des surdités et guide le processus rééducatif.

En audiométrie tonale en champ libre avec oreille appareillée, les seuils mesurés peuvent être faussement élevés du fait de l'enclenchement des traitements de signal tels que le réducteur de bruit, l'anti larsen...

[2. Les personnes presbyacousiques \[15\]](#)

On peut d'une certaine manière diviser le cycle de vie des seniors en trois étapes chronologiques tout en gardant à l'esprit que les limites d'âge que l'on fixe ne sont qu'une moyenne et varie de façon individuelle :

- De 50 à 64 ans, les « jeunes Seniors »
- De 65 à 79 ans, les « Seniors moyens »
- A partir de 80 ans, les « Seniors aînés ».

C'est certain que les jeunes Seniors n'auront pas du tout les mêmes besoins tant au niveau de l'accueil, de la performance audiométrique ainsi que de l'approche de la prise en charge psychologique de l'appareillage. En effet, le jeune Senior ne se considère pas du tout comme une personne âgée et a de ce fait beaucoup de mal à accepter de devoir porter des appareils. Il faudra alors avoir une approche beaucoup plus pédagogique et douce pour ces personnes. De plus, étant toujours dans la vie active, elles ont des besoins en performance d'appareils beaucoup plus poussés qu'un senior aîné qui a un environnement de vie relativement calme et ne voit pas beaucoup de monde. Il y a toujours une phase de déni avant une possible acceptation pour les presbyacousiques débutants. Il est vraisemblable qu'il ait été plus ou moins contraint d'effectuer cette démarche par pression extérieure. On se doit d'objectiver avec elle la nature de son atteinte, ses conséquences, son évolution possible, les possibilités d'aide et surtout lui laisser du temps pour que les évolutions psychologiques se fassent.

Les Seniors moyens et âgés, quant à eux, ont déjà fait un certain deuil de leur audition et de leur jeunesse. Ce qu'ils veulent le plus, c'est de bien entendre lorsqu'ils sont avec leur famille ou pour leurs loisirs (partie de jeux, télévision, conversation avec le conjoint...). On est dans un autre contexte psychologique où le rendez vous auprès de l'audioprothésiste constitue en général la sortie de la journée. On est alors plus dans un moment de jovialité et de convivialité pour les Seniors âgés afin de leur mettre un peu de baume au cœur et d'égayer leur journée. Dans un quotidien fait de rendez vous médicaux souvent lourds et éprouvants, il est nécessaire que ce rendez-vous chez l'audioprothésiste soit le plus léger et agréable possible.

Le besoin audioprothétique de ces personnes qui sont bien souvent assez isolés sera beaucoup plus simple. Il y aura peu ou pas d'environnements bruyants à gérer avec ces personnes.

Conserver sa motivation pour lutter contre la presbycousie est l'arme la plus efficace. Le presbycousique a besoin de se voir rétablir son statut social et affectif au fur et à mesure des efforts consentis et du temps consacré.

Le recours à une orthophoniste pour certaines personnes presbycousiques peut être très efficace, notamment pour l'apprentissage de la lecture labiale.

[3. Les personnes déficientes légères et séniles \[14\]](#)

Mon but premier était de tester des personnes polyhandicapées. Cependant leur déficience mentale étant trop importante, cela s'est avéré impossible et très difficile à mettre en place. On a donc décidé de se recentrer sur les personnes handicapés soit avec une déficience légère ou un retard cérébral certain.

Ce sont des personnes soit autonomes ou qui viennent accompagnés lors des rendez vous. Certaines vivent dans des centres spécialisés qui les hébergent, d'autres sont totalement autonomes et ont un léger retard mental.

Sur le plan psychologique, pour évaluer les difficultés psychopathologiques, on devra analyser et tenir compte des carences sensorielles, cognitives et affectives dans leur ensemble, leurs interactions et toute leur complexité.

Il ne s'agit pas d'une simple juxtaposition de handicaps ou de carences, mais bien d'un ensemble en interaction, qui réalisent des « combinatoires » différentes suivant les degrés et la nature des handicaps en présence :

- sensoriels, (difficultés visuelles et auditives)
- moteurs, (IMC, maladie de Little, maladies neuro-dégénératives)
- intellectuels (différents degrés de handicap mental, léger, moyen sévère, et de formes, avec des atteintes plus ou moins profondes des fonctions cognitives)
- handicap psychique avec des troubles de la personnalité, des dysharmonies du développement, des psychoses et des troubles autistiques. Ces derniers troubles sont regroupés maintenant sous le terme de troubles envahissants du développement.

Les répercussions vont être très individuelles et « singulières » pour chaque personne, évoluée selon l'âge, et se renforcer ou s'amoindrir selon les caractéristiques du milieu, les stimulations apportées, les exigences éducatives et les prises en charge.

Il est bon de se souvenir que l'intelligibilité concerne "l'état de la chose", mais que cette chose doit être "entendue" et "comprise", donc doit se référer non seulement à un système acoustique, mais aussi à un système physiologique et à un système phonologique. [13]

III. Les outils d'analyse des listes

1. Ecriture SAMPA [annexe 1]

Afin de retranscrire en écriture phonétique, les mots utilisés dans les listes et par souci de simplification d'écriture, on utilisera l'écriture SAMPA qui permet de transcrire facilement les mots sur ordinateur.

2. Praat

Pour notre étude spectrale sur les listes de mots et de logatomes, on utilisera le logiciel Praat. Ce logiciel est le plus utilisé par les phonéticiens. Il nous a permis de réaliser l'étude complète sur les listes vocales qu'on a utilisé pour nos tests expérimentaux. Il permet en effet d'observer et d'analyser les plus petites variations au niveau du spectre. C'est un logiciel libre scientifique gratuit conçu pour la manipulation, le traitement et la synthèse de sons vocaux. Il a été conçu à l'institut de sciences phonétiques de l'université d'Amsterdam par Paul Boersma et David Weenink. [16]

2.1 Représentation du signal de parole : le spectrogramme

L'étude de la parole va se baser entre autres, sur le spectrogramme.

Un spectrogramme permet de visualiser l'évolution de l'énergie dans l'échelle des fréquences en fonction du temps :

- L'axe horizontal (abscisse) représente l'axe des temps,
- L'axe vertical (ordonnée) représente l'axe des fréquences,
- Les zones de noirceur correspondent à des zones de concentration d'énergie : plus le degré de noirceur est important, plus l'énergie est forte.

Le spectrogramme (à bande large) est l'outil essentiel pour représenter le signal de parole. On peut repérer visuellement la plupart des corrélats acoustiques qui correspondent à la réalisation des sons de parole (silence, les bruits impulsionnels ou continus des sons apériodiques, les formants et leurs mouvements, etc).

Ci-dessous, voici un cliché pris où l'on observe bien les caractéristiques de la parole (enveloppes temporelles) et en dessous le spectrogramme de la parole énoncée.

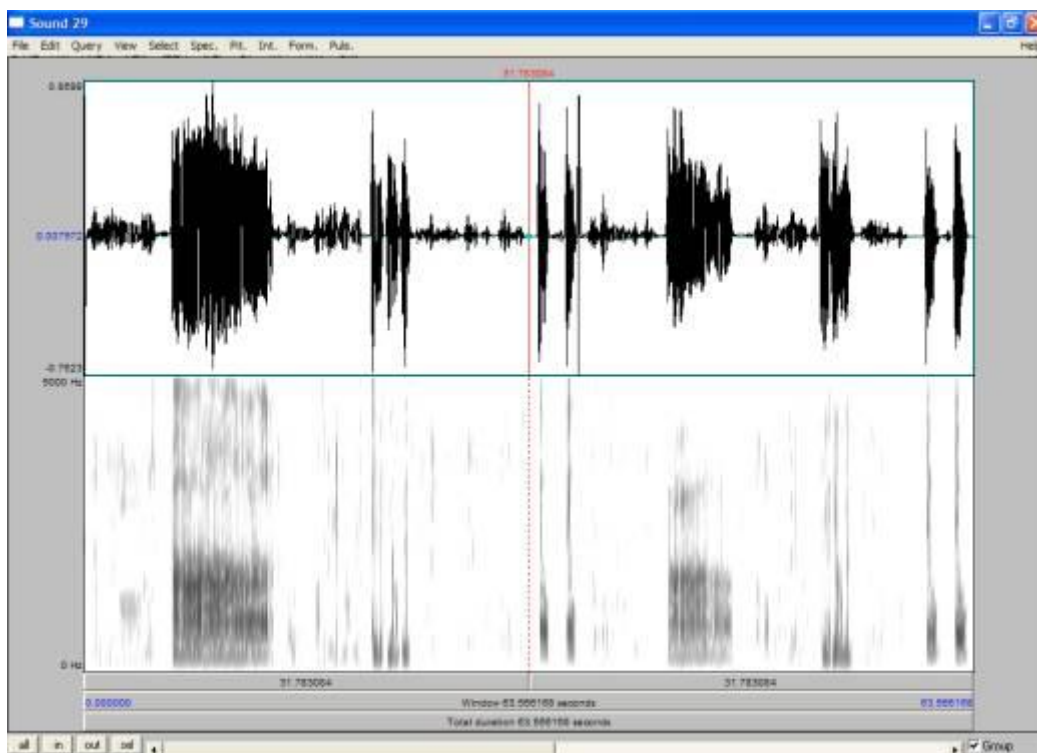


Figure 13 :
Cliché de Praat
montrant le
spectrogramme

Le logiciel Praat utilise la même méthodologie que le logiciel Spectra+.

Ainsi cette analyse est basée en majorité sur une analyse de Fourier.

Selon la fréquence d'échantillonnage retenue et la résolution des FFT (Fast Fourier Transform), on dispose d'un analyseur bandes fines ou bandes de fréquences doté de capacités temps réel et des fenêtres de pondération courante, avec un taux de recouvrement et un moyennage ajustables.

2.2 Analyse du signal [17]

La parole est une suite continue de sons impulsionnels dont le contenu spectrale et l'enveloppe temporelle se modifient continuellement pendant le discours. Cette évolution permanente des fréquences et des formes d'onde rend très difficile l'analyse du spectre vocal.

On peut voir dans cette analyse spectrale un acte contre nature dans la mesure où les sons, quels qu'ils soient, sont perçus en tant que phénomène global. L'analyse fréquentielle nous donne les composantes mais pas la façon dont ces dernières sont liées. Il ne faut donc jamais perdre de vue que les résultats d'une analyse spectrale ne donnent pas tout et possèdent un caractère artificiel.

a) Echantillonnage

L'échantillonnage consiste à transformer un signal analogique (continu) en signal numérique (discret), en capturant des valeurs à intervalles de temps réguliers.

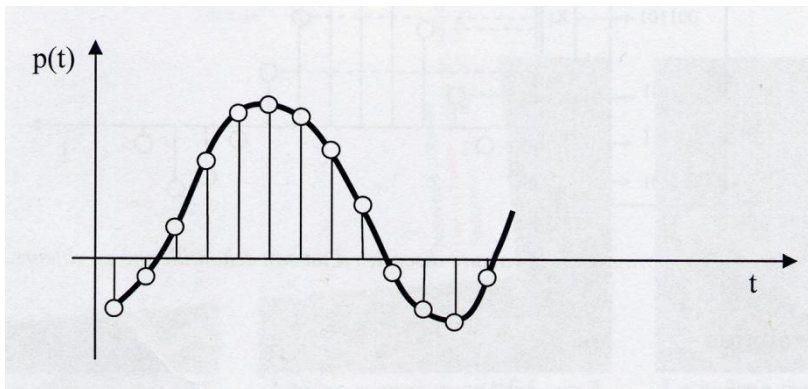


Figure 14 : Représentation temporelle d'un son échantillonné [17]

L'échantillonnage est réalisé par une fonction de Dirac. Cela permet alors de quantifier le signal. Le signal analogique est multiplié à un peigne de Dirac, on obtient une suite de valeurs discrètes représentatives du signal étudié.

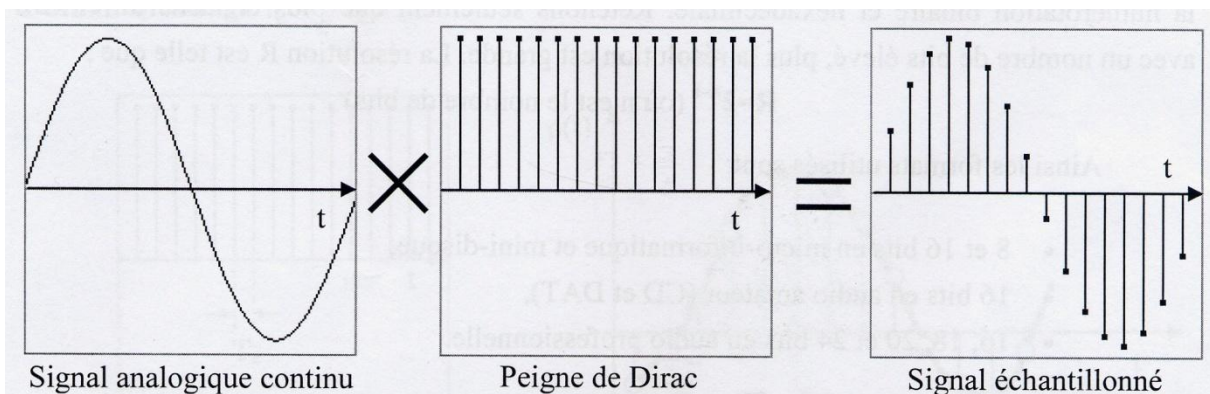


Figure 15 : Schématisation du principe de l'échantillonnage [17]

Cette suite de valeurs discrètes est ensuite transformée par codage en une suite de valeurs binaires qui seront utilisées dans les algorithmes de traitement.

Ces valeurs composées d'une suite de 0 et de 1 sont appelées "bit" 'abréviation de Binary Digit. Plus on code un chiffre avec un nombre de bits élevés, plus la résolution est grande. On va alors pouvoir enregistrer un son et en percevoir les plus infimes détails.

La dynamique théorique maximale est donc de 40dB en 8 bits, 90dB en 16 bits et de 138dB en 24 bits. Pour une écoute optimale, on utilisera 16 bits. En effet, une quantification plus faible donnera une dynamique écrasée avec peu de relief et un grésillement désagréable en fond.

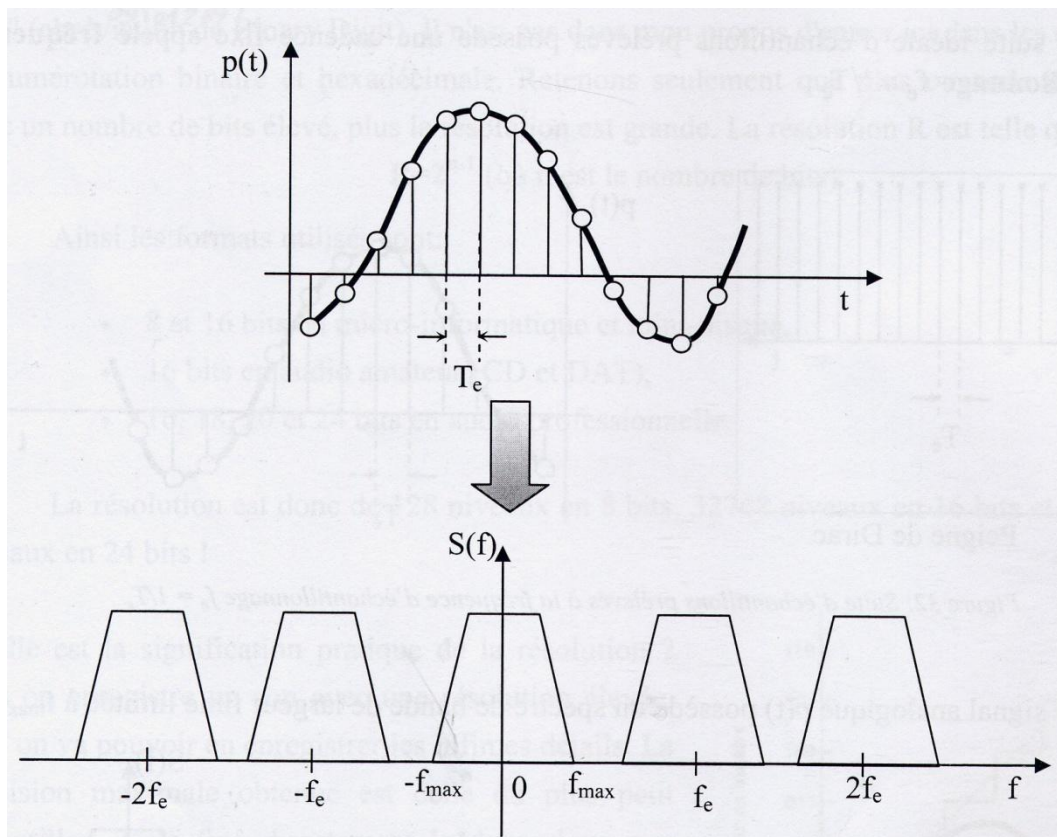


Figure 16 : Représentation temporelle et spectrale d'un signal correctement échantillonné [17]

On est passé de la représentation temporelle à la représentation spectrale par la transformation de Fourier.

On peut voir ici que le signal est correctement échantillonné. Il faut donc que la fréquence d'échantillonnage F_e soit au moins le double de la fréquence maximale utilisée selon le **théorème de Nyquist-Shannon**. Cette valeur s'explique aisément en constatant qu'il faut au moins deux points pour définir la fréquence d'une sinusoïde, et que pour représenter par échantillonnage une sinusoïde de fréquence f il faut donc au moins un échantillonnage de fréquence double.

Le problème pratique suscité par le théorème de Nyquist-Shannon est que l'on ne sait pas nécessairement à l'avance quelle est la fréquence supérieure contenue dans le signal à numériser, et que l'on réalise cette conversion précisément pour analyser le signal et connaître sa composition spectrale. On utilise donc un filtre passe-bas, qui ne laisse passer que les fréquences inférieures à la moitié de la fréquence d'échantillonnage sélectionnée. Les composantes du signal de fréquence supérieure ne seront donc pas prises en compte dans la conversion.

S'il n'y a pas assez d'échantillonnage par seconde, on aura alors des zones de repliement ou d'aliasing, ce qui aura pour conséquence un son parasite.

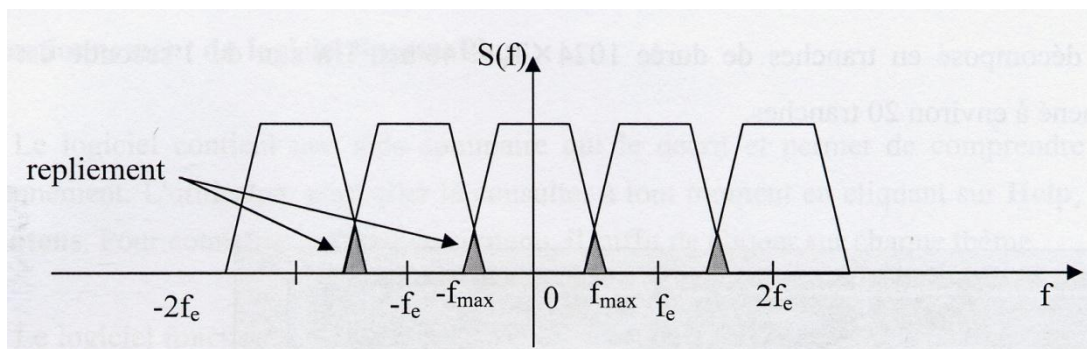


Figure 17 : Représentation spectrale d'un signal mal échantillonné [17]

La fréquence supérieure du signal de parole est produite par la consonne fricative [s] et est d'environ 8000Hz. On serait donc amené à prendre au minimum une fréquence d'échantillonnage double soit $F_e = 16\ 000\text{Hz}$. Cependant, pour plus de sécurité, on va prendre la fréquence d'échantillonnage $F_e = 22\ 050\text{Hz}$ qui est également une valeur standard des systèmes couramment disponibles. Il y a donc automatiquement un filtre anti-repliement qui se met en place, éliminant les fréquences supérieures à la moitié de la fréquence d'échantillonnage.

b) Analyse en bandes

L'analyse en bandes fines est en général effectuée en temps réel. Dans ce type d'analyse, la bande passante des sons filtrés est toujours étroite, inférieure à 50Hz. Ici, la largeur de la fenêtre fréquentielle est de 42Hz.

On utilise plus souvent une analyse en bande d'octave ou tiers d'octave qui requiert des moyens d'investigation plus simples et fournit des résultats dont l'exploitation est plus commode que lors d'une analyse en bandes fines.

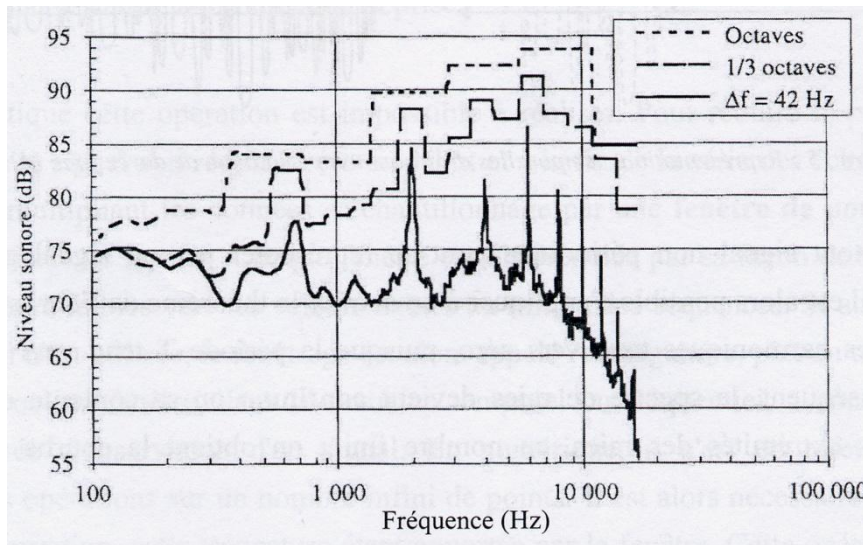


Figure 18 : Exemple d'analyse spectrale avec plusieurs largeurs de bandes [17]

On peut facilement passer d'une analyse par tiers d'octave à une analyse par octave, en faisant la somme des intensités des trois tiers d'octaves.

c) Analyse d'un signal de parole

Pour analyser un signal, on peut utiliser le spectre à long terme qui est censé avoir une durée infiniment longue et le spectre à court terme. Etant donné que le signal de parole ne présente aucune périodicité, on utilisera plutôt le spectre à court terme pour l'analyse.

Lorsqu'on effectue un prélèvement temporel à l'intérieur du signal, l'onde est tronquée, c'est à dire qu'elle n'est pas nulle au début ni à la fin. Cela provoque une discontinuité dans le signal échantillonné.

On utilise alors une fenêtre de pondération qui a pour but de limiter la durée d'observation d'un signal. La limitation de l'observation du signal dans le domaine temporel équivaut à multiplier le signal par la fonction fenêtre.

La largeur du lobe principal et la dynamique sont importants pour différencier les fenêtres. Le spectre des fenêtres d'observation contient un lobe principal et des lobes secondaires. La forme de la fenêtre a toute son importance car si la fenêtre est trop rectangulaire, la coupure est trop nette et il y aura apparition d'une transitoire. On essaye alors de ne pas couper trop brutalement la fenêtre, c'est le zéro padding.

Les fenêtres d'observation sont caractérisées par une résolution d'amplitude et fréquentielle.

Meilleure sera la résolution d'amplitude si la différence de niveau entre le lobe principal et les premiers lobes secondaires est grande. La résolution en fréquence sera d'autant meilleure que le lobe principal sera étroit.

En général, on utilise la fenêtre de Hanning qui représente un assez bon compromis entre la résolution fréquentielle et d'amplitude. Elle est la plus utilisée mais pas forcément la meilleure pour l'analyse phonétique. [18]

Le logiciel Praat utilise comme fenêtre de pondération par défaut la fenêtre de Gauss. Les informations que l'on a pu trouver sur cette fenêtre indiquent un lobe principal assez étroit et des lobes secondaires très atténués. Elle est un bon compromis entre l'ondulation en bande atténuée et la largeur de la bande de transition. [19]

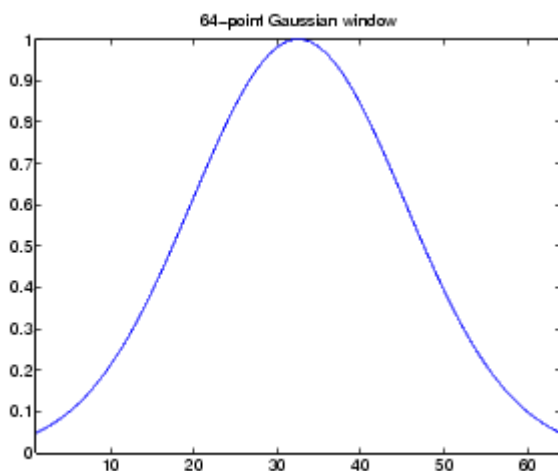


Figure 19 : Représentation temporelle de la fenêtre de Gauss [17]

Le plus important pour notre analyse spectrale, est que l'on choisisse pour toutes les études la même fenêtre de pondération.

Pour l'analyse d'un son évoluant dans le temps, on comprend alors bien le compromis nécessaire : la fenêtre que l'on va faire "glisser" le long du signal doit être suffisamment large pour avoir une bonne résolution fréquentielle.

La "bonne" durée de prélèvement temporel va dépendre du signal analysé, et en particulier de la durée du cycle laryngé au cours du prélèvement. Pour des locuteurs masculins dont la fréquence laryngée varie de 70 à 300Hz donc la durée de cycle de 14,8ms à 3,3ms, on prendra un cycle de 15ms pour avoir un cycle entier. Pour des locuteurs féminins variant de 150 à 400Hz donc de 6,6ms à 2,5ms, on pourra adopter une valeur de 7ms. On utilise des listes émises par une voix d'homme. On prendra donc une durée de prélèvement temporel de 15ms.

3. iPhocomp[20]

iPhocomp est une interface web basée sur un dictionnaire phonétique afin d'estimer automatiquement l'indice de complexité phonétique d'un ensemble de mots en français. On a alors utilisé ce logiciel pour analyser la complexité des listes émises.

La valeur de complexité phonétique d'un corpus français peut être calculée à partir des règles suivantes :

- Le lieu d'articulation de la consonne : 1 point est attribué à chaque présence d'une consonne dorsale [k], [g], [R], [N].
Exemple : « agrafeuse » [agRaf2z] = 2 points
- Le mode d'articulation de la consonne : 1 point est attribué pour chaque consonne fricative ou liquide [f], [v], [s], [z], [S], [Z], [l], [R].
Exemple : « calculatrice » [kalkylatRis] = 4 points
- La classe de voyelle : ce paramètre n'étant pas pertinent pour le français, il a été écarté dans cette étude
- La fin du mot : la présence d'une consonne en position finale de mot vaut 1 point.
Exemples : « archet » [aRSE] = 0 point / « arc » [aRk] = 1 point
- La longueur du mot : un nombre de syllabes supérieur ou égal à 3 correspond à 1 point.
Exemples : « anneaux » [a-no] = 0 point / « bibliothèque » [bi-bli-jo-tEk] = 1 point
- La variation de lieu d'articulation des consonnes isolées : lorsque les consonnes isolées du mot appartiennent à des lieux d'articulation différents (labiales : [p], [b], [m], [f], [v] ; coronales : [t], [d], [n], [l], [s], [z], [S], [Z], [J] ; dorsales : [k], [g], [R], [N]), 1 point est octroyé.
Exemple : « baguette » [bagEt] = 1 point.
Ici, on observe la variation de lieu d'articulation des consonnes isolées de labiale [b] à dorsale [g], puis de dorsale [g] à coronale [t]. En cas de présence de groupes consonantiques et d'une seule consonne isolée, ce paramètre n'est pas pris en compte.
Exemple : « empreinte » [a~pRe~t] = 0 point.
En cas de présence de groupes consonantiques et de deux consonnes isolées ou plus, la variation de lieu d'articulation est examinée entre les consonnes isolées.
Exemple : « chronomètre » [kRonomEtR] = 1 point.
Ici, on observe la variation de lieu d'articulation de coronale [n] à labiale [m] des consonnes isolées
- Le groupe consonantique : 1 point est attribué à chaque présence d'un groupe consonantique. Les consonnes produites de façon consécutive sont considérées comme un groupe consonantique. Par exemple, dans « volcan » [vOlka~], [lk] est considéré comme un groupe consonantique, même si [l] et [k] appartiennent à des syllabes différentes.

Exemple : « rétroprojecteur » [RetRopRoZEkt9R] = 3 points

- Enfin, 1 point est attribué à chaque groupe consonantique hétéro-organique, c'est-à-dire impliquant des consonnes articulées en des lieux distincts. Exemples : « agrafeuse » [agRaf2z] = 0 point. Le groupe consonantique [gR] est composé de deux consonnes dorsales / « brique » [bRik] = 1 point. Le lieu d'articulation des consonnes du groupe consonantique [bR] varie de labiale [b] à dorsale [R].

Cette interface nous permet donc de vérifier la constance de la difficulté des listes de mots utilisés, ce qui nous permettra alors d'avoir une constance des résultats.

4. Distance dans la distribution

Cet outil est utilisé pour vérifier l'équilibre phonétique des listes de phrases.

Une liste de phrases est dite phonétiquement équilibrée lorsque la distance du X au carré entre la distribution des phonèmes de ladite liste et celles des phonèmes de la langue française est inférieure à 5. [10]

5. Répartition des phonèmes

On a retranscrit les listes de mots et de phonèmes dans l'Alphabet Phonétique International API puis on a répertorié les nombres de phonèmes afin d'être certain d'être le plus représentatif des phonèmes de la langue française.

IV. Analyse des listes [annexe 2]

Etant donné que l'on sait par différentes études dont le mémoire de Mathieu Bourquin que les listes de Fournier ne sont pas équilibrées, on ne va donc pas les analyser dans cette partie. Elles seront utilisées dans la partie expérimentale comme comparateur et comme preuve de l'efficacité de listes dites équilibrées phonétiquement par rapport aux résultats de confusions que l'on va trouver.

Une transcription phonétique fine est souvent difficile à réaliser, même pour une oreille très exercée. La représentation spectrographique et l'écoute des segments isolés sont devenues indispensables pour une transcription phonétique fine et une étude quantifiée des différentes réalisations de chaque phonème.

1. Le codage

Beaucoup de méthodes de compression de fichiers numériques existent et permettent en général de retrouver exactement après décodage le fichier comprimé au départ. Pour le signal de paroles numérisées en revanche, la transmission et la mémorisation des fichiers de parole ont suscité des algorithmes de compression qui ne restituent pas nécessairement le signal original après décompression. La compression MP3 utilise entre autres la compression basée sur l'effet de masque de l'oreille qui produit une perte d'information.

On utilisera le codage "wav" qui réalise des compressions sans perte à des taux très supérieurs aux autres programmes. Le signal audio se retrouve alors à l'identique après décompression avec ce programme.

2. Analyse d'intensité

La ligne bleue représentée ci-dessous par une flèche, correspond à la hauteur de la voix. L'intensité physique, représentée en jaune, dépend essentiellement de l'amplitude acoustique globale et de la répartition relative de l'énergie dans les basses, moyennes et hautes fréquences.

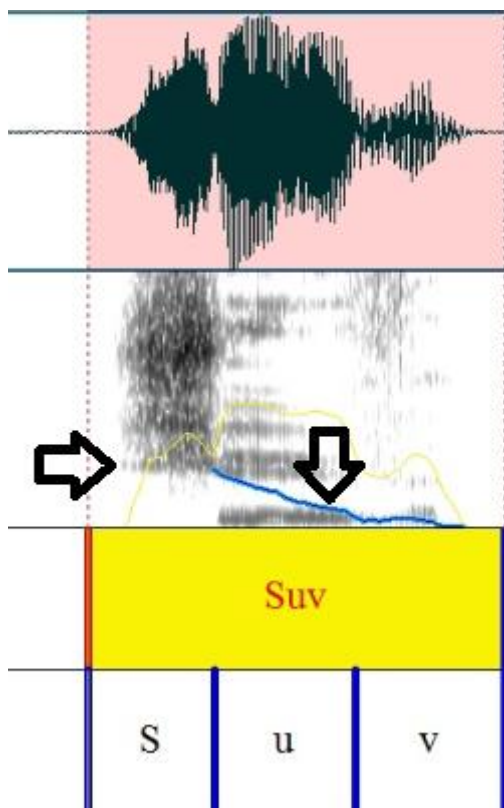


Figure 20 : représentation du spectrogramme et de ses composants

Le locuteur de ces listes est un homme d'où une hauteur très faible alors que pour des listes émises par des femmes, les hauteurs seront beaucoup plus élevées.

De plus, on a choisi une voix d'homme également pour une bonne individualisation phonétique. En effet, pour offrir une bonne définition d'un résonateur, il est nécessaire d'avoir un réseau de fréquences aussi resserré que possible. Plus le son du larynx est grave, plus les harmoniques sont rapprochées et meilleure est l'image du résonateur, donc du phonème.

Chez les femmes, le larynx est plus élevé donc on aura un conduit vocal plus court et donc la hauteur sera plus élevée. On remarque que la valeur du fondamental F0 est d'environ 100Hz pour un homme. Pour les femmes, on se rapproche plus d'une moyenne autour de 200Hz et 300Hz voire plus pour les enfants.

Au début du mot, on observe le fondamental F0 élevé ou montant et une intensité forte.

A la fin du mot, au contraire, on va remarquer un F0 descendant ou bas, une intensité faible et un ralentissement.

Par contre, quand la position de l'accent n'est pas distinctive, la syllabe finale du mot est en position dominante sans pour autant être toujours perçue comme proéminente dans le mot. En effet, certains de ces traits tendent alors à se propager à l'ensemble du mot comme l'aperture avec le mot [Eme] prononcé [eme].

Cela permet de mettre en avant le début et la fin du mot.

La fin du mot s'accompagne souvent d'un prolongement fricatif du dernier son, par exemple pour [bebe]. Il représente l'abaissement final d'intensité.

L'intensité du son est principalement due à l'amplitude de la vibration mais dépend aussi de la fréquence. Plus la fréquence augmente, plus l'intensité devient grande. Un phonème est d'autant plus intense par rapport à un autre si son formant F1 est élevé.

Un mot avec un pic d'intensité supérieur à la moyenne sur une bande donnée est plus facilement perceptible.

A l'analyse de la structure de la parole (enveloppe du signal et structure fine), on note de très importantes variations d'intensité entre les mots même si on retrouve quelques fois une stabilité sur l'ensemble du mot émis comme [mama~], [banan] ou [anana].

2.1 Intensité des consonnes

A l'analyse du spectrogramme, on remarque que les consonnes non voisées sont plus intenses que les consonnes voisées.

La source voisée est très difficile à percevoir. On note que les consonnes fricatives ont le spectre le plus large avec beaucoup d'intensité dans les hautes fréquences alors que les consonnes occlusives n'ont pas d'énergie dans les moyennes et les hautes fréquences.

De plus, dans les occlusives, les consonnes vélares [k] et [g] sont plus intenses que les dentales [t] et [d] et que les labiales [p] et [b].

Les consonnes bilabiales [p], [b] et [m] sont les plus stables en fonction du contexte, cela se justifie notamment dans le fait que ce sont les premiers phonèmes les plus reconnaissables émis par un jeune enfant.

On note une similitude au niveau de l'intensité entre [b] et [v] qui est très faible et du voisement. Le [v] a une montée d'intensité relativement rapide, puis une baisse au milieu du phonème émis et enfin une remontée vers le phonème suivant qui correspond à la transition. Il tient beaucoup compte du contexte. Il y a donc une confusion possible entre [b] et [v] où il faut être attentif.

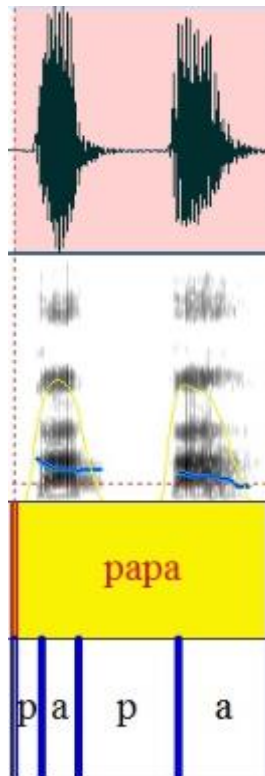
En outre, entre les fricatives, les consonnes prépalatales [ʃ] et [ʒ] sont les plus intenses, puis en décroissance d'intensité, on a les sifflantes [s] et [z] et enfin les labiodentales [f] et [v].

Cette comparaison est bien sûr à observer avec la même intensité et dans la même production sonore, c'est à dire le même contexte.

Les consonnes vocaliques ont globalement une intensité moyenne, moins importante que celles des voyelles. Le phonème [R] est très court et peu intense. Quant au phonème [l], il y a une influence contextuelle importante comme par exemple dans le mot [velo] où le [l] fait la transition entre [e] et [o].

Il existe également des fluctuations d'intensité pendant la durée du phonème. Sur le spectrogramme, la ligne jaune visualise l'intensité durant la phonation. On voit également qu'il y a de fortes variations entre chaque phonème. L'intensité du phonème reste assez stable à la fin de sa durée et le phonème qui va suivre va entraîner au moment de la transition phonétique une modification de l'intensité du message sonore qui peut être très importante. Par exemple pour [papa], les deux voyelles [a] sont les plus intenses car elles ont un formant F1 plus élevé que les autres voyelles alors qu'il n'y a pas d'intensité ou très peu pour [p].

Figure 21 :
Spectrogramme de
[papa]



Les consonnes [p], [t] et [k] ont une montée en intensité très faible mais très rapide, comme si l'on observait déjà au milieu du phonème la transition certes très courte mais visible vers la voyelle suivante qui, elle, est très intense.

Il y a une modification de l'intensité de mêmes phonèmes en fonction du contexte.

Le [b] de [banan] et le [b] de [buS] n'ont pas les mêmes intensités.

En effet, le phonème [a] est plus intense que [u] et transmet de l'énergie aux phonèmes voisins grâce notamment à la transition formantique.

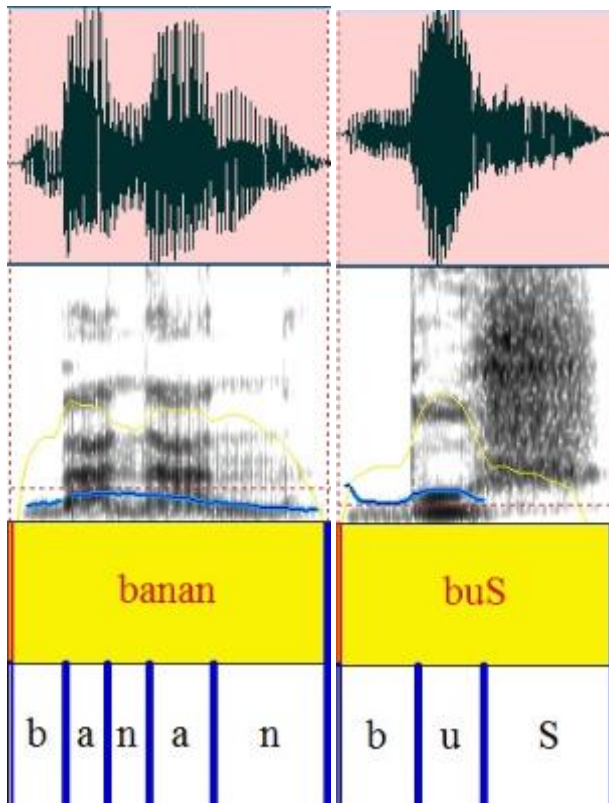


Figure 22 : Spectrogramme de [banan] et [buS]

Il faudra être vigilant quant au phonème [a] et à ses confusions possibles car c'est un phonème où le formant F2 s'adapte au contexte. Même si certains éléments d'une consonne ne peuvent être entendus, la seule perception d'une partie de la transition qui la lie avec la voyelle peut ainsi suffire à son identification. Donc, en fonction du mot émis le [a] sera plus ou moins grave comme par exemple [gar] et [sal].

Le formant F2 est le plus important pour l'intelligibilité des voyelles car il correspond à la zone fréquentielle provoquée par la cavité buccale.

On note également comme dans l'exemple ci-dessous que le [S] de [buS] est plus stable et continu que le [S] de [Seval]. Cela est dû à la position du phonème et donc à l'intensité qui va varier en fonction.

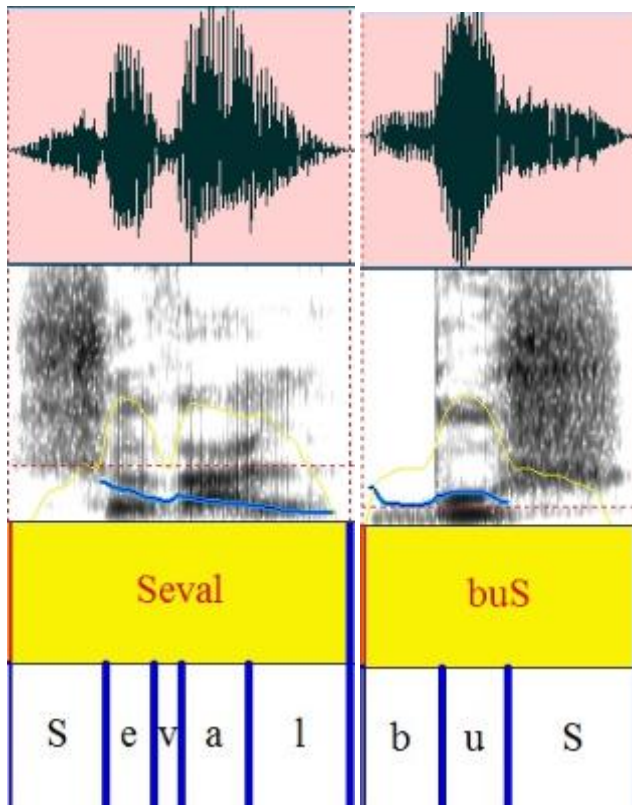


Figure 23 :
Spectrogramme de [Seval] et [buS]

2.2 Intensité des voyelles

Les voyelles sont les phonèmes les plus intenses de la langue française. De plus, par rapport à l'intensité des consonnes en début de mot, l'intensité des voyelles commence avant le début de la prononciation comme on peut le voir ci-dessous sur le spectrogramme [ef2].

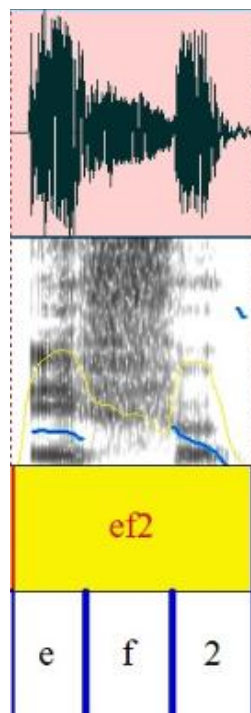


Figure 24 : Spectrogramme de [ef2]

Les phonèmes [u] et [o] sont relativement stables et ont la même intensité. De plus, ils sont très proches dans le triangle phonétique au niveau des formants F1 et F2 d'où une confusion plus facile. Les phonèmes [i] et [y] et [u] sont peut intenses car ils ont un formant F1 très bas.

Le phonème [o] peut être très facilement influencé au niveau de son intensité en fonction de sa position dans le mot. En effet, dans le mot [oto], on remarque que le premier [o] est plus intense que le second [o] d'où une reconnaissance du premier beaucoup plus facile.

Les phonèmes [o~], [a~] et [e~] ont une intensité forte et relativement stable sauf pour le phonème [o~] qui lui a une intensité avec un pic important puis une baisse rapide de l'intensité.

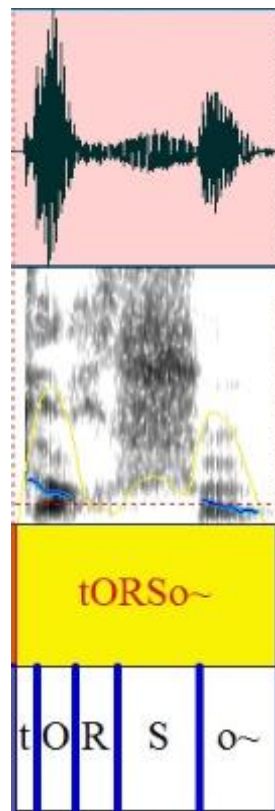


Figure 25 : Spectrogramme de [tORSo~]

Le [y] a une intensité moyenne pour une voyelle contrairement au [e] qui lui est très intense. Le phonème [j] a une intensité constante mais on note un grand mouvement au niveau de ses transitions.

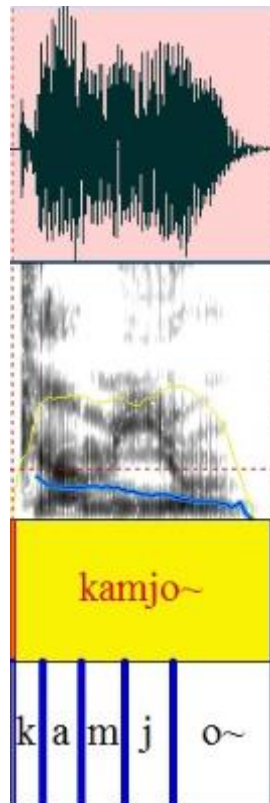


Figure 26 : Spectrogramme de [kamjo~]

Comme cité plus haut, on retient aussi que l'intensité de [a] peut être modifiée selon le contexte et donc qu'il faut être vigilant quant à une possible confusion si ce phonème est entouré autour de phonèmes peu intenses.

3. Analyse temporelle

a) Durée

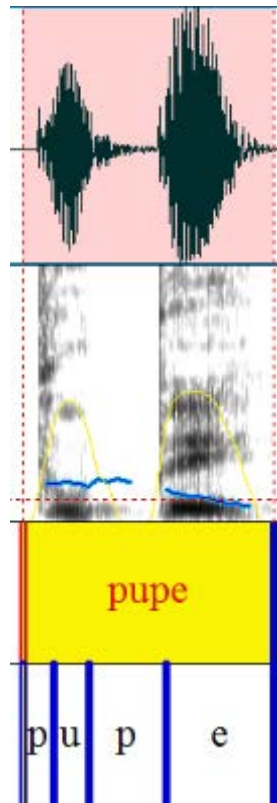
Tous les mots ou logatomes des listes ont une durée moyenne de 0.5-0.6s avec une variante allant de 0.4s et 0.8s pour [cha~piJo~].

Cependant on remarque dans les listes pour logatomes que des mots avec peu de phonèmes ont une durée beaucoup plus longue que prévu vu sa longueur comme [so~g] qui a une durée de 0.89s.

On ne va pas se lancer dans une analyse temporelle complexe mais il y a quelques remarques importantes à mentionner quant à la longueur des phonèmes.

En fonction de leur positionnement, deux phonèmes peuvent avoir une durée totalement différente. Par exemple [pupe] : le premier [p] est très court, presque aspiré par l'énergie de la voyelle [u] qui suit alors que le deuxième [p] est beaucoup plus long.

Figure 27 :
Spectrogramme de
[pupe]



On remarque bien les caractéristiques de l'occlusive : [p] est caractérisé par une phase de tenue puis un brusque relâchement de l'articulation que l'on visualise bien sur le deuxième [p]. Les phonèmes [p], [t] et [k] réagiront de la même manière lorsqu'ils sont entourés de voyelles. Les occlusives sourdes sont donc très brèves lorsqu'elles sont positionnées au début du mot.

Les occlusives sonores sont plus longues du fait de leur voisement caractéristique positionné en bas du spectre, même si elles sont placées en début de mot. Plus la durée relative de la voyelle est longue, plus la consonne est perçue comme voisée. Les patients, ayant des difficultés avec l'analyse temporelle auront des problèmes avec les transitions qui sont très rapides dans le temps et donc avec les occlusives.

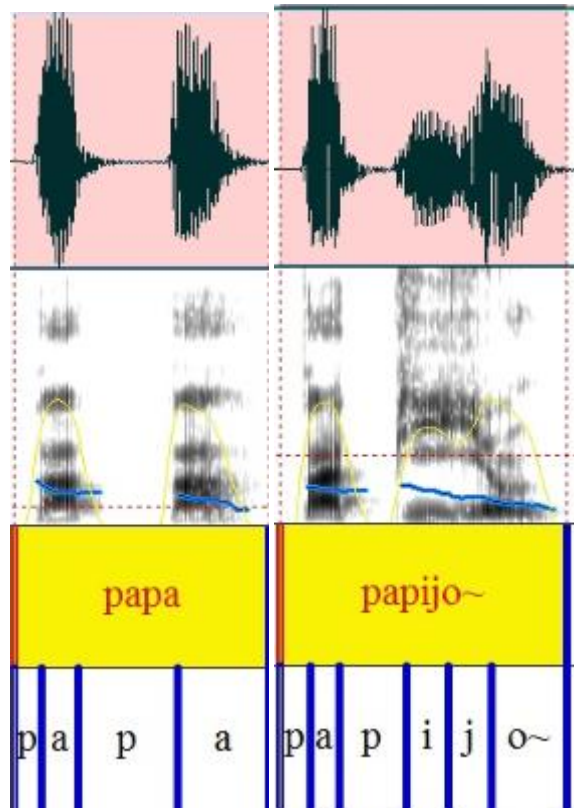
Les transitions de F2 chez les occlusives durent en moyenne 50 ms et sont plus courtes pour les labiales et plus longues pour les dentales devant les voyelles postérieures.

Les sonnantes [l] et [r] ont des durées très proches.

Quant aux fricatives, elles ont des durées variables. Le [S] a une des plus longues durées des consonnes.

On constate très peu de variation entre les voyelles. Cependant lorsqu'elles sont positionnées en fin de mot, il y a un allongement de la durée notable. Cela correspond à des phases temporelles avec un ralentissement progressif du débit.

Figure 28 : Spectrogramme de [papa] et [papijo~]



On remarque bien que [pap] de [papillon] a été raccourci par rapport au [pap] de [papa]. Si on rajoute des phonèmes, la durée du premier phonème se voit raccourcit proportionnellement au nombre de phonèmes ajoutés.

L'hypothèse explicative la plus vraisemblable est que l'on abrège [pap] dans [papijo~] parce qu'on anticipe un plus gros effort d'articulation que dans [papa]. Cet abrègement aurait donc une source psychique.

b) Enveloppe temporelle

Certaines confusions sont dues à une enveloppe temporelle ressemblante entre deux mots. Le phonème [b], quand il est mal perçu, peut être confondu avec [m]. L'enveloppe temporelle est très proche entre [bababa] et [mamama]. Le [ba] est plus brusque avec la montée d'intensité globale. Une oreille malentendante ayant des caractéristiques psycho-acoustiques amoindries aura moins la possibilité de percevoir cette montée d'intensité plus forte pour [ba] et fera plus probablement la confusion phonétique. Les enveloppes temporelles sont très proches dans les 4 canaux les plus aigus, et se différencient dans les 2 canaux les plus graves. Une perte de sensibilité auditive en dessous de 500Hz est alors source de confusions perceptives entre [ba] et [ma].

Le [z], quand il est mal perçu, peut être confondu avec [Z] puis par [j]. Les enveloppes temporelles de [zazaza] et [jajaja] sont également très ressemblantes.

Une oreille malentendante avec des filtres auditifs élargis aura plus de difficultés à percevoir la différence et pourra provoquer la confusion phonétique. Les enveloppes temporelles sont plus proches dans les canaux les plus graves et se différencient surtout dans les aigus. La perte de sensibilité auditive au dessus de 2000Hz est source de confusions perceptives entre [za] et [ja].

4. Analyse spectrale

Grâce à l'utilisation du logiciel Praat, on a également pu observer la répartition spectrale sur l'axe fréquentiel des mots. On remarque que dans chaque mot et phonème, il y a une alternance et une égalité entre phonèmes aigus et graves, ce qui permet dans chaque mot de tester la compréhension dans les fréquences graves et aigues. On sait déjà les compositions spectrales de chaque phonème, mais ce qui est intéressant dans cette partie, c'est de pouvoir analyser comment s'articulent les phonèmes entre eux et les répercussions qu'il peut y avoir sur le mot.

Les phonèmes [s], [S] et [t] ont leurs informations spectrales dans le haut du spectre. Par exemple, si l'on regarde le spectrogramme [sizo], il y a beaucoup d'informations spectrales dans le haut du spectre, donc lors de nos tests, il faudra être vigilant car il peut y avoir des confusions phonétiques très facilement sur ce mot. [Annexe 2, liste 2 BOREL-MAISONNY]

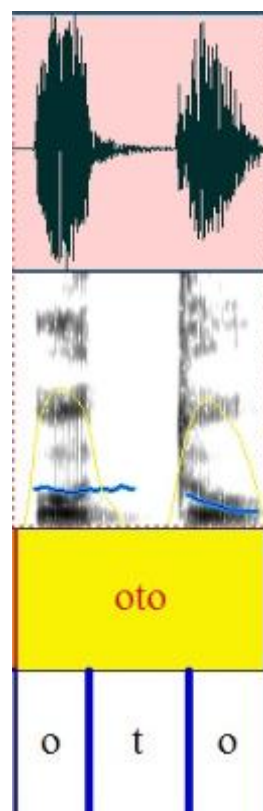


Figure 29 : Spectrogramme de [oto]

Les caractéristiques spectrales du phonème [t] ont un bruit faible ainsi que beaucoup d'énergie dans les hautes fréquences, ce qui a pour conséquence que beaucoup de patients ne perçoivent pas correctement ce phonème et s'aident des transitions pour l'identifier.

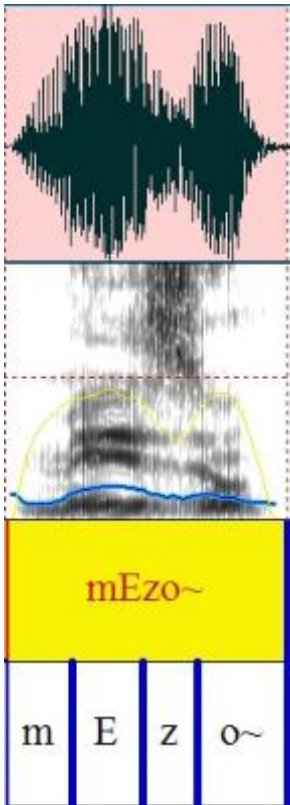
De plus, on remarque, grâce au spectrogramme ci-dessus, que le phonème [t] prend facilement le voisement de la voyelle précédente. De par le [o], ce mot possède beaucoup d'informations spectrales dans le bas du spectre d'où une reconnaissance facilitée pour les personnes presbyacousiques.

La position des formants n'est pas stable et constante lors de la production d'un même son. Or c'est évidemment le différentiel de hauteur de chacun des deux formants qui permet l'identification des voyelles, d'où la difficulté de certains patients à identifier le même phonème mais dans un contexte différent.

De récentes études ont montré que le bruit de relâchement de certaines consonnes occlusives pouvait évoquer d'autres consonnes selon la voyelle qui suivait. Le [p] et le [t] sont uniformément perçus quelque soit la voyelle selon que le bruit de relâchement soit grave ou aigu. Cependant le phonème [k] dépend dans la plupart des cas de la position de ce bruit par rapport au formant F2 de la voyelle suivante. On a tendance en effet à préparer le point d'articulation du phonème suivant ou à garder le précédent, lorsque l'organe correspondant n'est pas en jeu dans l'articulation du phonème actuel : c'est ainsi que le [k] explose dans une cavité antérieure mise à la forme du phonème suivant ou précédent, d'où une forte influence de [k] en fonction du contexte.

Dans les hautes fréquences, il y a une difficulté supplémentaire, quant à l'identification des phonèmes. Les transitions sont inopérantes pour certaines distinctions comme [ti] et [ki] où seul compte la répartition spectrale du bruit du relâchement dans les hautes fréquences plus compactes dans le cas de [k] que dans le cas de [t].

Figure 30 :
Spectrogramme de
[mEzo~]



Le phonème [z] est une des consonnes les plus aigues avec le [s], donc pour des patients presbyacousiques le plus difficile à identifier et le plus porteur de confusions. De plus, lorsque ce phonème est entouré de deux voyelles comme ci-dessus [E] et [o~], les formants de ces voyelles influencent le phonème [z] dans le bas du spectre.

Les phonèmes [s] et [S], de part leur forte intensité et leur hauteur de bruit très élevée n'ont pour les normoentendants aucune difficulté à être reconnu. Leurs transitions vers la voyelle suivante jouent un rôle mineur. Cependant, il devient plus important pour les malentendants avec une perte dans les fréquences aigues de capter ces informations et donc de s'aider des transitions afin de comprendre le phonème. Plus la transition du premier formant est faible, plus la consonne est sourde.

Si le bruit est faible comme pour les fricatives labiodentales [f] et [v], les transitions seront indispensables pour différencier les deux phonèmes, en plus du voisement présent dans le phonème [v].

Le phonème [l] possède un formant F1 vers 300Hz et le formant F2 est en fonction des voyelles adjacentes. Quant au phonème [m], il a un lieu d'articulation identique au phonème [p] et [b] donc une confusion plus facile. Le phonème [n] est alvéolaire, comme [t] et [d]. Les formants de [m] sont plus graves que ceux de [n], ce qui pourra aboutir à plus de confusions avec le phonème [m].

Les phonèmes [i], [e] et [y] ont beaucoup d'informations spectrales dans les fréquences aigues. [i] est la plus aigüe de toutes les voyelles. Il y a une forte influence en fonction du contexte comme par exemple ci-dessous où les formants de [i] de [fij] sont beaucoup plus marqués par rapport au [i] de [suRi].

Cela est dû au fait que le [R] est très peu marqué et donc influence beaucoup moins le [i] par rapport au [f].

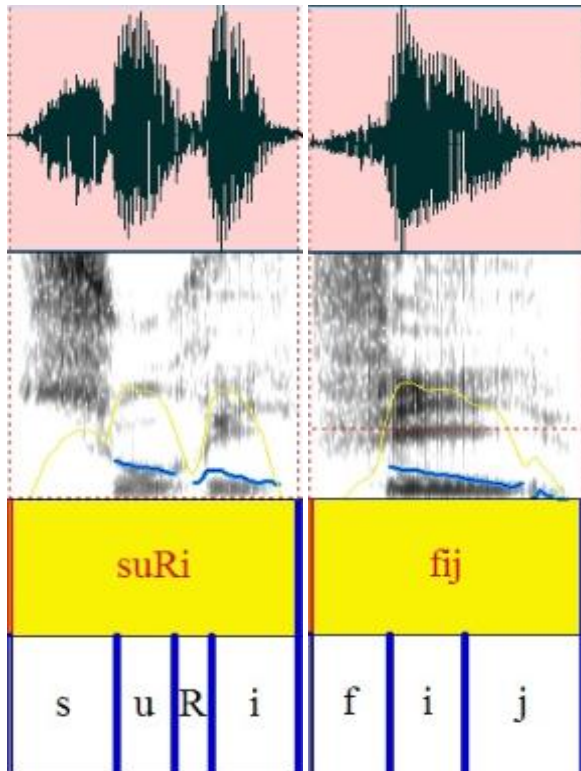


Figure 31 : Spectrogramme de [suRi] et [fij]

Les formants de [a] sont constants, vers le bas ou vers le haut en fonction du formant F2 et de son entourage vocalique. Ci-dessous, le formant F2 est descendant à l'approche du phonème [p] alors qu'il est montant à cause du voisement et des caractéristiques spectrales de [d]. Cela va modifier l'intonation et peut influencer les erreurs sur le phonème [a].

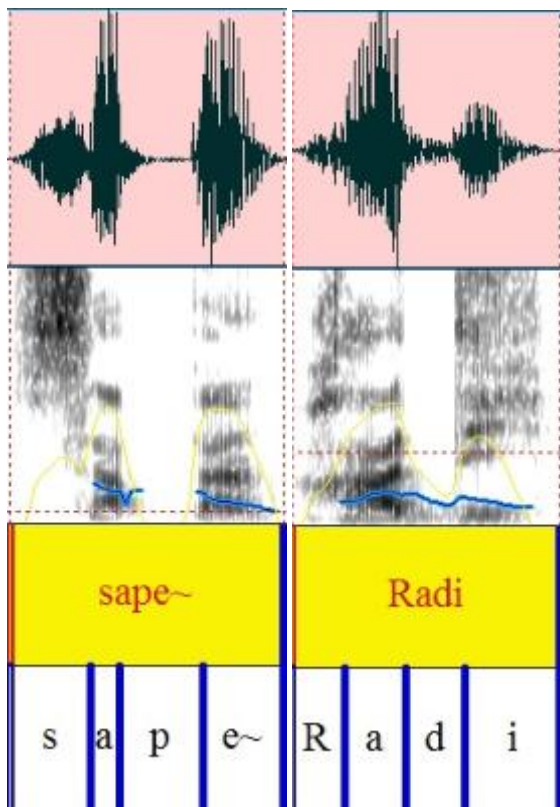


Figure 32 : Spectrogramme de [sape~] et [Radi]

Les voyelles nasales [o~], [a~] et [e~] sont très proches de leurs correspondantes orales [o], [a] et [e]. De plus, elles ont beaucoup d'informations spectrales dans les fréquences graves, dû à la nasalisation et donc à priori ne posant pas de problème pour leur identification.

Les consonnes vocaliques [J], [j] et [w] sont intriquement liées avec la voyelle qui suit. On retrouvera un grand mouvement au niveau des formants dans ces phonèmes ainsi que beaucoup d'informations plutôt dans le bas du spectre.

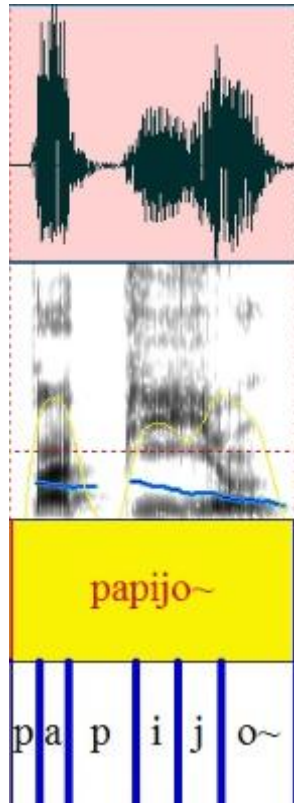


Figure 33 : Spectrogramme de [papijo~]

Le phonème [ʒ] a le formant F1 très marqué et donc permet une identification facile. Cependant, il est peu présent dans les listes émises pour les patients, certainement à cause de son identification facile.

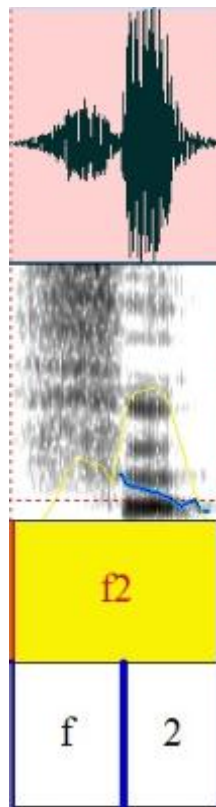


Figure 34 : Spectrogramme de [f2]

Le phonème [ə] est très présent pour les phonèmes des listes de logatomes contrairement aux listes de mots où il est complètement effacé à la fin de la prononciation. Il est très lié à son contexte et va même jusqu'à disparaître s'il suit certains phonèmes comme les fricatives non voisées ([f], [s], [ʃ]) ainsi que [z] et [k].

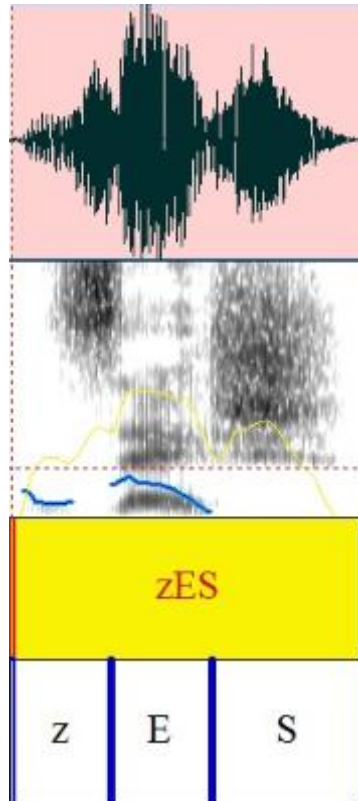


Figure 35 : Spectrogramme de [zES]

Ce phonème est plus visible s'il est précédé de phonèmes comme [d], [Z] et [v].

Enfin, il est bien entendu et visible s'il suit les consonnes vocaliques comme [m] et [n].

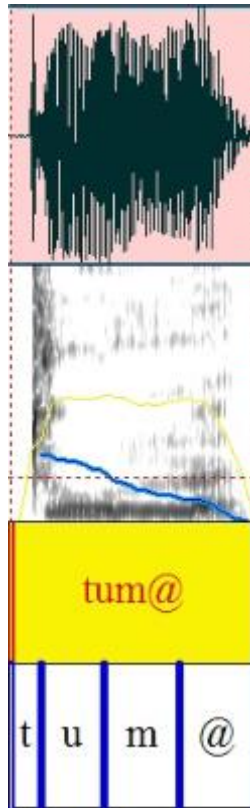


Figure 36 : Spectrogramme de [tum@]

5. Difficulté des listes [annexe 3]

5.1 Listes enfants

Pour notre étude sur les patients, on prendra des listes avec une difficulté semblable afin de s'assurer d'une complète égalité entre les réponses des patients. On va donc privilégier pour les listes enfants de LAFON les listes numérotées 2, 3 et 5 qui ont respectivement un taux de difficulté 2,1 ; 2,4 et 2,4. Pour les listes enfants de BOREL- MAISONNY, on préférera les listes 1, 3 et 5 qui elles ont un taux de difficulté 2,7 ; 2,6 et 2,6.

Les listes de logatomes et de phrases ne rentrent pas dans la méthodologie de calcul avec le logiciel iPhocomp car d'une part les logatomes n'ont pas de sens donc ne peuvent pas rendre compte de la difficulté des mots et d'autre part les phrases contiennent plusieurs mots et peuvent être facilités par les transitions formantiques, qui aident beaucoup à la compréhension.

6. Répartition des phonèmes [annexe 4]

Pour tester un patient sur ses capacités de reconnaissances phonétiques, il est très important que les listes testées soient représentatives de l'ensemble des phonèmes de la langue française, c'est à dire comme cité plus haut, 36.

Sur 10 mots, il est impossible d'atteindre cette répartition, cependant on a répertorié les phonèmes dans chaque liste et sélectionné donc des listes de mots qui possèdent plus de 80% des phonèmes dans chaque liste. Les listes enfants de LAFON présentent une meilleure répartition des phonèmes que les listes pour enfants de BOREL- MAISONNY. Il faudra alors s'assurer que lors des tests sur les patients, cela n'est pas dommageable en termes de possibilité de réglages des appareils.

6.1 Listes enfants LAFON

Toutes les listes pour enfants possèdent entre 34 et 39 phonèmes. La répartition de phonèmes entre chaque liste est constante, en effet on retrouve la même fréquence de phonèmes à 2 près dans chaque liste.

Les occlusives, les nasales [m] et [n] ainsi que les fricatives non voisées sont bien représentées et à un taux de récurrence constant.

Les fricatives voisées [v], [z] et [ʒ] sont globalement peu représentées.

Cependant on constate que le phonème [a] a un taux de récurrence plus élevé que les autres phonèmes étant donné qu'il est représenté jusqu'à 10 fois dans une liste (liste 5).

Les phonèmes [ʃ], [y], [E] et [9] sont pas ou très peu représentés dans ces listes, de même que les voyelles nasales.

Les listes 1 et 2 sont les mieux représentées au niveau de la répartition des phonèmes.

6.2 Listes enfants BOREL- MAISONNY

Les listes de BOREL-MAISONNY sont moins bien représentées au niveau de la répartition des phonèmes que les listes de LAFON.

Les phonèmes [d], [g], [n], [ʒ], [y], [ʃ] et [9] sont très peu ou pas présents. Cela peut être dommageable pour les occlusives voisées [d] et [g]. Cependant les phonèmes [t] et [k] prononcés respectivement dans le même lieu d'articulation que [d] et [g], sont bien représentés ce qui peut compenser au niveau spectral.

Les phonèmes [a] et [o] sont fréquemment présents dans cette liste.

La liste 3 est la mieux représentée.

6.3 Listes de logatomes

Chaque liste de logatomes contient 33 phonèmes. Les phonèmes [I], [R], [O] et [9] n'y sont pas ou très peu représentés.

On note la même répartition de phonèmes entre chaque liste, ce qui est très important pour des listes équilibrées.

Le phonème [a] est plus représenté que la moyenne (environ 3 à 6 phonèmes par liste), ce qui est inhabituel. Cependant, dans la plupart des cas, ce phonème est pratiquement muet et peut ne pas être émis.

La liste 7 est la plus équilibrée selon cette condition, puisqu'il y a seulement 4 phonèmes qui n'y sont pas.

7. Distance dans la distribution [10]

Selon le précis d'Audioprothèse tome I, on peut observer que les listes de phrases de COMBESCURE sont équilibrées puisqu'elles ont toutes une distance du X au carré qui oscille entre 2,7 et 4,7.

On utilisera les premières listes de phrases qui sont plus équilibrées que les dernières.

Conclusion

Pour notre étude expérimentale, on va donc utiliser préférentiellement la liste 2 de LAFON et la liste 3 de BOREL-MAISONNY pour les enfants. Pour les patients presbycousiques, la liste 7 sera préférée par rapport aux autres listes qui sont moins bien représentées. Enfin pour les patients déficients légers, les premières listes de phrases de COMBESCURE seront les plus utilisées. Cependant, il sera intéressant pour la suite de tester également les listes moins bien équilibrées afin d'observer une différence potentielle de résultats entre les deux listes.

Partie III Expérimentation

On va maintenant mettre en pratique les études de listes spécifiques sur nos groupes de patients.

I. Mise en place du protocole

1. Caractéristiques acoustiques

Le Décret n°85-590 du 10 juin 1985 paru au journal Officiel du 12 juin 1985 fixe les conditions d'aménagement du local réservé à l'activité d'audioprothésiste. [21]

L'article 1er impose pour une salle de mesures audio-prothétiques :

- Un volume utile minimum de 15 mètres cube
- Un niveau de bruit de fond maximal de 40 dB(A) mesuré pendant une heure
- Un temps de réverbération inférieur à 0,5s à la fréquence de 500 Hz

À ces conditions peuvent également s'ajouter :

- Une aération de bonne qualité (15 mètres cubes par heure minimum)
- Une lumière atténuée (100 à 200 lux) permettant d'améliorer la concentration du patient
- Une hauteur de cabine de 2 mètres avec un volume de 3 mètres cubes minimum pour la mesure par haut-parleur en champ diffus
- Une fréquence de résonance mécanique propre de la cabine inférieure à 7 Hertz (Norme ISO 2631)
 - Une forme quadratique de cabine est déconseillée pour éviter la formation de fréquence de résonance (Norme ISO 3741)
- Un aménagement de la cabine adéquat au confort du patient (fauteuil ergonomique, température, teinte des murs, etc)

Toutes ces conditions ont été remplies. Tous les tests ont été effectués dans une cabine audiométrique d'un volume de 20 m³ présentant une porte. La cabine est recouverte de moquette au sol avec un revêtement acoustique fixé au mur.

Avant la passation de tous les tests, on a mesuré pendant douze heures, le niveau de bruit de fond de la cabine audiométrique. Le niveau de bruit obtenu n'excédant pas 25.4 dB A dans la zone conversationnelle : cela est donc conforme aux normes en vigueur qui promulgue que « le niveau de bruit de fond équivalent mesuré pendant une heure ne doit pas être supérieur à 40 dB A soit $Leq \leq 40 \text{ dB A}$ ».

Le Collège National d'Audioprothèse estime cette valeur trop élevée et demande à ce qu'elle soit ramenée à 30 dB A, ce qui serait plus juste lorsque l'on sait qu'un bruit de fond de 20 dB A dans une cabine audiométrique altère les résultats audiométriques chez un normo-entendant.

On a également réalisé une analyse de l'acoustique de la cabine audiométrique avec une mesure du temps de réverbération moyennée sur 6 mesures. On a tenu compte de toute l'étendue du spectre et non seulement de la fréquence 500Hz comme le préconise la norme. On retrouve une moyenne du temps de réverbération de 0.39s, avec plus précisément :

Temps de réverbération Tr	Fréquence
0,55s	125Hz
0,5s	250 Hz
0,45s	500 Hz
0,35s	1000 Hz
0,33s	2000 Hz
0,33s	4000 Hz
0,28s	8000 Hz

Figure 37 :
Mesure du temps de réverbération dans la cabine audiométrique

2. But de cette étude

Le but de cette étude est de tester chaque groupe de patients avec leurs listes spécifiques, d'en extraire les confusions émises et de les analyser. Ceci dans le but de pouvoir améliorer les réglages de leurs appareils. Durant cette étude, on a analysé les listes des tests spécifiques pour en ressortir des listes mieux équilibrées et mieux représentées que leurs analogues. On va maintenant comparer les résultats trouvés avec les listes spécifiques par rapport aux résultats trouvés avec les listes de FOURNIER à partir des mêmes patients, et ce dans le but de contrôler si le fait de ne pas avoir de listes équilibrées comme celles de FOURNIER influe beaucoup sur les confusions émises et donc les réglages.

3. Patients testés [annexe 5]

Mes patients seront divisés en trois groupes distincts comme cités plus haut :

3.1 Les enfants

Pour ce groupe, on a testé 6 enfants avec une moyenne d'âge de 10 ans.

Ce sont des enfants en âge de lecture, c'est à dire âgé de plus de 6 ans et présentant la même perte auditive uniformément sur toutes les fréquences. On choisit des enfants avec une perte moyenne. En effet, avec une surdité profonde, le test serait difficilement faisable étant donné qu'il faut répéter des mots et être dans le langage de la parole. De plus, un enfant avec une surdité légère n'obtiendrait pas des résultats significatifs dans le silence.

Seront exclus de cette étude, les enfants dyslexiques car ils présentent déjà de nombreuses confusions phonétiques.

3.2 Les personnes presbycousiques

Pour ce groupe, sept patients ont été testés avec une moyenne d'âge de 70 ans.

Ces personnes sont appareillées depuis au moins un an et donc ayant eu le temps de s'accommoder à ses appareils. Elles seront choisies en fonction de leur profil audiométrique. On choisit des patients avec une presbycousie moyenne. On a essayé de prendre un panel de patients hétérogènes au niveau de leur âge. Seront exclus de cette étude, les patients atteints de recrutement et de distorsions cochléaires et les patients appareillés avec des appareils à transposition fréquentielle.

3.3 Les personnes en difficulté ou retard mental léger

Ce groupe comptabilise 7 patients testés avec une moyenne d'âge de 68 ans.

Ces personnes doivent être appareillées depuis un an minimum également avec une surdité moyenne voire sévère. On a aussi voulu mettre dans ce groupe les personnes séniles (Alzheimer, démence..), car il est aussi très difficile de les tester et au vu de l'espérance de vie de plus en plus élevée, ces patients seront dans les prochaines années de plus en plus nombreux.

4. Protocole expérimental

Un protocole expérimental rigoureux a été mis au point afin de tester les patients sélectionnés. Les patients ayant participé étaient tous volontaires et prévenus de la durée de l'épreuve. Un rendez-vous était généralement fixé pour contrôler les appareils et effectuer une audiométrie tonale appareillée en binaurale avant de passer les tests. Cela confirmait le fonctionnement des appareils et le bon état du conduit auditif externe. Les tests phonétiques étaient alors réalisés après ces contrôles.

Les tests phonétiques se dérouleront en champ libre.

Le choix de l'audiométrie en champ libre est dicté par la présence d'aides auditives dans le panel des groupes de patient, ce qui exclut tout examen au casque à cause notamment du larsen. On veut également tester les patients avec leurs appareils, pour voir les confusions possibles malgré ces derniers et qui peuvent être notamment causé par l'effet des traitements de signal. C'est pour cette raison que les bonnes caractéristiques acoustiques devaient être contrôlées.

Le patient sera donc face au haut parleur central situé à un mètre environ et les autres haut-parleurs ne seront pas en marche. On effectuera les tests sur les patients avec les deux oreilles avec appareil en choisissant à chaque fois une liste faisant partie de celles choisies en fonction des groupes de patients et une liste non équilibrée du test de FOURNIER.

Le choix d'appareils pour cette étude n'a pas d'impact. On choisit tout de même des patients appareillés bilatéralement en contour d'oreille et depuis plus d'un an. En effet, c'est important que les patients soient habitués à leur appareillage et à entendre à travers leurs appareils pour avoir des résultats les plus proches possibles de la réalité.

Une otoscopie préalable est nécessaire afin d'identifier les éventuelles modifications du conduit auditif externe et de vérifier l'intégrité de la membrane tympanique.

Un contrôle complet ainsi qu'un nettoyage des appareils est également nécessaire avant de réaliser les tests. De plus, on réalisera également une audiométrie tonale afin de s'assurer qu'il n'y ait pas d'évolution.

Dans le cas où ces conditions anatomiques, électroniques ne seraient pas remplies, on reporte les tests à un moment ultérieur.

L'intensité des tests a d'abord été choisi en fonction du seuil d'audition appareillé en binaurale. Les tests ont été diffusé à une intensité supérieure de 10dB par rapport à la perte tonale moyenne à 500-1000-2000-4000 Hz.

On a testé plusieurs intensités, notamment l'intensité de 10dB supérieure par rapport au seuil d'audition à 1000Hz. Ces intensités peuvent présenter des biais pour les patients presbyacousiques qui ont encore une bonne conservation du 1000Hz. De plus, c'est la perte tonale moyenne +10dB qui a démontré de meilleurs résultats. En effet, les patients faisaient des confusions mais comprenaient tout de même le mot.

Afin d'être sûr de la bonne intensité du test, on a réalisé une liste test sur tous les groupes de patient avant le début du protocole.

Les tests pour chaque patient ne doivent pas dépasser 30 minutes étant donné qu'alors un biais supplémentaire peut s'ajouter comme énoncé plus haut vis à vis de la fatigabilité du sujet et donc une baisse d'attention importante.

Les consignes seront simples mais ne doivent pas être négligées : chaque mot entendu même sans signification doit être répété. Il est très important d'insister sur ce point car cela peut fausser les résultats si le patient n'a pas correctement compris les consignes.

Si un mot pose problème au patient, il faudra le rassurer et lui dire de surtout rester concentré pour le prochain mot.

Chaque mot non répété ou déformé est compté comme faux. On aboutit à des types de fautes et un nombre de fautes pouvant être comparés entre eux en fonction des listes choisies pour les groupes de patients et les listes classiques utilisées dans encore beaucoup de centres d'audioprothèse.

Le testeur barre alors les phonèmes erronés et note avec quels phonèmes ils ont été confondus afin de savoir l'origine et la cause de cette confusion.

II. Remarques quant au déroulement des tests

1. Les patients presbycousiques

A l'analyse des résultats et aux ressentis des patients, les logatomes émis paraissent beaucoup moins nets et clairs par rapport au mots émis des listes de FOURNIER. Tous les mots ont pourtant été calibrés et sont émis par le même haut parleur et dans la même pièce. On constate ces impressions avec les résultats de confusions qui sont beaucoup plus importants à une même intensité entre les deux types de listes.

On a alors tout de même modifié l'intensité de 5 en 5dB qui était trop basse. En effet, pour une efficacité, il faut un pourcentage d'erreurs phonémiques de 30 à 40% avec un pourcentage de 60 à 70% de phonèmes correctement répétés.

Pour comparatif, pour atteindre le même nombre de confusions avec les listes de FOURNIER qu'avec les listes de logatomes, une intensité diminuée de 10 à 15dB était nécessaire. Cela nous prouve bien que les patients uniquement testés avec les listes de FOURNIER n'ont pas un niveau d'intelligibilité qui est juste, puisque la suppléance mentale est très forte pour ces patients.

Pour certains patients ayant des appareils depuis longtemps, on s'est rendu compte qu'il était très difficile de les faire parvenir à répéter des mots qui n'avaient aucun sens. Leur suppléance mentale est tellement forte, que malgré des instructions répétées plusieurs fois, les patients analysaient les logatomes et répétaient des mots connus de la vie courante et qui ont du sens. De plus, ce sont des patients qui utilisent beaucoup la lecture labiale et le fait de ne pas voir les lèvres les a fortement perturbé.

On a répertorié les mots significants que les patients répètent le plus souvent.

Figure 38 : Fréquence des mots signifiants répétés

Mots répétés	Fréquence
Syd	1
Rege~	1
Zifl	2
So	1
Zum	1
Zo	1
Dyn	1
mo~ti	1
ZEf	2
mygE	1
Kul	1
a~fa~	2
So	1
sa~dR	1
ZEst	3
m9bl	1

2. Les patients enfants

On s'est rendu compte que les enfants effectuent plus de fautes avec les listes de FOURNIER. En effet, les mots utilisés comme [bl2E] ou [se~du] ne font pas partie du langage habituel des enfants. On sait que ces listes ne sont pas équilibrées, d'où une difficulté supplémentaire qui ressort plus chez les enfants que chez les autres patients. Les listes de Fournier étaient émises en dernier après les listes pour enfants de LAFON et de BOREL- MAISONNY, d'où une fatigue et un manque de concentration supplémentaire.

On remarque tout de suite si les enfants ont vraiment compris le mot ou certains phonèmes au temps d'attente avant de répéter. Au bout de 2 secondes de temps d'attente, on peut estimer que l'enfant n'a pas bien entendu et recherche un mot qui pourrait convenir avec les phonèmes qu'il a correctement entendu. La suppléance mentale, même chez les jeunes enfants, joue déjà un rôle important. S'ils ne trouvent pas un mot correspondant, alors ils en inventent un comme [tapi] répété [kapyS].

3. Les patients déficients légers

Ces patients n'étaient rapidement plus attentifs, il fallait donc stopper le test et les recentrer sur la raison des tests effectués. De plus, ils étaient très lents, la liste émise était donc souvent stoppée le temps de pouvoir répéter la phrase.

Ils se décourageaient vite au vue de la longueur des phrases. Il fallait donc les encourager à répéter ce qu'ils entendaient même quelques mots. Je me suis rendue compte que pour ces patients là, principalement les patients âgés pour qui le dialecte alsacien est leur langue d'origine, il était très difficile d'effectuer les tests de phrases et de FOURNIER. En effet, ces listes nécessiteraient pour les patients des mots alsaciens car la maladie les empêche de comprendre encore aussi bien la langue française. On a alors utilisé les listes pour enfants afin d'avoir des mots répétés par les patients.

Il y avait également une difficulté importante de la part du testeur à comprendre les gens avec une prononciation difficile et à distinguer les confusions.

III. Analyse des erreurs de prononciation

Toutes les listes utilisées comportent plus d'erreurs de phonèmes sur les consonnes malgré une égalité entre consonnes et voyelles dans chaque liste. Les presbyacousiques sont majoritairement concernés pour ces erreurs. Les consonnes s'appuient sur les transitions, qui changent rapidement de fréquences, et qui sont donc plus difficiles à percevoir au niveau temporel. Si le patient a des problèmes dans les fréquences avec le bruit aigu en particulier, et des problèmes temporels, cela affectera surtout les consonnes.

On a répertorié les erreurs en fonction des différentes listes utilisées. Les listes de logatomes présentent plus d'erreurs que les autres listes. Elles sont donc plus sujettes à aider au réglage des aides auditives. Il y a moins de confusions entre les logatomes VCV qu'avec les logatomes CVC, ce qui est donc logique puisque les logatomes CVC ont une difficulté supplémentaire puisque le premier phonème est une consonne et qu'ils sont au nombre de deux dans ces logatomes.

On observe au vu des erreurs réalisées que les phonèmes n'ont dans tous les cas qu'un trait de différence. Ce sont des phonèmes qui sont très proches du point de vue articulaire.

On remarque que certains patients, ayant une perte plus importante que les autres, malgré une audiométrie champ libre appareillé satisfaisante, ont beaucoup de mal à comprendre les mots. Plus la perte d'audition est importante, plus le patient a des difficultés pour percevoir les transitions de formants, éléments pourtant indispensables à la reconnaissance des phonèmes, comme on a pu le voir. L'âge a également malheureusement un effet délétère sur la capacité à détecter des transitions de formant.

La théorie de DELATTRE sur le locus met en avant l'importance des transitions de formants. En effet, le locus permettrait de déterminer la direction des transitions formantiques quelque soit la voyelle adjacente. [22]

1. Listes de logatomes [annexe 6]

Une confusion dans un sens entre deux phonèmes n'a pas montré une réciprocity de confusion dans l'autre sens, ce qui peut paraître étrange. Si les patients ne perçoivent pas un indice important pour l'identification d'une consonne ou d'une voyelle, ils peuvent confondre celle-ci avec les sons qui leur ressemblent le plus, cet indice excepté.

Cependant, si c'est toute une zone qui est affectée, et que cette zone était importante pour plusieurs sons, la confusion se fera alors dans les deux sens.

1.1 Consonnes

La consonne [p] est souvent confondue avec [k]. Ce sont toutes les deux des occlusives sourdes orales, seul le lieu d'articulation change ici. Le phonème [g] est majoritairement confondu avec [b] sauf que c'est une confusion d'une vélaire à une bilabiale. De même que le phonème [d] est souvent confondu avec [g] ainsi que [b] avec [d]. Par exemple, pour [pab@] répété comme [pad@], les occlusives sont alors très difficiles à identifier en fin de mot. De plus, la prononciation peut être aussi ambiguë, n'oublions pas que même si on travaille sur des listes enregistrées sur CD du Collège National d'Audioprothèse, il y a parfois des prononciations plus difficiles que d'autres.

Le [t] est ici souvent confondu avec le [d], ce sont des occlusives dentales. Seul le voisement présent sur le phonème [d] permet de faire la différence. Cette confusion, malgré tout, n'est pas évidente, car pour identifier [d], les patients devraient s'appuyer sur la fréquence fondamentale F0 dans le bas du spectre, qui n'est pas présente puisque [t] est produit. Il s'agit sans doute d'un problème de mauvaise perception du bruit donc de l'intensité.

De même, avec [Z] souvent confondu avec [S]. Pour cette confusion, par contre, le patient n'entend pas de voisement alors qu'il y en a. De même, que la confusion de [z] répété [d] majoritairement. Les confusions inter-modes illustrent une erreur temporelle au niveau de la durée des bruits.

Le [k] est un des seuls phonèmes à être confondu à la même fréquence avec deux phonèmes proches dont l'un, [g], où la confusion est due au voisement, et l'autre, [t], où elle est due au lieu d'articulation.

Le [s] l'est également puisqu'il est confondu avec [f] qui est aussi une fricative non voisée et avec [t] qui est comme [s], une dento-alvéolaire non-voisée. Ici, cependant c'est le mode d'articulation qui sera différent, contrairement aux autres confusions qui sont plus courantes sur le lieu ou le voisement.

L'amplification de la friction pour [s] sur des zones très proches de celles de [f] explique la mauvaise identification du trait aigu avec les appareils. Seul la hauteur du bruit, qui vient du lieu d'articulation est ici mal perçu, d'où un problème dans les très hautes fréquences.

Dans 2 cas sur 3, le patient a rajouté un phonème [t] non présent à la base au [s], faisant ainsi une succession de deux phonèmes comme [ZEst] et [Zyst]. La succession de ces deux phonèmes ayant beaucoup d'informations spectrales dans le haut du spectre est également influencée par la suppléance mentale et par la ressemblance entre le [s] et [t].

Le [v] est ici confondu avec [R], or il n'y a pas ou peu de trait en commun pour ces phonèmes, seul le voisement est similaire. Le phonème [R] en position intervocalique est surtout perçu grâce aux transitions formantiques. Si l'on observe ces confusions, on remarque que la suppléance mentale joue un grand rôle comme [2vo] confondu avec [2ro] ou [nuv] avec [luRd].

Le [v] est aussi beaucoup confondu avec [b]. Ils ont des traits en commun : ce sont des orales, labiale et labio-dentale, avec une faible intensité pour les deux phonèmes ainsi que des transitions caractéristiques des labiales.

Le [n] est souvent confondu avec le [m], ce sont tous deux des phonèmes nasales, seul le lieu d'articulation change. Le [n] est souvent également confondu avec le [b], et en effet ce sont toutes les deux, des bilabiales sonores. Seule la nasalité présente au phonème [n] change.

Le [S] comptabilise le plus de confusions avec un même phonème, le [s]. Ce sont toutes les deux les consonnes les plus élevées au niveau du spectrogramme. La confusion est donc logique puisque les patients sont presbyacousiques et n'entendent donc pas les fréquences aiguës.

Quant au [f], c'est le phonème qui présente le moins de confusions alors qu'il est bien représenté dans ces listes. Ce phonème a plus d'informations en bas du spectre d'où des confusions moins évidentes.

Les phonèmes [s], [z] et [b] présentent le plus de confusions. Les confusions [s] et [z] paraissent logique vu leur spectre aigu. Cependant les confusions avec le phonème [b] sont illogiques. Elles peuvent provenir d'un mauvais réglage au niveau du traitement de signal des appareils que l'on verra plus loin.

1.2 Voyelles

Les quelques confusions remarquées entre les voyelles sont majoritairement entre [o] et [o~] où seul la nasalité marque la différence. On note également quelques confusions entre mêmes phonèmes orales et nasales comme [a] avec [a~] et [E] avec [e~].

Malgré des erreurs sur des phonèmes à prédominance grave, la perception de ces traits est plus dépendante de l'acuité fréquentielle, c'est à dire la perception fine de la structure de la parole (modulations d'amplitudes supérieures à 500Hz) que de l'acuité temporelle, c'est à dire la perception des basses fréquences de modulations (perception des modulations d'amplitudes inférieures à 50Hz).

On observe également une confusion entre [i] prononcé [y], avec les deux premiers formants très proches.

La faible fréquence de confusions des voyelles par les patients appareillées peut s'expliquer par le fait que les voyelles, produites par les vibrations des cordes vocales, sont reconnues comme des éléments acoustiques stables et continus. Le voisement des voyelles permet une meilleure transmission des indices acoustiques, ce qui entraîne une amélioration significative de la perception des traits articulatoires des voyelles.

2. Test de phrases de COMBESCURE

Ces patients avaient de grandes difficultés quant à répéter des phrases entières. La plupart des erreurs réalisées sur ces listes tenaient au fait que les phrases n'étaient pas entièrement ou correctement répétées. Ils oubliaient la fin de la phrase pendant qu'ils la répétaient.

Certaines phrases n'étaient pas comprises, car trop difficiles et les patients faisaient un blocage et ne les répétaient pas du tout. Certaines phrases à répéter étaient des questions et par réflexe, les patients au lieu de répéter la phrase, répondaient aux questions d'où des erreurs qui auraient pu être évité.

On remarque beaucoup de confusions qui n'ont rien à voir entre elles comme [dwa] confondu avec [glas] ainsi que beaucoup de confusions au niveau des articles comme par exemple [ma] confondu avec [la] ou [vu] avec [Ze]. Ces erreurs ne sont pas dues à une mauvaise compréhension mais principalement à un manque de concentration de la part de ces patients.

3. Tests enfants LAFON et BOREL-MAISONNY

On remarque que les patients font plus d'erreurs avec les listes de LAFON, ce qui peut paraître étrange étant donné que les listes LAFON sont les plus faciles selon le logiciel iPhocomp avec un niveau variant de 2.1 à 2.4.

On rejoint, comme cité précédemment que les mots non ou mal répétées correspondent le plus souvent à des mots considérés comme faciles selon notre échelle de difficulté des mots comme [li], [tapi], [oto], [nwa] et [sitRo~].

Les listes de LAFON sont mieux représentées que les listes de BOREL- MAISONNY surtout au niveau des occlusives sonores [d] et [g], des phonèmes [n], [Z] et la voyelle [y]. Or ce sont des phonèmes qui peuvent prêter facilement à confusion, d'où certainement un nombre plus important d'erreurs sur ces listes.

L'erreur sur le mot [sitRo~] des listes enfants peut être concevable si les patients avaient une perte plus importante dans les fréquences aigues mais tous les patients enfants avaient une perte moyenne plate. Il peut y avoir une explication du fait que soit il manque du gain dans les fréquences aigues ou soit la bande passante supérieure des appareils auditifs ne suffit pas à donner assez d'informations spectrales dans le haut du spectre d'où une difficulté à identifier les mots considérés comme aigus.

Un tableau récapitulatif des erreurs de confusions sur les listes enfants n'est pas instructif étant donné que l'on s'est rendu compte que les enfants qui captent seulement un phonème sur tout le mot, inventent un mot autour de ce phonème compris. Ces phonèmes en question sont majoritairement les voyelles. La suppléance mentale joue beaucoup.

Dans la liste 2 de BOREL-MAISONNY, le mot [persil] est répété comme [persi]. La patiente S. Louane a transformé ce mot et a répété [persil].

De plus, quelques enfants ne répétaient pas le mot car ils l'avaient mal compris et ce, malgré les consignes. Ils faisaient un blocage psychologique et avaient peur de mal faire.

On a également noté que pour les enfants, l'intensité Perte Tonale Moyenne (PTM) + 10dB pour les listes enfants convenait parfaitement, contrairement aux autres groupes de patients où une correction de 5 à 10 dB supérieure était nécessaire pour les listes spécifiques.

Il y a très peu d'erreurs intéressantes avec les enfants sur les listes de FOURNIER : soit ils ne les répètent pas du tout ou soit ils les répètent juste sans confusions.

[4. Test de FOURNIER \[annexe 6\]](#)

Les confusions sur les voyelles sont un peu plus importantes mais restent tout de même plus faibles que sur les consonnes.

[4.1 Consonnes](#)

Les erreurs sur les consonnes qu'elles soient initiales ou intermédiaires sont à égale fréquence, alors que d'après des études, on devrait avoir plus d'erreur sur les consonnes intermédiaires.

Certaines confusions dans les listes de logatomes se répercutent dans les listes de Fournier comme le [p] confondu avec [k] ; le [k] avec le [g] ; le [Z] avec le [S] ; le [v] avec le [b].

Le [b] est très majoritairement confondu par rapport aux autres phonèmes, comme dans les listes de logatomes. Il est dans des grandes fréquences confondu avec le phonème [p], ce qui nous ramène à une confusion de voisement. Par exemple, le mot [RabE] est souvent répété comme [RapE], on a alors ici une erreur phonémique au niveau de la consonne intervocalique du principalement au contexte qui n'est pas le même.

Le [g] est confondu avec [b] et avec [k], ce qui nous ramène à une confusion de lieu différente que lors de la confusion dans les listes de logatomes et une confusion de voisement.

Le [d] est confondu avec le [b], ce qui modifie également la confusion de lieu par rapport aux résultats précédents. Le [S] est confondu à égale fréquence avec le [f] et le [s] avec à chaque fois des confusions de lieu.

Enfin le [t] est très souvent confondu avec le [p].

4.2 Voyelles

Les plus grandes confusions sont à nouveau entre [o] et [o~].

Il y a quelques confusions entre [u] et [i] dans les deux sens alors que ces deux voyelles ont un formant F2 totalement à l'opposé. Cela est dû à la suppléance mentale : en effet le patient n'a pas entendu le [i] de [tripo] du à sa perte dans les fréquences aiguës et a recherché un mot qui se rapprochait le plus et donc a trouvé [trupo]. Les confusions entre [i] et [y] sont possibles et même fréquentes étant donné qu'elles ont des formants F1 et F2 très proches et sont donc voisins dans le triangle phonétique.

Conclusion

La liste de logatomes numérotée 7 qui a une meilleure répartition des phonèmes ne montre pas de différences palpables avec les autres listes. On peut noter que pour les listes enfants de LAFON et de BOREL- MAISONNY, les enfants font moins d'erreurs sur les listes où la répartition des phonèmes est plus équilibrée. Il faudrait étendre cette étude à un panel de patients plus importants pour vérifier ces hypothèses.

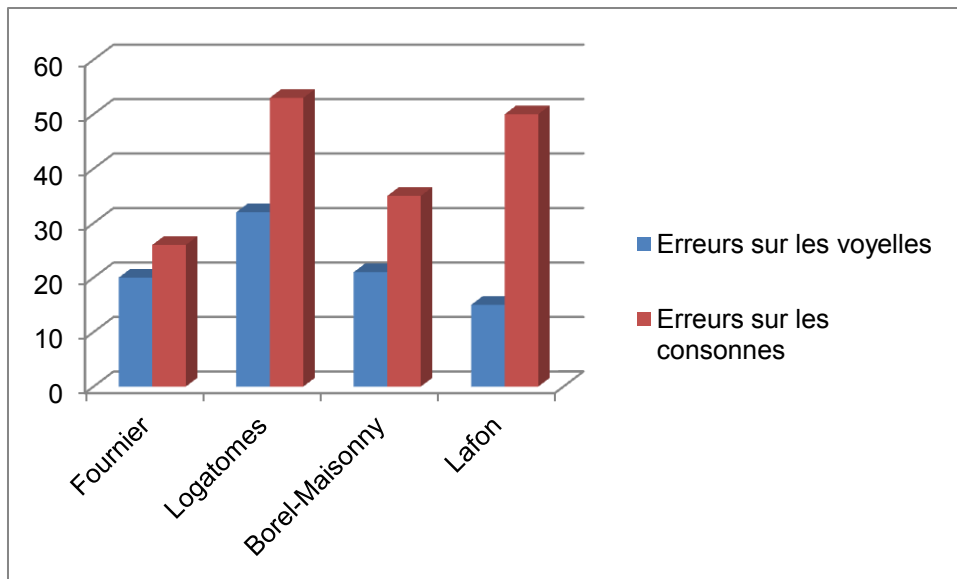


Figure 39 :
 Pourcentage du nombre d'erreurs en fonction des listes

Le peu de fautes dans les listes de FOURNIER par rapport aux autres listes enfants ou logatomes montre un vrai problème de fond et de forme sur les listes de FOURNIER. Les listes spécifiques pour les enfants et pour les adultes sont plus proches de la vraie compréhension. De plus, c'est grâce à une analyse spectrale et temporelle précise que l'on pourra déterminer les zones fréquentielles concernées et les causes d'erreur. Pour corriger ces erreurs, on pourra alors rapprocher son analyse des confusions avec la forme du champ auditif du patient appareillé. Cependant, cette analyse est beaucoup plus difficile avec le peu de fautes dans les listes de FOURNIER qui ne nous permet pas de voir l'étendue des réglages à réaliser pour que le patient soit complètement satisfait de ses appareils. Il y a aussi le facteur bruit à tenir en compte, puisque la majorité des presbycousiques se plaignent de ne pas bien comprendre en communauté.

Le test de phrases de COMBESCURE est trop compliqué pour être vraiment significatif et pouvoir aider aux réglages. Il est réputé pour connaître le niveau de compréhension des patients, mais ces phrases dont certaines sont trop longues et élaborées rajoutent un biais vis à vis des réponses des patients déficients légers qui n'est pas nécessaire. Les listes pour enfants pour ce groupe de patient peuvent également convenir et être apte à aider pour les réglages auditifs.

Partie IV Solutions apportées aux confusions phonétiques

Il me paraît important dans ce mémoire d'apporter des solutions multiples pour ces patients qui peuvent présenter encore beaucoup de difficultés de compréhension.

I. Solutions orthophoniques

J'ai pu observer durant mes stages que l'on conseillait à de plus en plus de patients ayant des difficultés de compréhension dans le calme et dans le bruit d'aller voir une orthophoniste afin d'améliorer et d'installer une compréhension plus efficace et donc diminuer les confusions phonétiques.

J'ai donc pu apprendre les méthodologies que les orthophonistes utilisent en étant en contact avec une professionnelle.

Il est tout d'abord nécessaire lors du premier rendez-vous que l'orthophoniste réalise un bilan orthophonique avec notamment des listes de logatomes de BOREL-MAISONNY afin de distinguer un trouble de production d'un trouble de perception auditive. De plus, il faut s'assurer que le patient soit motivé avant de commencer les séances car ce n'est qu'au bout d'un certain temps de travail que les premiers résultats apparaissent.

1. Discrimination auditive

Les patients n'entendent pas tous les phonèmes au début de la rééducation. Le patient alors soit le remplace par le phonème le plus proche dans la langue française, soit l'occulte alors totalement et il manque un phonème pour la compréhension totale du mot. On va alors au début apprendre au patient à détecter un mot mal compris puis dès qu'il commence à faire la distinction, on la renforce avec d'autres exercices.

Les confusions les plus courantes ont lieu sur des consonnes.

- Les voyelles
Ces confusions sont très importantes.
Au fait, on entend mieux une voyelle longue qu'une voyelle brève, un son accentué qu'un son inaccentué pour faire mieux entendre les voyelles nasales du français, on commencera par une liste de mots où la voyelle nasale est en syllabe fermée et accentuée.
- Les consonnes
On fait apprendre au patient les confusions possibles dans les trois positions: au début, milieu et fin du mot.

Pour les enfants, on trouve notamment des exercices d'entraînement auditif nommés Phonédys sur plusieurs semaines avec des objectifs chaque semaine de plus en plus poussés et complexes. On part d'exercices plus larges où le patient doit repérer les rimes, puis le son en position initial ou intermédiaire, et enfin le repérage et comptage d'un phonème cible ainsi que la répétition des mots.

De cette manière, on rééduque la conscience phonologique. Pour les plus petits, on peut également avoir une carte segmentée avec des mots où l'enfant doit colorier les parties où le mot contient un phonème spécifique et ce afin de reconstituer une forme spécifique. Il y a également des jeux de cartes très utilisés pour différencier les consonnes de même lieu d'articulation mais qui sont différenciées par le voisement.

2. Prononciation déformée

Il s'agit ici de prononcer un son déformé à l'opposé du son sur lequel le patient se trompe.

3. Tension / Relâchement

En Français, on observe des phonèmes relâchés, c'est à dire émis dans un relâchement corporel comme le [r] et les phonèmes tendus comme les voyelles.

Les occlusives sont plus tendues que les fricatives.

On fera donc travailler au patient le relâchement corporel en fonction du phonème que l'on veut émettre.

4. Labialité

C'est une méthode très utilisée qui consiste à lire sur les lèvres et à s'aider justement de la position et du mouvement des lèvres et de la bouche afin de déterminer un phonème sur lequel on peut hésiter entre deux mots.

On entraîne donc le patient à ces exercices en le faisant prononcer avec exagération des mots ou morceaux de phrases.

Par exemple, [je bois] et [je vois] sont très semblables et ne sont différenciés que par les phonèmes [b] et [v]. On regarde alors les positions des lèvres lors de la prononciation et l'on remarque que les lèvres sont en contact avec le phonème [b] tandis que pour [v], la lèvre inférieure touche les dents du haut.

5. Intonation et le trait grave / aigu

Si un son est entendu trop aigu, on le dispose avec un phonème plus grave comme [a] afin de faciliter au début sa compréhension et sa prononciation.

De même si un son est entendu trop grave, on pourra l'intercaler dans un contexte plus aigu.

Par exemple, on a les deux sons [su] et [Si] : le [u] de [su] abaisse les fréquences alors que le [i] de [Si] monte les fréquences. Ces sons sont donc ici beaucoup plus proches que prévu.

6. Durée

On peut faciliter la compréhension d'un phonème en rajoutant de la longueur à ce phonème comme par exemple [j'ai maaaaaaaal].

7. Position dans le mot

Si un son est produit trop tendu, il faut le faire répéter en le plaçant en position finale. À l'inverse, si un son est trop lâche, on le mettra en position initiale. Un même phonème positionné en milieu de mot sera beaucoup plus difficile à identifier que s'il est placé en début ou fin de mot.

8. Entourage vocalique

Il rejoint l'intonation et le trait grave/aigu.

L'entourage vocalique consiste à changer le contexte vocalique d'un phonème qui n'est pas bien entendu pour un autre contexte qui aidera à la compréhension de ce mot.

9. Découpage syllabique progressif / régressif

Si une phrase n'est pas bien perçue ou même pas du tout, on apprend au patient à découper en syllabes cette phrase afin d'en percevoir si ce n'est la totalité au moins le sens afin qu'il puisse garder un échange social.

Exemple :

[ilvaalecOI] :

[i]

[ilva]

[ilvaa]

[ilvaale]

[ilvaalecOI]

10. Gestuelle du corps

Lorsque le patient a du mal à apprendre des phonèmes qui ne font pas partie de son vocabulaire comme les voyelles nasales, on peut faire intervenir la gestuelle du corps, en impliquant son corps dans l'effort de prononciation. On peut également essayer de faire sentir le mouvement de sa langue lors de la prononciation.

11. Couleurs

C'est une méthode utilisée pour les enfants où l'on associe chaque son à une couleur pour lui faire apprendre plus vite tous les phonèmes de la langue française.

12. Jeu théâtral

On peut faire lire tout d'abord un texte comme une poésie ou un texte en prose au patient en corrigeant les confusions puis le laisser s'exprimer librement au niveau de la gestuelle et de l'expression du corps là où dans la vie quotidienne, il se sent enfermé dans des conventions.

La lecture collective permet notamment au patient de s'entraîner sur le rythme, l'accent, l'intonation, tous ces petits indices qui permettent une meilleure compréhension et nature de la phrase comme par exemple une interrogation ou une exclamation.

II.Solutions audioprothétiques

L'oreille effectue une sorte d'analyse fréquentielle du signal, à la manière d'un spectrogramme, mais l'analyse n'est pas linéaire: les basses fréquences sont analysées avec plus de finesse que les hautes fréquences; inversement la résolution temporelle est meilleure pour les hautes fréquences.

Les filtres auditifs sont plus larges que la normale chez les sujets malentendants et on note qu'en moyenne, l'élargissement est en rapport avec la perte, d'où une sélectivité fréquentielle moins bonne et donc encore plus mauvaise sur les fréquences aigues pour des sujets presbycousiques

1. Au niveau du réglage

De nos jours, le réglage audioprothétique permet un réglage par fréquences de plus en plus précis. En effet, les appareils auditifs permettent un réglage jusqu'à 48 canaux. A partir de 3000Hz, il y a un regroupement des canaux en bandes de manière à ce que les bandes des appareils correspondent le plus possible avec les bandes critiques de la cochlée.

Les bandes de réglages sont effectivement suffisamment étroites pour pouvoir avec le réglage du gain corriger une éventuelle sous ou sur-corrrection de phonèmes particuliers.

De ce fait, lors des tests phonétiques, on arrive à apprécier les fréquences où le gain n'est pas assez élevé de manière plus concrète que lors de l'audiométrie tonale. En fonction des caractéristiques acoustiques citées précédemment et des confusions phonétiques, on va donc savoir quel réglage du gain est à effectuer.

Cet ajustement des réglages est particulièrement utile pour les enfants où par manque d'attention et de fatigue, on n'arrive pas toujours à tester toute l'étendue fréquentielle et ce sur les deux oreilles.

L'observation du triangle phonétique et de la classification des consonnes va pouvoir nous renseigner sur la ressemblance des phonèmes entre eux et va pouvoir nous indiquer si les confusions sont logiques ou s'il y a un problème supplémentaire.

Si le patient fait des confusions phonétiques entre deux phonèmes proches par exemple entre [u] et [o], c'est normal car les phonèmes sont très proches entre eux et on peut facilement corriger avec un ajustement du gain sur les fréquences graves. Cependant, si une confusion s'effectue entre 2 phonèmes éloignés dans les basses fréquences par exemple qui sont à l'opposé du triangle phonétique, cela peut être plus grave et le patient peut présenter des problèmes dans les fréquences graves.

On remarque dans notre étude beaucoup d'erreurs sur le facteur voisement des phonèmes. Les indices de voisement sont transmis différemment selon leur nature : le fondamental F0 est moins bien transmis si l'appareil fournit une amplification dans les fréquences graves trop faible. L'indice temporel quant à lui est bien respecté. Cependant, l'indice énergétique du F0 est mal respecté, d'où des confusions fréquentes.

2. Au niveau du traitement de signal

2.1 Compression fréquentielle [23]

La compression fréquentielle consiste en la compression des fréquences aigües qui ne sont plus perçues naturellement par le patient sur une bande de fréquences plus basses et audible permettant alors une écoute optimisée.

Au fur et à mesure du port d'un appareillage, il est prouvé par le mémoire de David COLIN, que la discrimination catégorielle est plus grave. Il y a une plasticité neuronale qui se met en place et qui permet avec les fréquences auditives encore perçues de reconnaître des phonèmes très aigües.

La compression fréquentielle n'améliore pas l'intelligibilité des phonèmes à une intensité confortable et dans le silence.

Cependant, lors de certaines situations, elle va aider à la compréhension de certains phonèmes comme les consonnes occlusives [p] et [t] qui sont les phonèmes les plus courts ainsi que l'amélioration du trait de voisement et la distinction des phonèmes [b] et [v].

Une difficulté dans les confusions phonétiques persiste pour les phonèmes "proches".

Les fricatives sont les consonnes les plus touchées par ce traitement de signal. En conséquence, il faut être précautionneux quant aux confusions phonétiques de patients avec la compression fréquentielle et si l'on remarque de trop nombreuses confusions principalement entre [z] et [Z] et entre [s] et [S], on modifiera alors le niveau de compression fréquentielle. Les réglages précis des fréquences de compression nous permettent ainsi de trouver le meilleur équilibre individuel entre audibilité des hautes fréquences et déformation.

2.2 Compression

La compression permet de faire correspondre le champ dynamique du malentendant dans celui du normo entendant. Elle correspond à une plus forte augmentation du gain pour les sons faibles et une plus faible augmentation du gain pour les sons forts.

En régime impulsionnel et avec la mise en œuvre de ces systèmes de compression, il existe des modifications importantes de l'enveloppe temporelle surtout lorsque les impulsions d'entrée ont une durée inférieure à 20 ms. La compression de dynamique peut ainsi agir sur les sons impulsionnels du message vocal et entraîner « une modification de timbre et l'apparition d'un signal bruité ».

Les occlusives sont mieux transmises avec une compression égale à 1.

Plus le rapport de compression est élevé, plus la distorsion augmente et plus le risque de confusion phonétique augmente. Le signal est alors altéré dans sa dimension temporelle, et les appareils auditifs génèrent des confusions intermodes dont la plus fréquente est [s] confondu en [p].

2.3 Atténuateur du bruit d'impact

C'est un algorithme de réducteur de bruit présent aujourd'hui dans la plupart des appareils auditifs haut de gamme et qui cible les bruits transitoires et d'impact. Cela peut être très utile pour le patient lors de claquements de portes ou de bruits de vaisselles là où le traitement de signal n'a pas le temps d'atténuer les bruits impulsionnels.

Cela pose malgré tout un problème dans les débuts de phrases ou de mots car un phonème comme [p] avec son bruit d'explosion à la fin de la prononciation va être considéré comme un bruit d'impact et va être atténué par les appareils auditifs au point d'être inaudible par le patient. Par exemple [papa m'a dit], le premier [p] n'est pas perçu et le patient entendra [...apa m'a dit].

En conséquence, il faut être vigilant et baisser cet algorithme si l'on se rend compte de confusions de phonèmes alors que la perte auditive n'est pas centrée sur les fréquences de confusions des phonèmes.

En effet, en réglage médium, l'atténuation du premier front sonore est réduite et ne devrait pas avoir de conséquences délétères sur l'intelligibilité. En réglage minimum, il n'y a pas d'atténuation du premier train d'ondes sonores et donc pas d'atténuation des bruits d'impact.

2.4 Réducteur de bruit [24]

Selon le mémoire de Franck MIERMONT, il y a un effet néfaste à la compréhension du message avec le réducteur de bruit. En effet, le réducteur de bruit n'est efficace que dans les fréquences où la perte auditive est la moins importante, pour les presbycousiques à 500Hz alors qu'elle est délétère à 2000Hz, là où la perte auditive est plus importante et où justement, il faudrait une aide supplémentaire pour la compréhension.

Cela a donc un impact pour les confusions phonétiques, dans les caractéristiques de reconnaissance des phonèmes aigus. Les phonèmes qui ont beaucoup d'informations spectrales dans les fréquences aiguës auront plus de risque de ne pas être reconnu par le patient ou d'être confondu avec un autre phonème dont les caractéristiques spectrales se ressemblent.

3. Au niveau des caractéristiques acoustiques

Même si les propriétés acoustiques sont de moins en moins utilisées, il ne faut pas les négliger. En effet, dans certains cas où une augmentation du gain n'est pas possible, on peut modifier la courbe de gain grâce à la jonction ACA.

Il peut y avoir un impact au niveau du diamètre et de la longueur du tube, de la sortie de l'embout, des filtres au niveau du coude et de l'évent.

En effet, lorsque la longueur du tube augmente, la fréquence de résonance du conduit se déplace vers les fréquences graves.

Les fréquences aiguës sont atténuées quand le diamètre du tube diminue.

Si l'on veut augmenter le gain des fréquences aiguës, on va augmenter la sortie de l'embout avec un effet cor.

Les filtres acoustiques peuvent quant à eux, amortir la bande de réponse des fréquences 800 à 4000Hz lors des effets de résonance du tube et de l'écouteur.

Enfin, un évent trop important limitera de manière conséquente le gain dans les fréquences graves.

Conclusion

Au delà des possibilités d'adaptation à l'appareillage par l'orthophonie, les réglages et possibilités de traitements de signaux adaptés et personnalisés pour chaque patient, il peut toujours rester une gêne vis à vis des appareils et de l'écoute lors de diverses situations sonores. C'est alors à l'audioprothésiste de faire accepter au patient qu'il est impossible de lui rendre l'audition de sa jeunesse. Cependant, on veut réellement que le patient puisse comprendre le monde sonore qui l'entoure et continuer à communiquer avec son entourage.

Conclusion générale

En conclusion, ce mémoire montre qu'il est important d'utiliser les listes spécifiques. Elles nous permettent d'analyser avec plus de précision les confusions phonétiques. Elles révèlent et nous indiquent comment fonctionne notre système auditif et comment à travers les appareils auditifs, les patients ont certes une compréhension supérieure mais émettent toutefois encore des confusions et c'est justement ces confusions qui sont les plus intéressantes car elles permettent d'adapter les appareils aux oreilles des patients pour toujours plus de confort et de compréhension.

On a voulu montrer dans ce mémoire, l'efficacité des listes spécifiques en fonction des patients et par rapport aux listes de FOURNIER, qui sont plus classiques et encore beaucoup utilisées, malgré des études démontrant son déséquilibre. On a démontré alors que ces listes de FOURNIER apportent beaucoup moins d'informations que les listes spécifiques.

Cependant, Les listes du test de phrases de COMBESCURE malgré son équilibre phonétique, reste très difficile pour les patients et devient de ce fait limitée au niveau de leur utilisation. Pour l'instant, il me semble plus raisonnable d'utiliser pour ces patients les listes de mots pour enfants.

Afin d'aider au mieux les patients, notamment ceux qui entendent mais qui ne comprennent pas, il me semble important de les orienter vers une orthophoniste, qui, à l'aide d'exercices cités ci-dessus notamment, pourra améliorer grandement la compréhension de ces personnes. Cela est encore trop peu souvent proposé, et cela est bien dommageable autant pour le patient que pour l'audioprothésiste.

C'est pour cela, qu'en dernière partie, on a voulu exposer les solutions possibles afin de réduire significativement les confusions, tant par le moyen de l'orthophonie que par les réglages audioprothétiques et surtout des nombreux traitements de signal qui existent aujourd'hui dans nos appareils auditifs.

Il serait intéressant d'approfondir et d'étudier dans un futur travail, les autres tests spécifiques, notamment pour la population de personnes déficientes légères, qui comme on le sait, deviennent de plus en plus nombreux au regard du vieillissement de la population.

Bibliographie

- [1] : Collège National d'Audioprothèse, Précis d'Audioprothèse, "Production phonétique acoustique et perception de la parole", Edition MASSON p. 71, p.100, p.129, p.157, p.224
- [2] : site internet www.cours.fse.ulaval.ca/frn-19972/images/imagatel/imagat2/api.gif consulté le 15/05/2015
- [3] : GALLET P, cours de l'introduction à la phoniatrie, D.E d'Audioprothésiste 2ème année, Nancy, 2013
- [4] : BONNEAU A, cours de Phonétique, D.E d'Audioprothésiste 2ème année, Nancy, 2013
- [5] : site internet www.ph-ludwigsburg.de consulté le 10/06/2015
- [6] : site internet www.blog-audioprothesiste.fr/page/3/ consulté le 10/06/2015
- [7] : Michel et Claudine PORTMANN, Précis d'audiométrie clinique, Edition MASSON, p.58-61
- [8] : M BOURQUIN, Rééquilibrage des listes de Fournier, Nancy, 2007
- [9] : Marine LE CORFF, Confrontation du test syllabique en voix directe et en voix enregistré
- [10] : Collège National d'Audioprothèse, Précis d'Audioprothèse, tome 1, Nouvelle édition, p.197, p.201-204
- [11] : SFA, Guide des bonnes pratiques en audiométrie de l'enfant p.35
- [12] : Bulletin d'audiophonologie Du langage au geste, 1986, p.606, p.608
- [13] : Bulletin d'audiophonologie Elements de Message et phonétique, 1972, p.103, p.111
- [14] : PERRIN-LAMY Th, Cours de psychologie de l'enfant, D.E d'Audioprothésiste 2ème année, Nancy, 2013
- [15] : OSTROWSKY M, Cours de psychologie de la personne âgée, D.E d'Audioprothésiste 2ème année, Nancy, 2013
- [16] : site internet www.wikipedia.org/praat consulté le 10/07/2015
- [17] : DUCOURNEAU J, cours de traitement du signal, D.E d'Audioprothésiste 3ème année, Nancy, 2015

- [18] : MARTIN P, Phonétique acoustique, Edition ARMAND COLIN, 2001, p.49, p.74
- [19] : BAUDOIN G. et BERCHER J, Transformée de Fourier discrète, Novembre 2001, version 0.1 consulté sur le site internet perso.esiee.fr, p.12-13
- [20] : site internet igm.univ-mlv.fr/~gambette/iPhocomp/2014LeeGambetteBarkat.pdf consulté le 15/05/2015
- [21] : Collège National d'Audioprothèse, Textes réglementaires,
- [22] : DELATTRE P, Indices acoustiques de la parole, 1958
- [23] : COLIN D, Influence de la compression fréquentielle sur les confusions phonétiques, Lyon, 2012
- [24] : MIERMONT F, Effet d'un réducteur de bruit sur la capacité des informations de modulation d'amplitude chez les sujets malentendant et normo-entendants, Paris, 2012

Table des illustrations

<u>Figure 1</u> : Coupe sagittale du conduit vocal.....	4
<u>Figure 2</u> : Fréquences des formants des voyelles selon Delattre.....	4
<u>Figure 3</u> : Alphabet Phonétique International.....	7
<u>Figure 4</u> : Acougramme Phonétique de BOREL- MAISONNY.....	8
<u>Figure 5</u> : Tableau vocalique Français.....	9
<u>Figure 6</u> : Acougramme Phonétique de BOREL- MAISONNY.....	10
<u>Figure 7</u> : Répartition de la difficulté des mots dans la liste.....	17
<u>Figure 8</u> : Listes de phrases de COMBESCURE.....	20
<u>Figure 9</u> : Listes pour enfants de J.C LAFON.....	21
<u>Figure 10</u> : Listes pour enfants de BOREL-MAISONNY.....	21
<u>Figure 11</u> : Listes de logatomes.....	22
<u>Figure 12</u> : Listes de J.E FOURNIER.....	23
<u>Figure 13</u> : Cliché de Praat montrant le spectrogramme.....	29
<u>Figure 14</u> : Représentation temporelle d'un son échantillonné.....	30
<u>Figure 15</u> : Schématisation du principe de l'échantillonnage.....	30
<u>Figure 16</u> : Représentation temporelle et spectrale d'un signal correctement échantillonné.....	31
<u>Figure 17</u> : Représentation spectrale d'un signal mal échantillonné.....	32
<u>Figure 18</u> : Exemple d'analyse spectrale avec plusieurs largeurs de bandes.....	33
<u>Figure 19</u> : Représentation temporelle de la fenêtre de Gauss.....	34
<u>Figure 20</u> : Représentation du spectrogramme et de ses composants.....	37
<u>Figure 21</u> : Spectrogramme de [papa].....	39
<u>Figure 22</u> : Spectrogramme de [banan] et [buS].....	41
<u>Figure 23</u> : Spectrogramme de [Seval] et [buS].....	42
<u>Figure 24</u> : Spectrogramme de [ef2].....	42

<u>Figure 25</u> : Spectrogramme de [tORSo~].....	43
<u>Figure 26</u> : Spectrogramme de [kamjo~].....	44
<u>Figure 27</u> : Spectrogramme de [pupe].....	45
<u>Figure 28</u> : Spectrogramme de [pupe] et de [papijo~].....	46
<u>Figure 29</u> : Spectrogramme de [oto].....	47
<u>Figure 30</u> : Spectrogramme de [mEzo~].....	49
<u>Figure 31</u> : Spectrogramme de [suRi] et [fij].....	50
<u>Figure 32</u> : Spectrogramme de [sape~] et [Radi].....	51
<u>Figure 33</u> : Spectrogramme de [papijo~].....	52
<u>Figure 34</u> : Spectrogramme de [f2].....	52
<u>Figure 35</u> : Spectrogramme de [zES].....	53
<u>Figure 36</u> : Spectrogramme de [tum@].....	54
<u>Figure 37</u> : Mesure du temps de réverbération dans la cabine audiométrique.....	59
<u>Figure 38</u> : Fréquence des mots signifiants répétés.....	63
<u>Figure 39</u> : Pourcentage du nombre d'erreurs en fonction des listes.....	70

Annexes

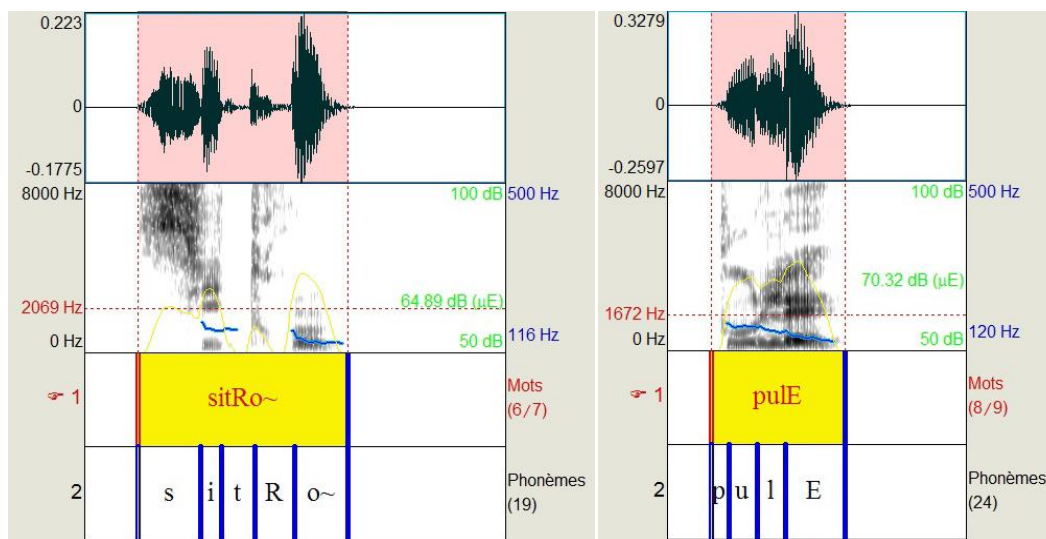
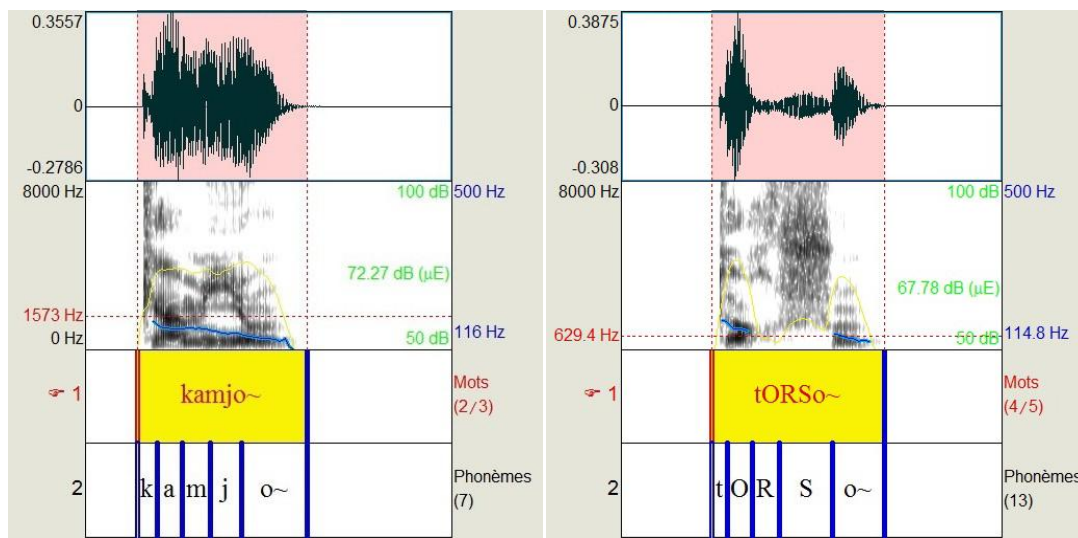
Annexe 1 :

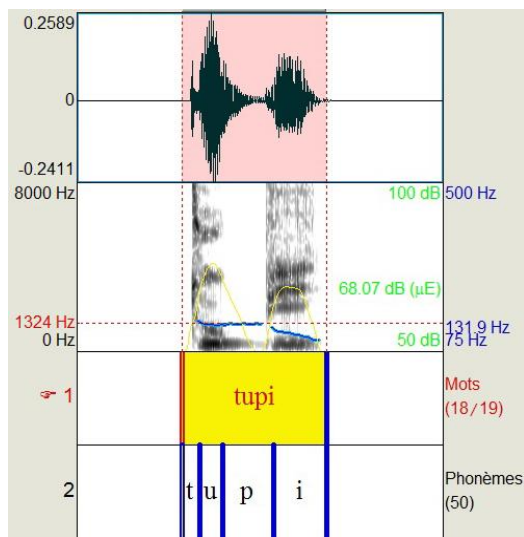
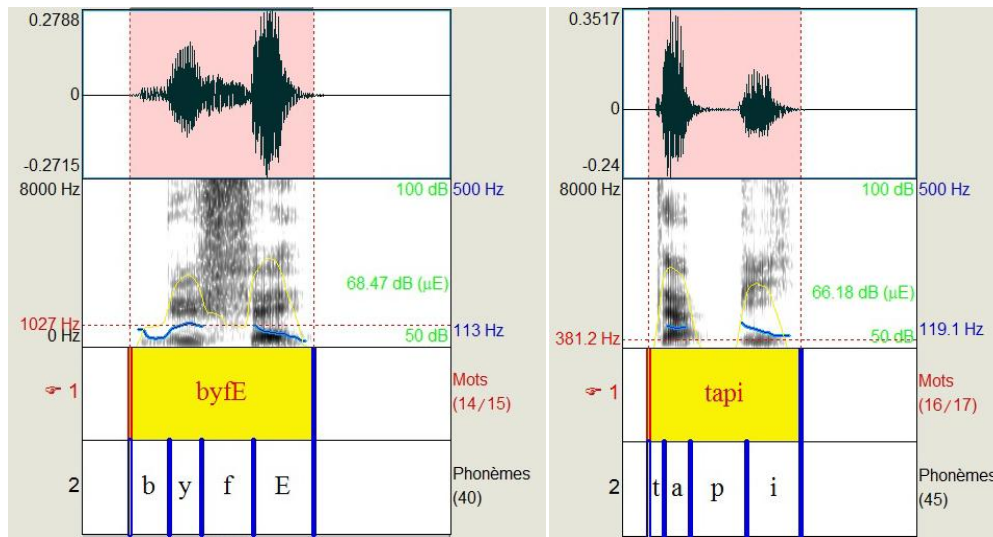
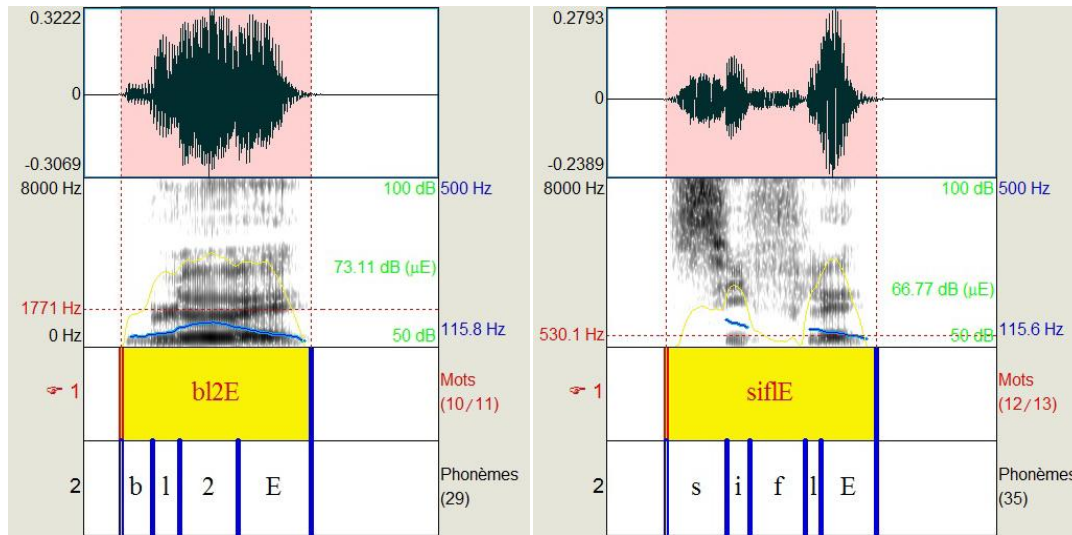
SAMPA : <u>consonnes</u> françaises		SAMPA : <u>voyelles</u> françaises	
SAMPA	Exemples	SAMPA	Exemples
P	<i>pont</i> [po~]	i	<i>si</i> [si]
B	<i>bon</i> [bo~]	e	<i>blé</i> [ble]
T	<i>temps</i> [ta~]	E	<i>seize</i> [sEz]
D	<i>dans</i> [da~]	a	<i>patte</i> [pat]
K	<i>coût</i> [ku], <i>quand</i> [ka~], <i>koala</i> [ko.a.lA]	A	<i>pâte</i> [pAt]
G	<i>gant</i> [ga~]	O	<i>comme</i> [kOm]
F	<i>femme</i> [fam]	o	<i>gros</i> [gRo]
V	<i>vent</i> [va~]	u	<i>doux</i> [du]
S	<i>sans</i> [sa~], <i>dessus</i> [d2.sy], <i>cerise</i> [s@.Riz]	y	<i>du</i> [dy]
Z	<i>zone</i> [zOn], <i>rose</i> [roz]	2	<i>deux</i> [d2]
S	<i>champ</i> [Sa~]	9	<i>neuf</i> [n9f]
Z	<i>gens</i> [Za~], <i>jambon</i> [Za~.bo~]	@	<i>justement</i> [Zys.t@.ma~]
J	<i>ion</i> [jo~]	e~	<i>vin</i> [ve~]
M	<i>mont</i> [mo~]	a~	<i>vent</i> [va~]
N	<i>nom</i> [no~]	o~	<i>bon</i> [bo~]
J	<i>oignon</i> [O.Jo~]	9~	<i>brun</i> [br9~]
N	<i>camping</i> [ka~.piN]		
L	<i>long</i> [lo~]		

R	<i>rond</i> [Ro~]
W	<i>quoi</i> [kwa]
H	<i>juin</i> [ZHe~]

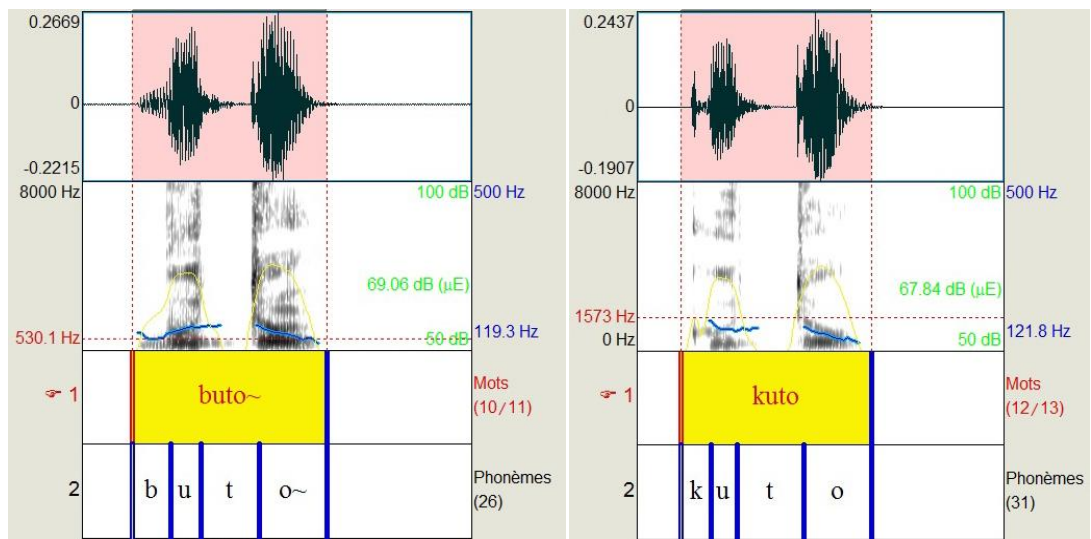
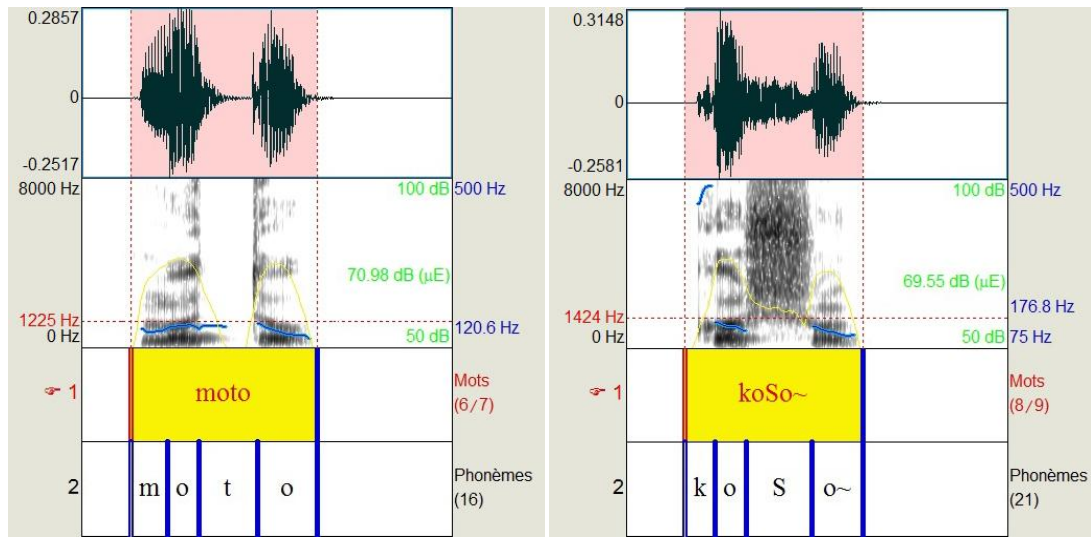
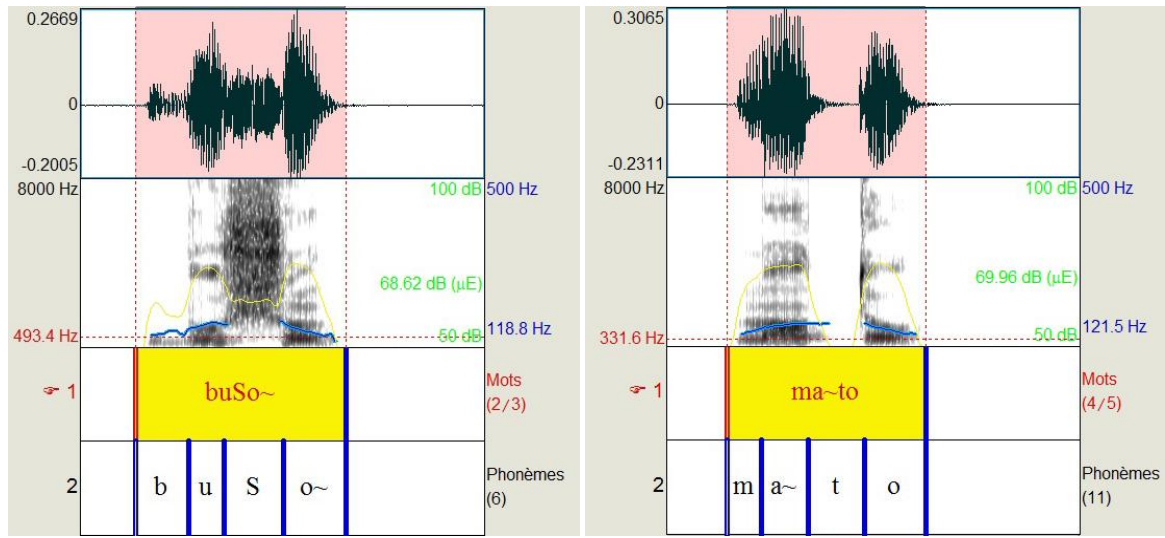
Annexe 2 :

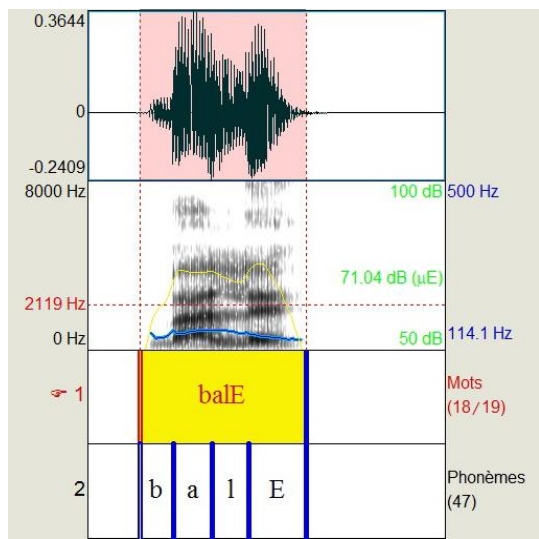
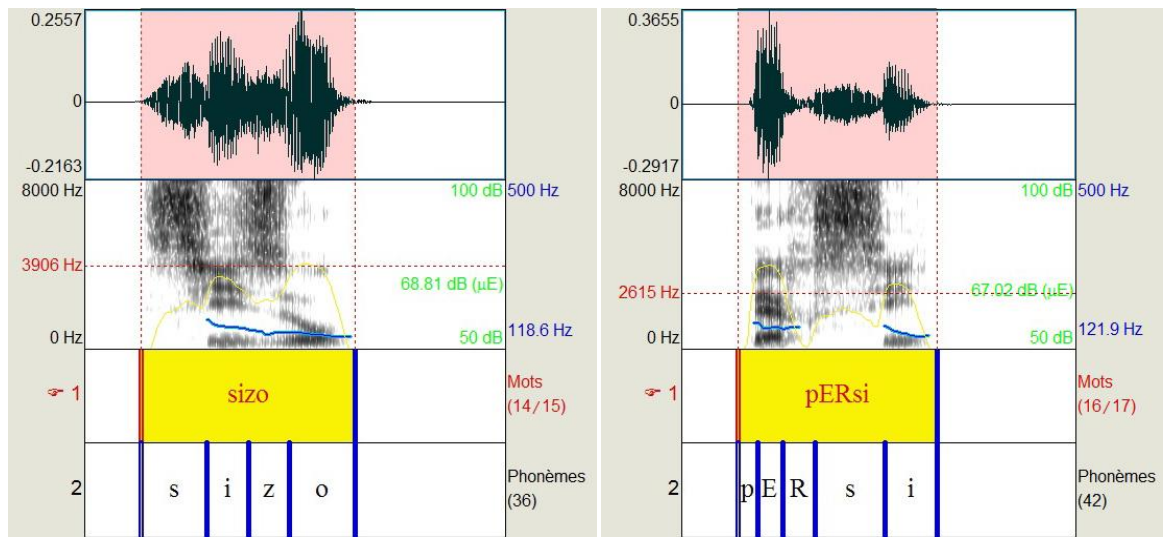
Liste 1 BOREL- MAISONNY



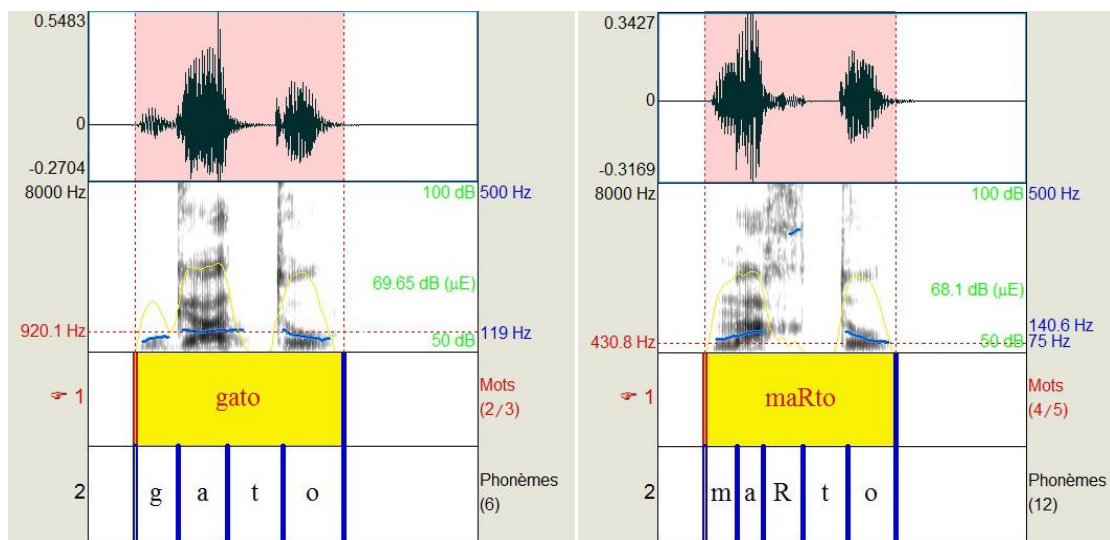


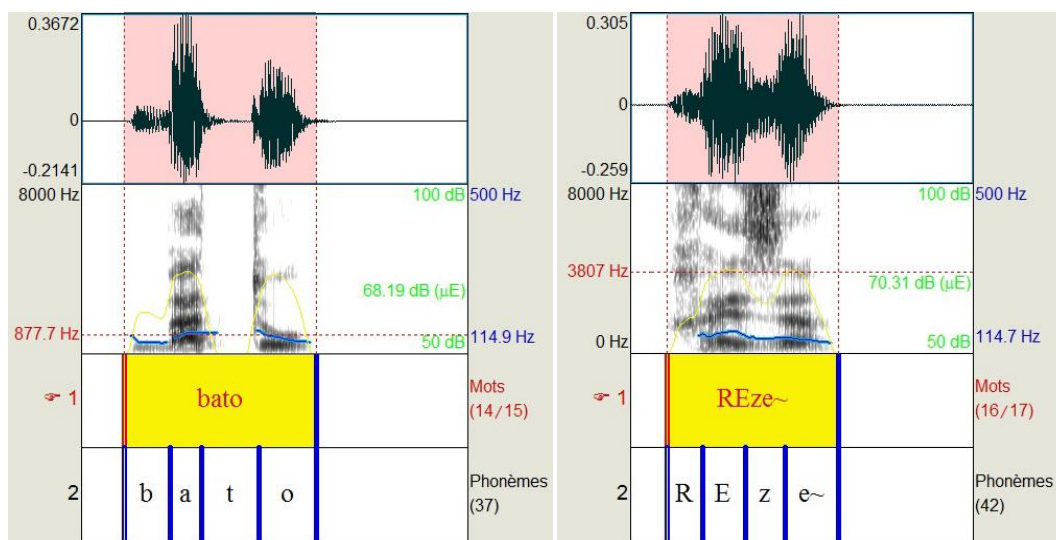
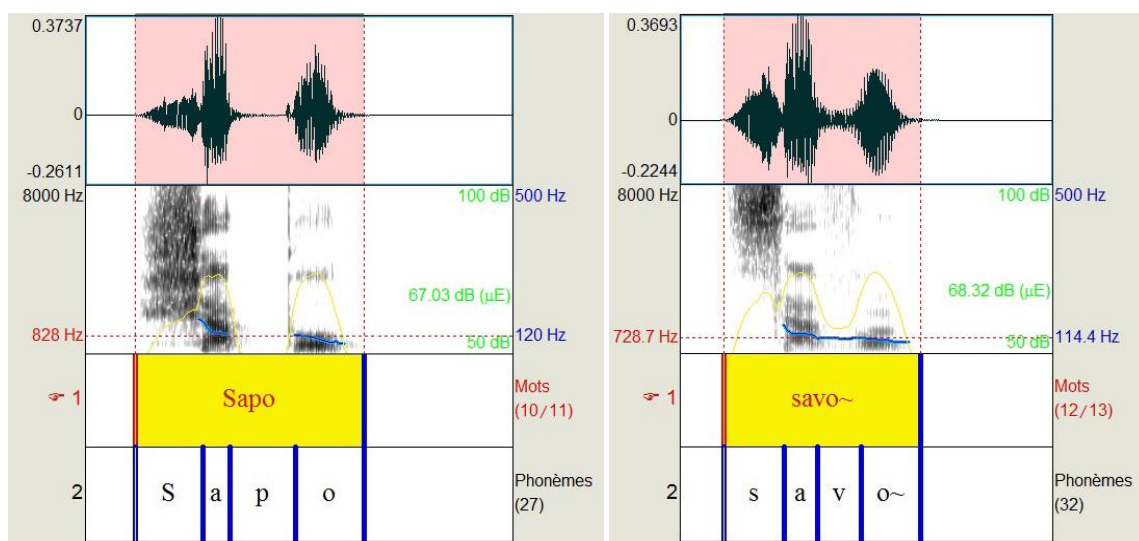
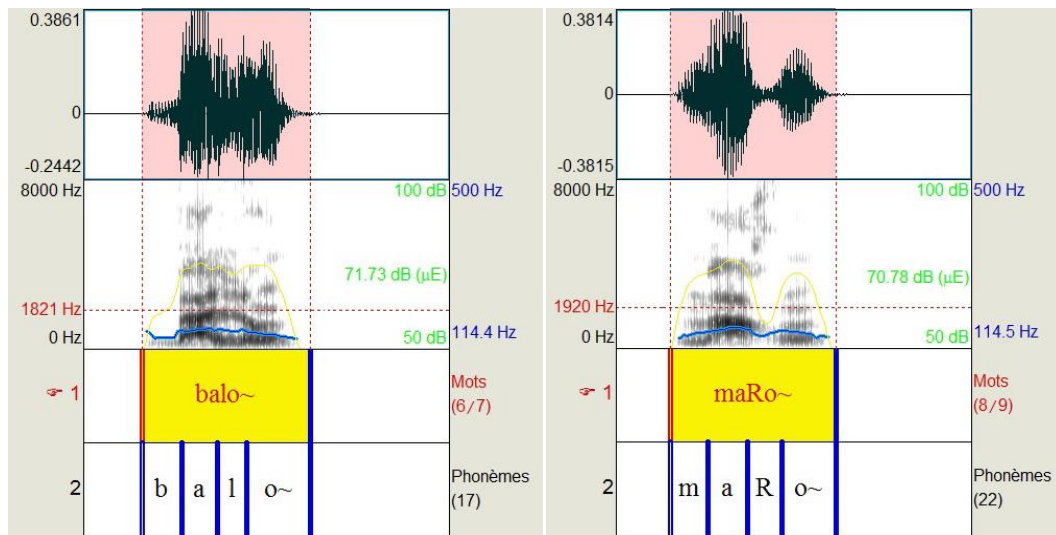
Liste 2 BOREL- MAISONNY

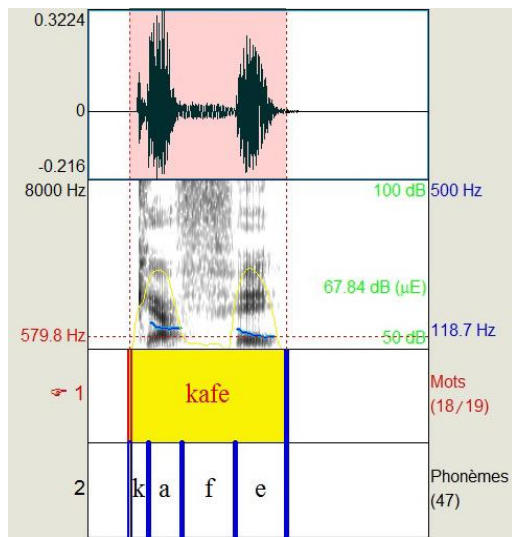




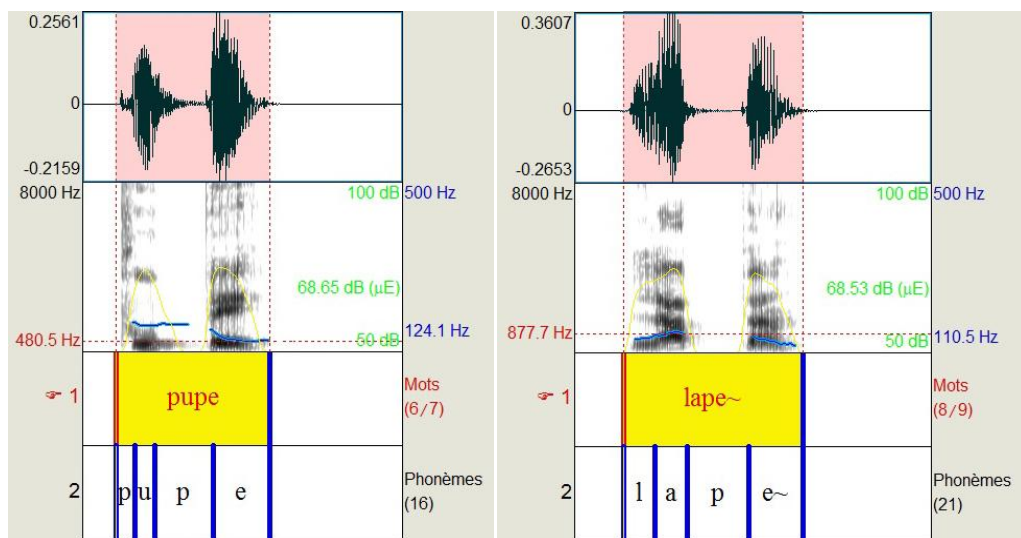
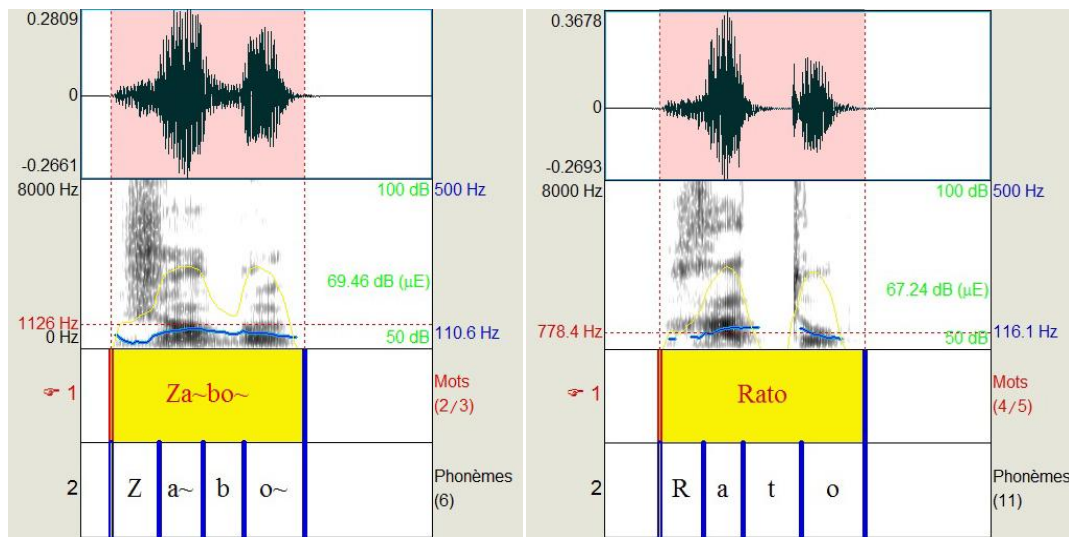
Liste 3 BOREL- MAISONNY

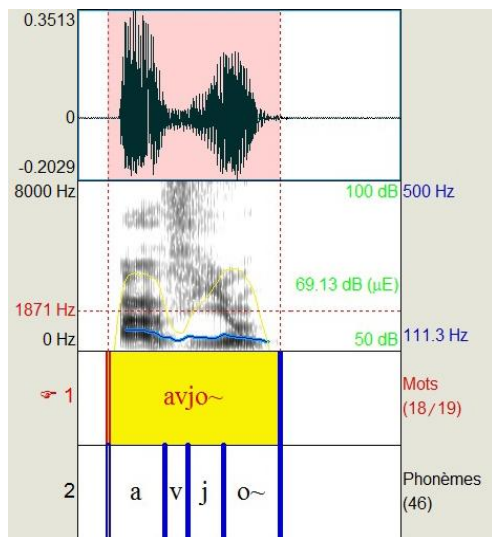
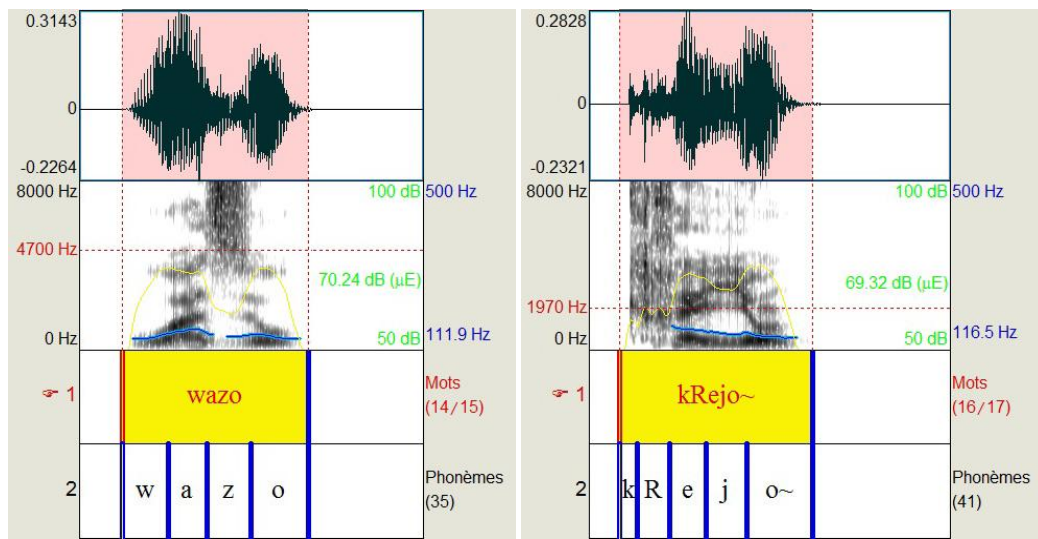
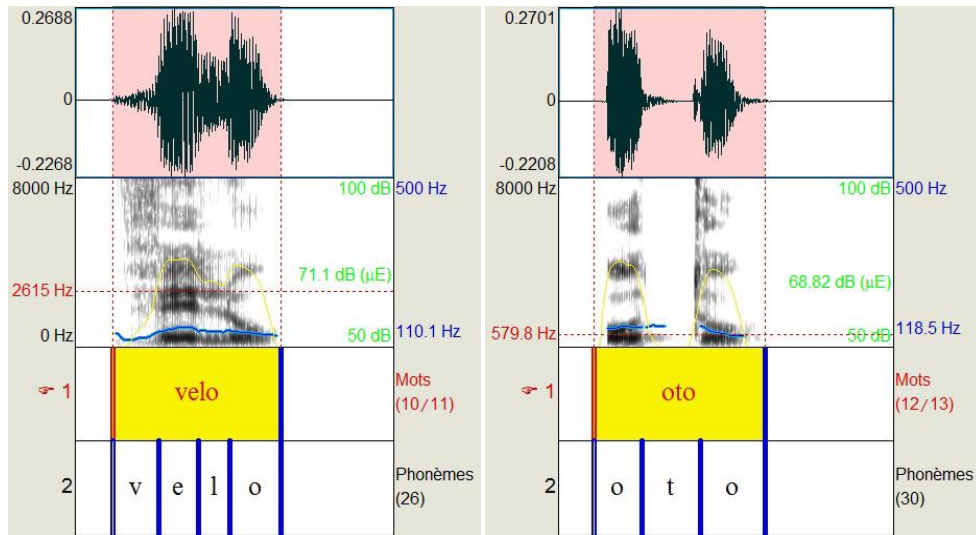




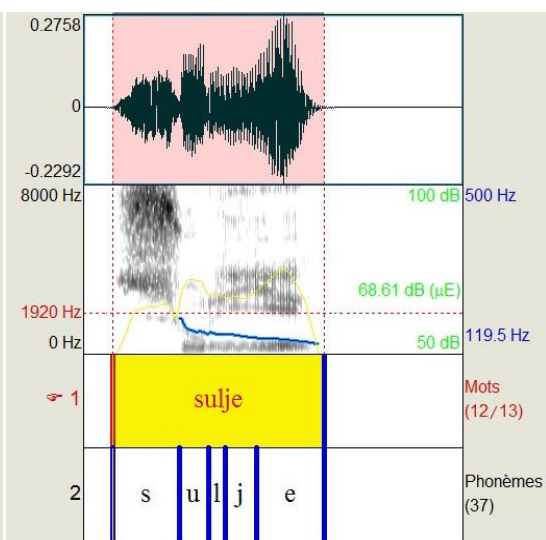
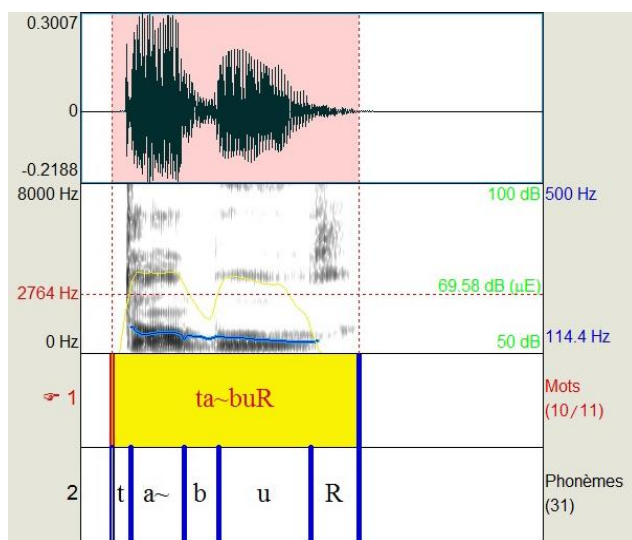
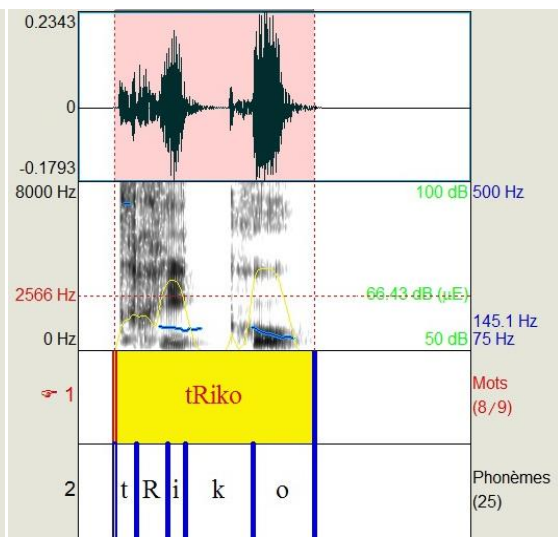
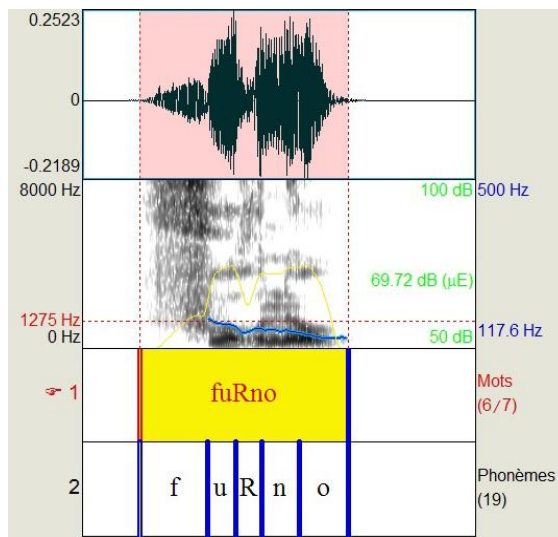
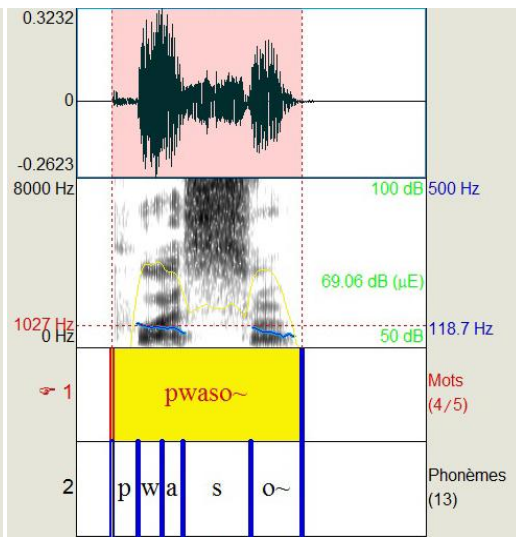
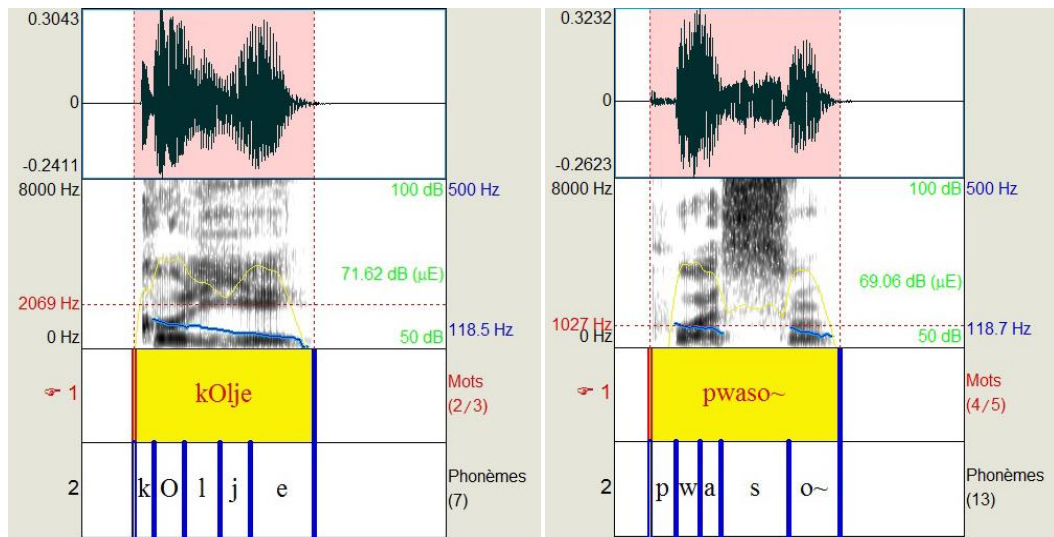


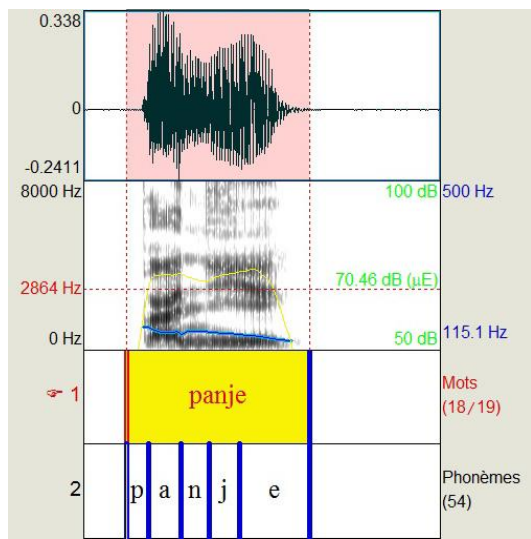
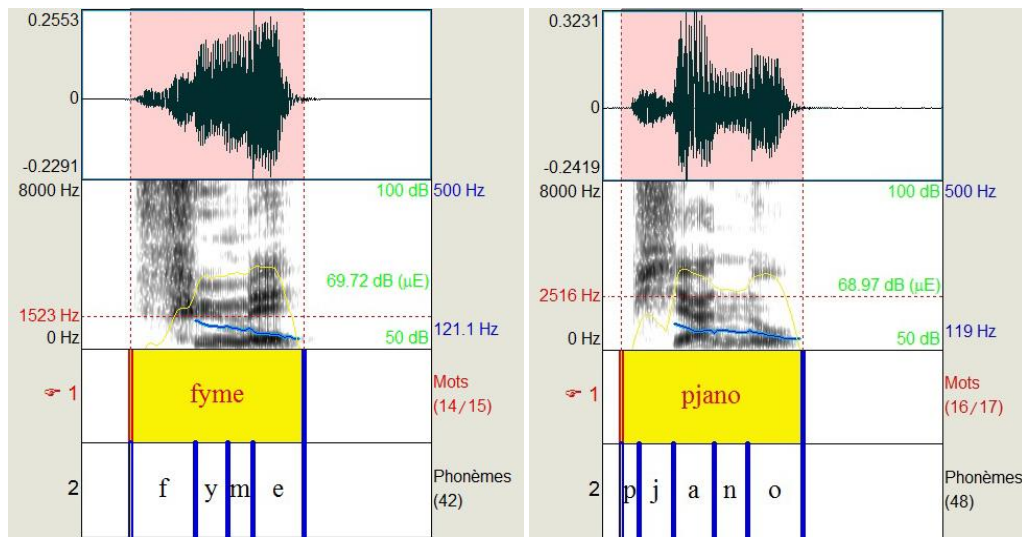
Liste 4 BOREL- MAISONNY



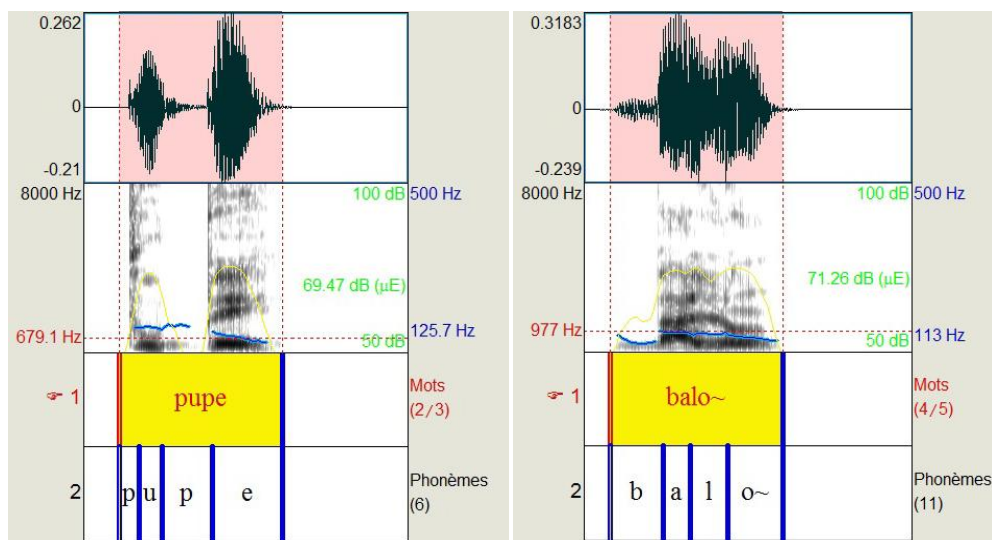


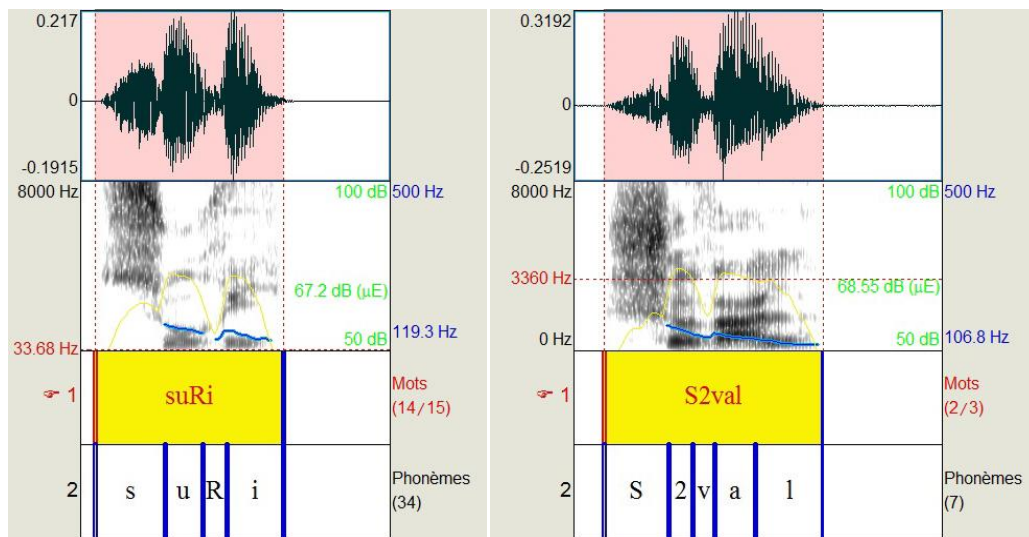
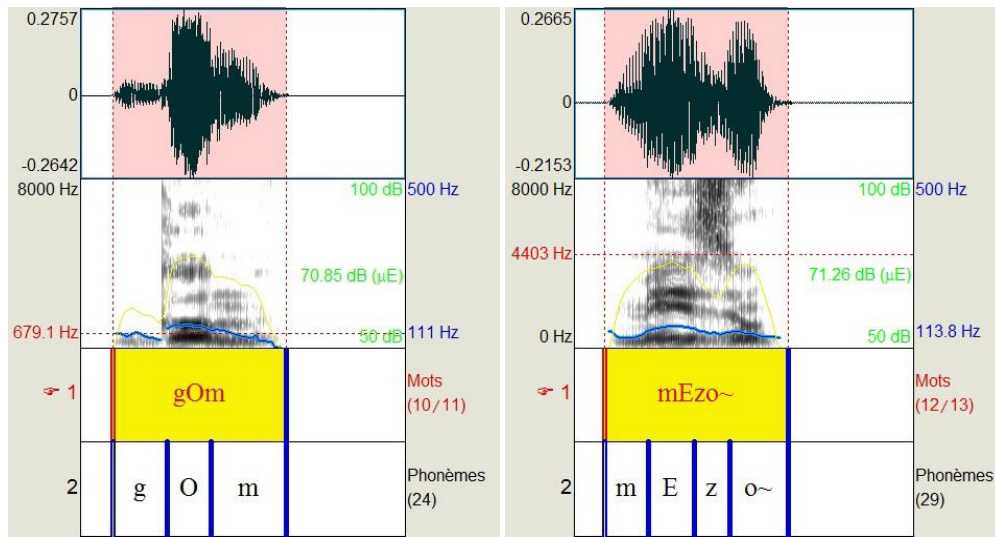
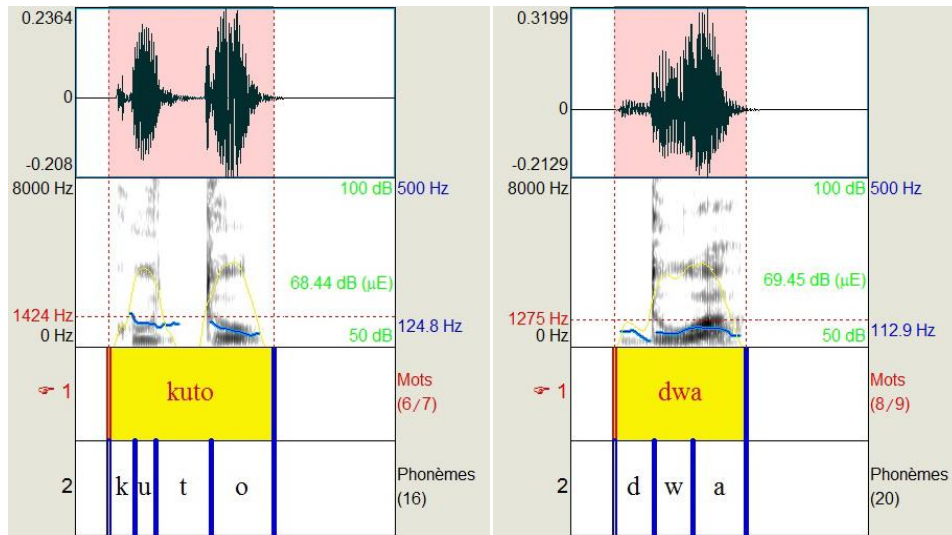
Liste 5 BOREL- MAISONNY

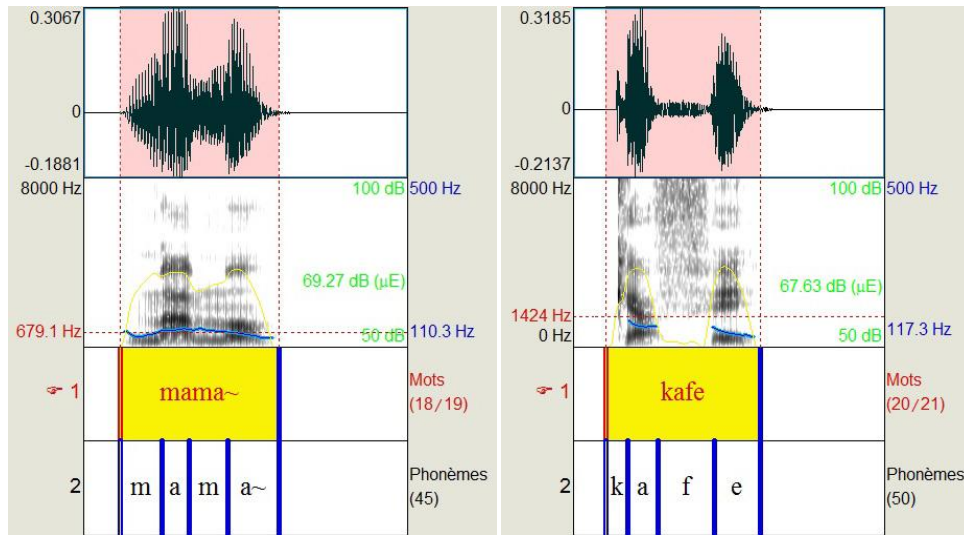




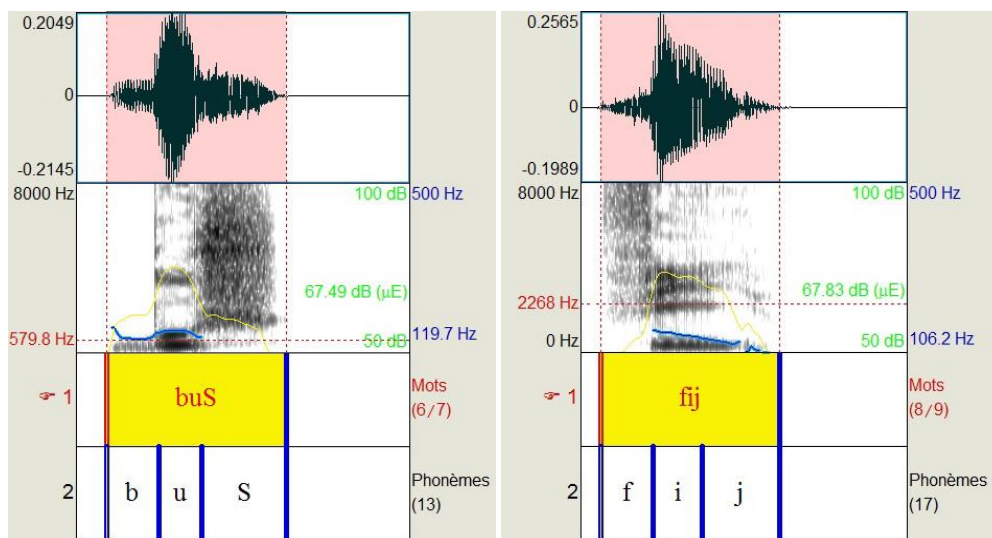
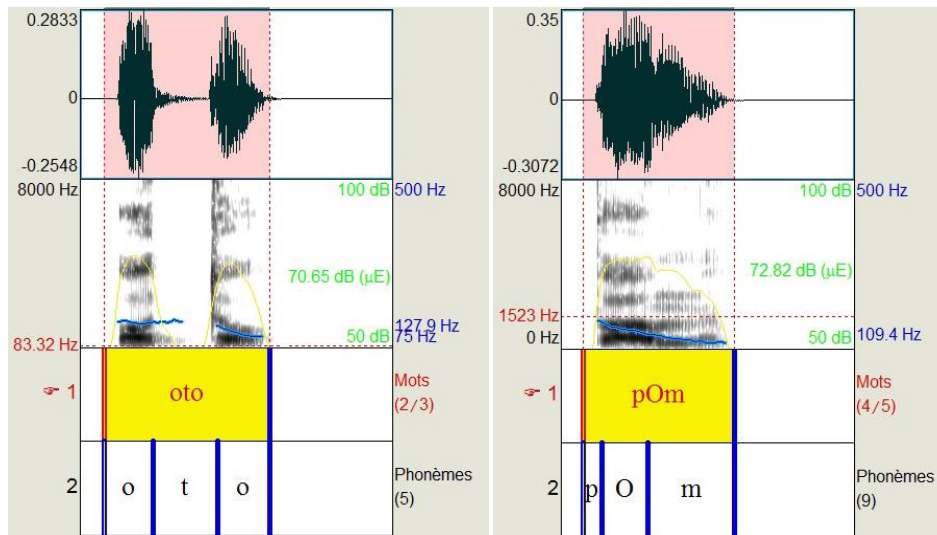
Liste 1 LAFON

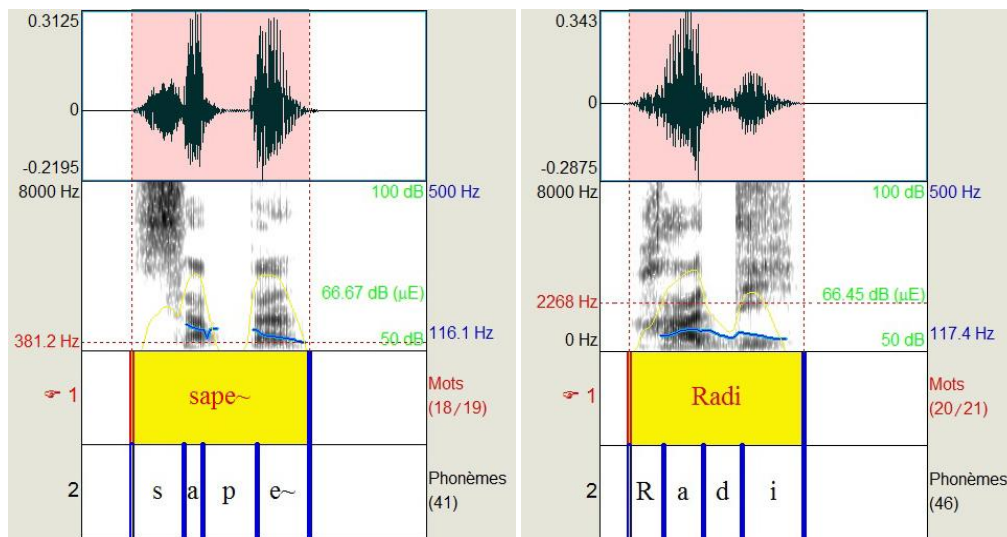
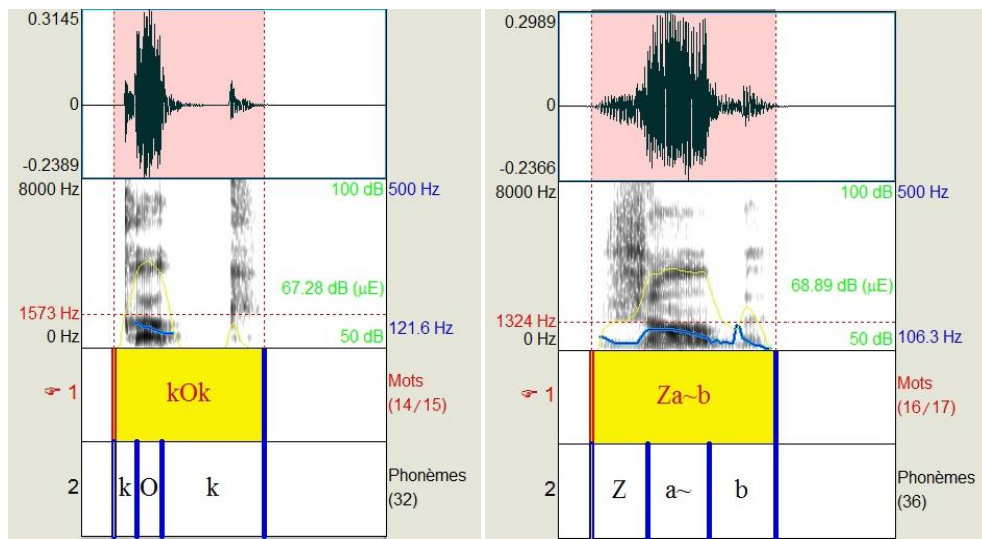
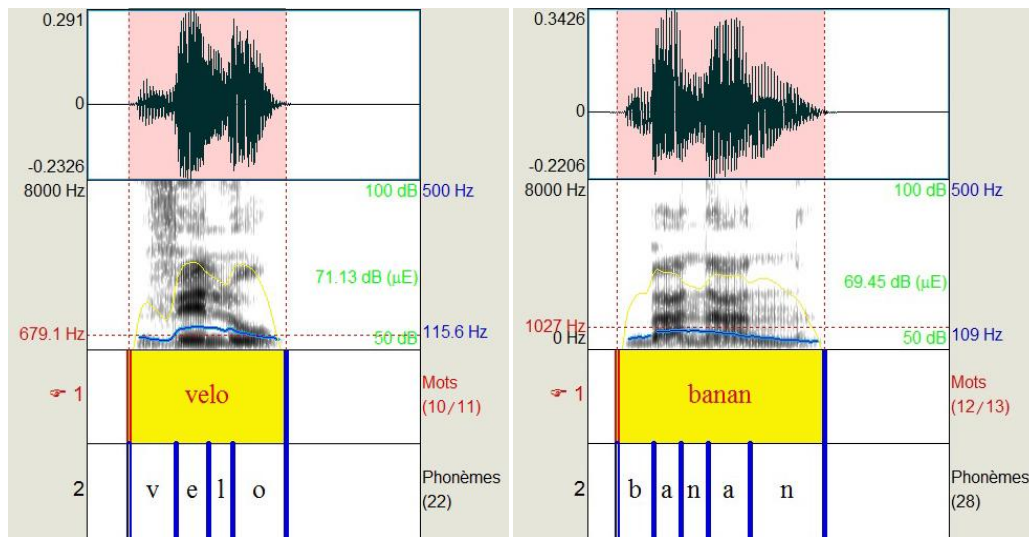




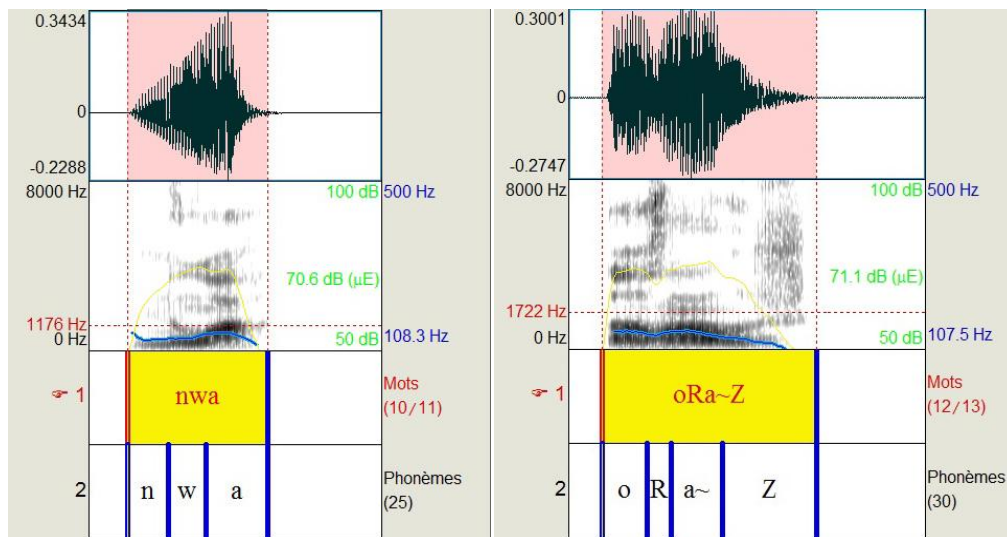
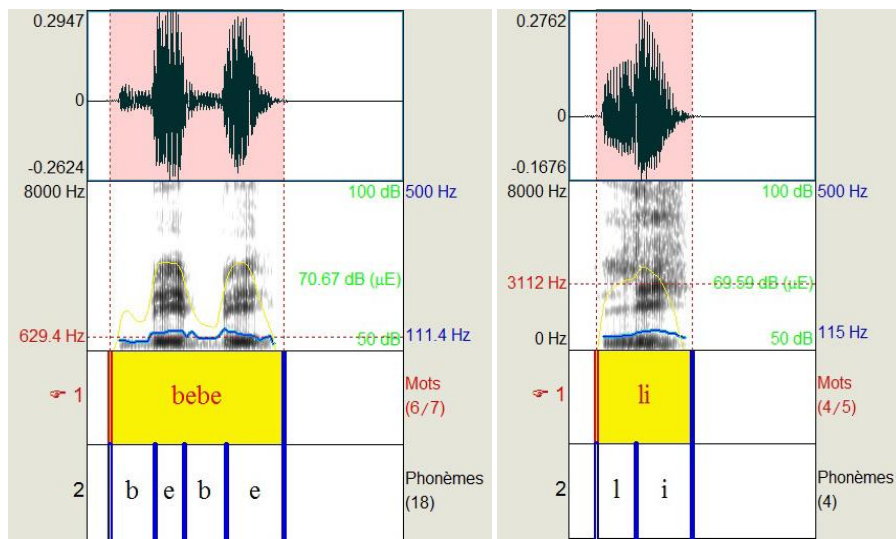
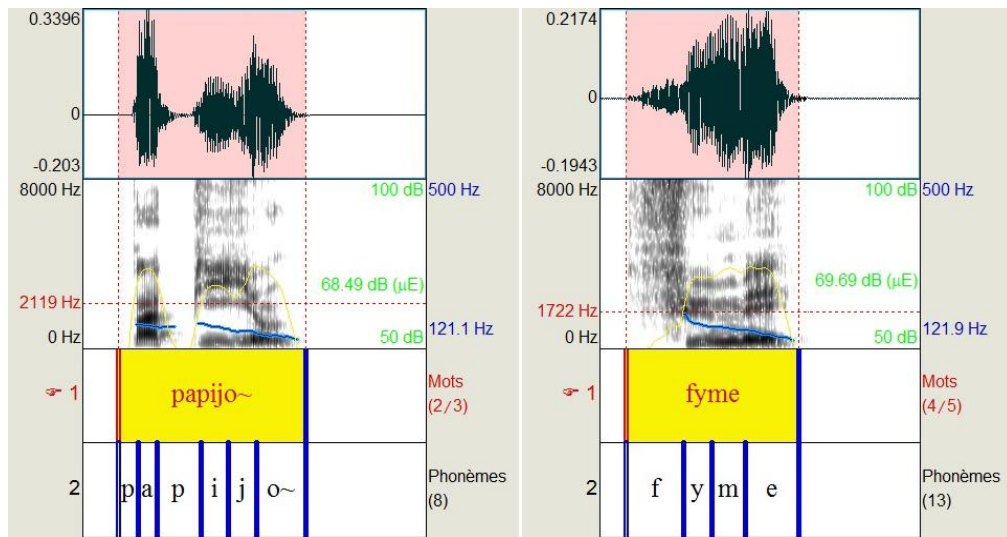


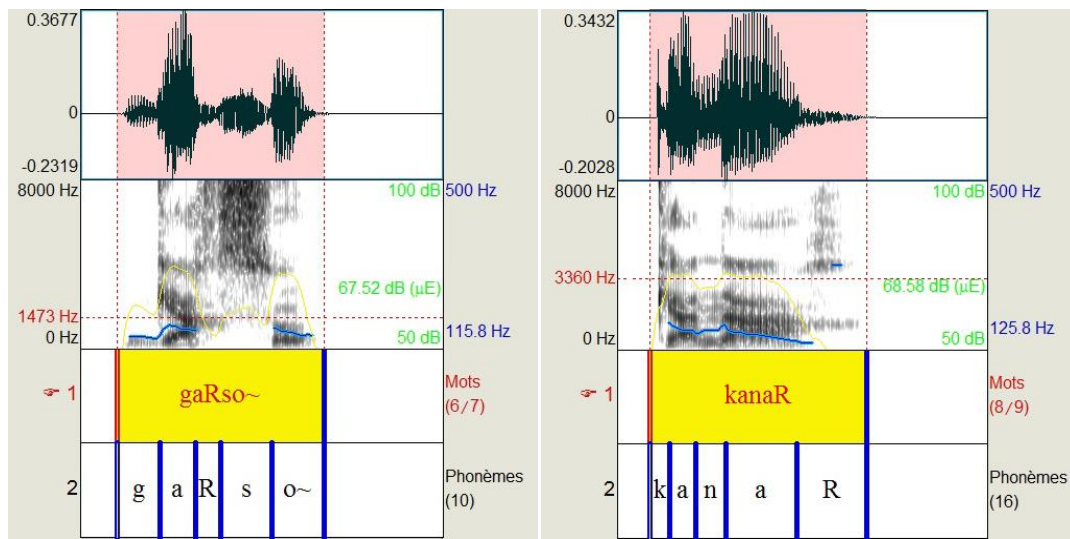
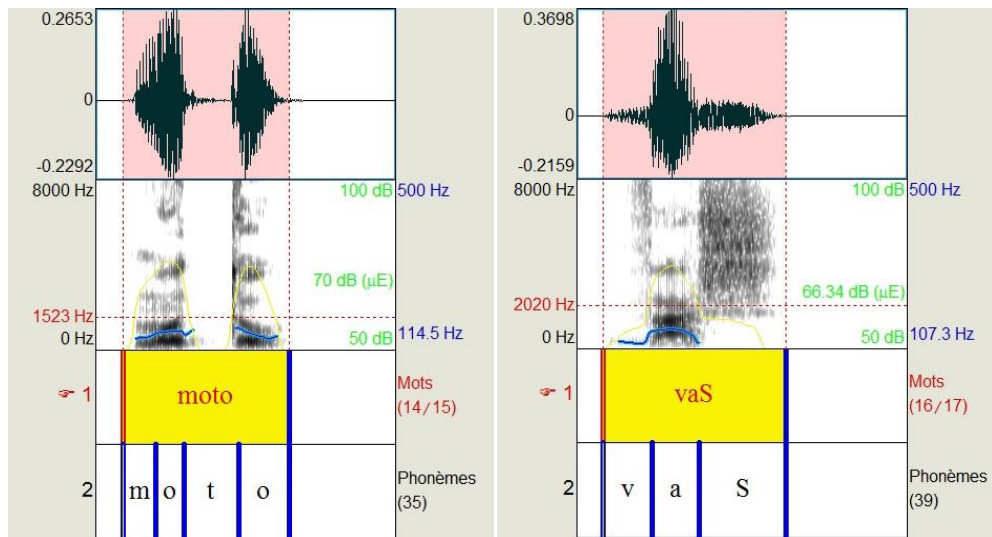
Liste 2 LAFON



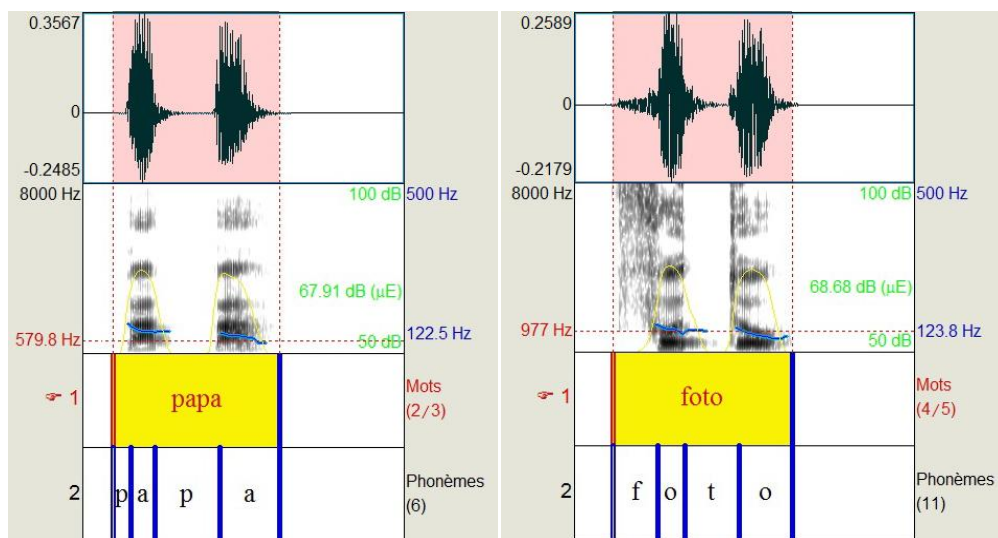


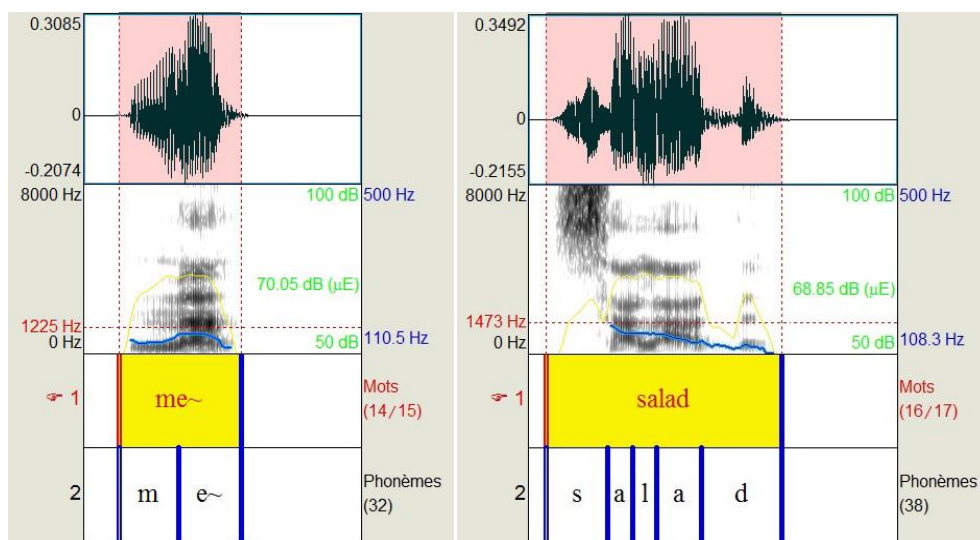
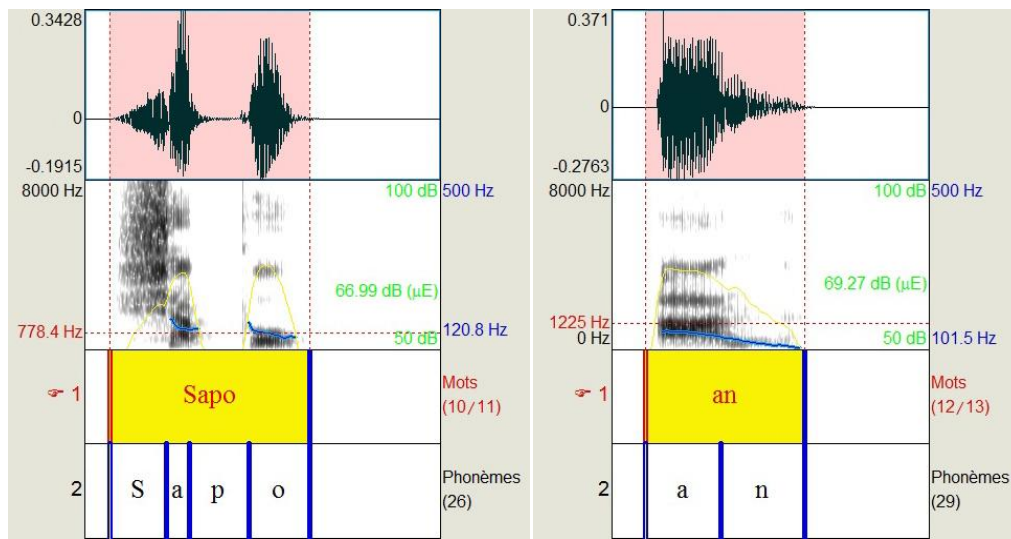
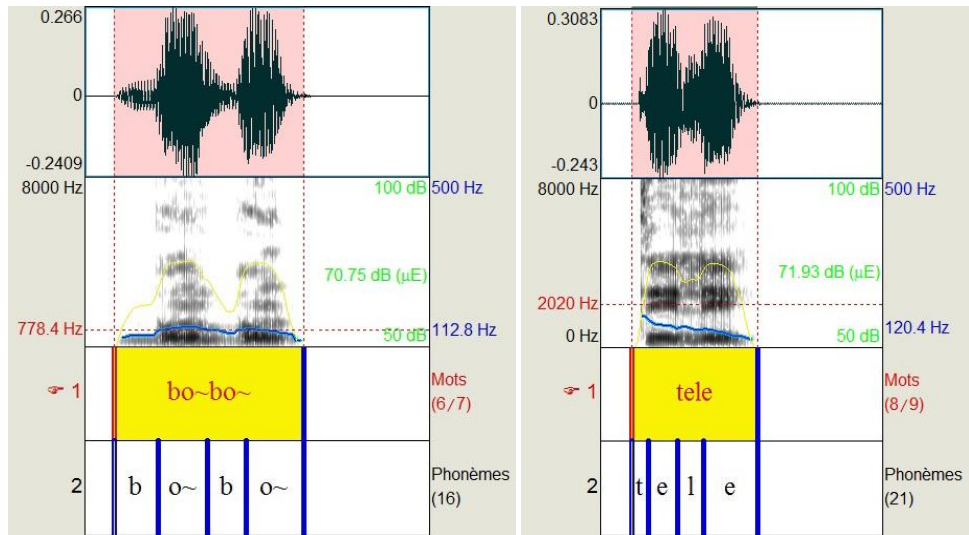
Liste 3 LAFON

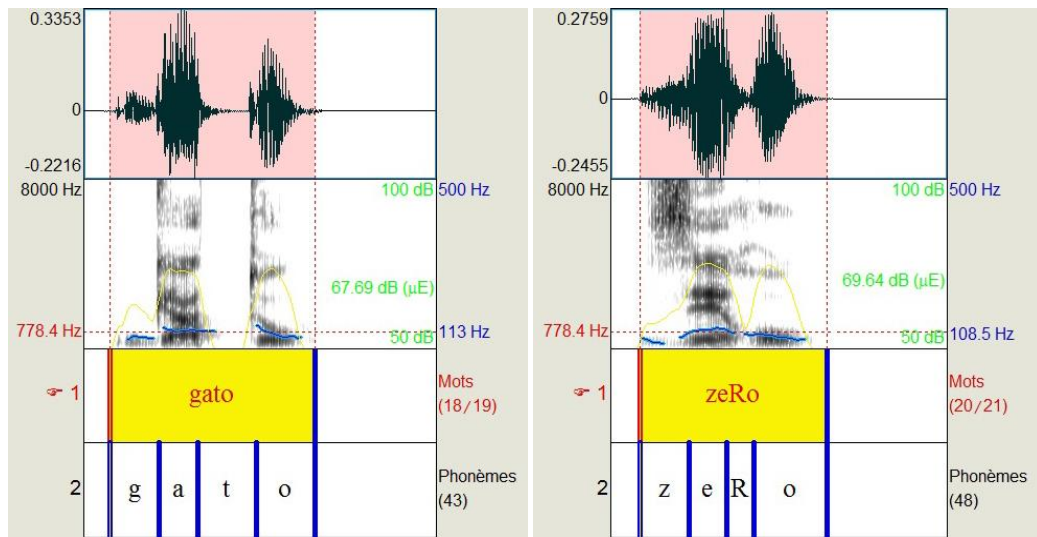




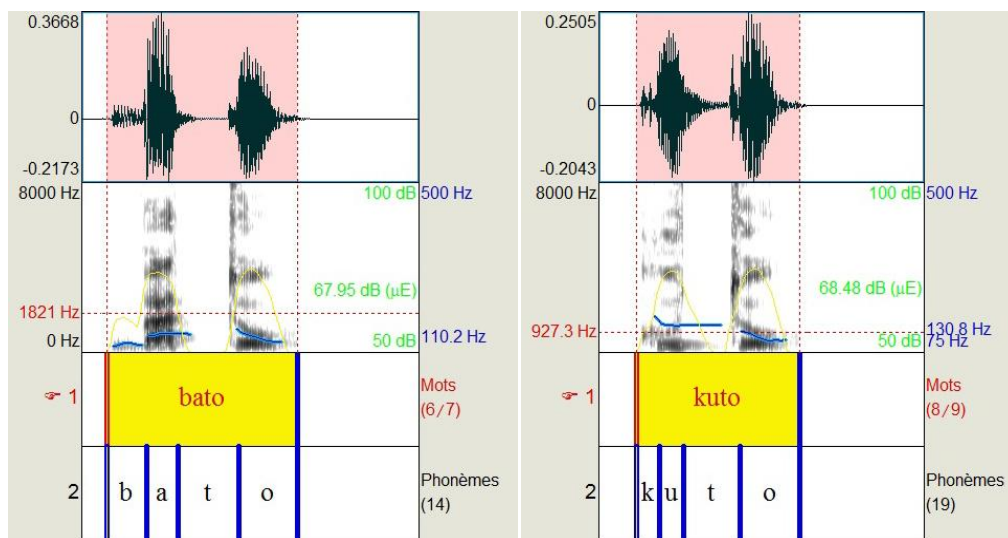
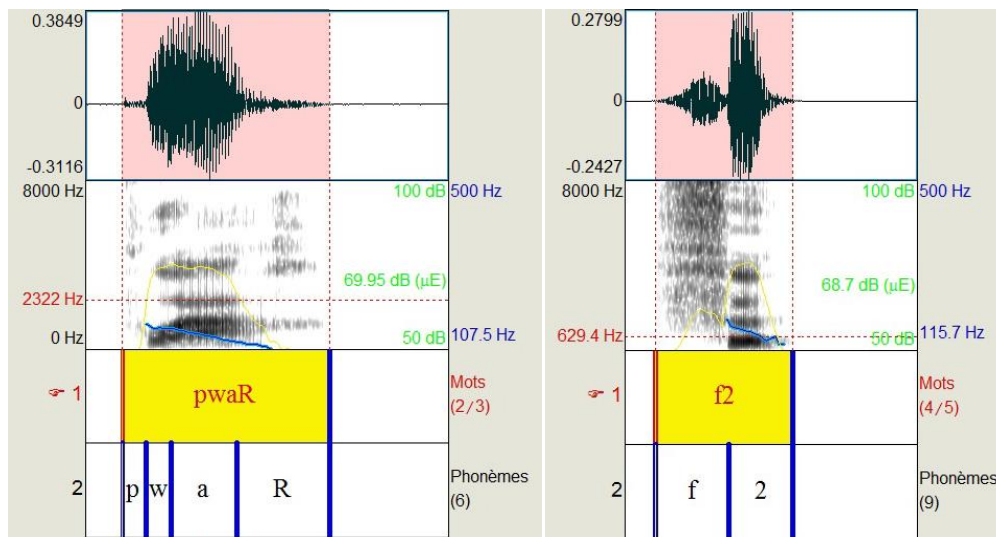
Liste 4 LAFON

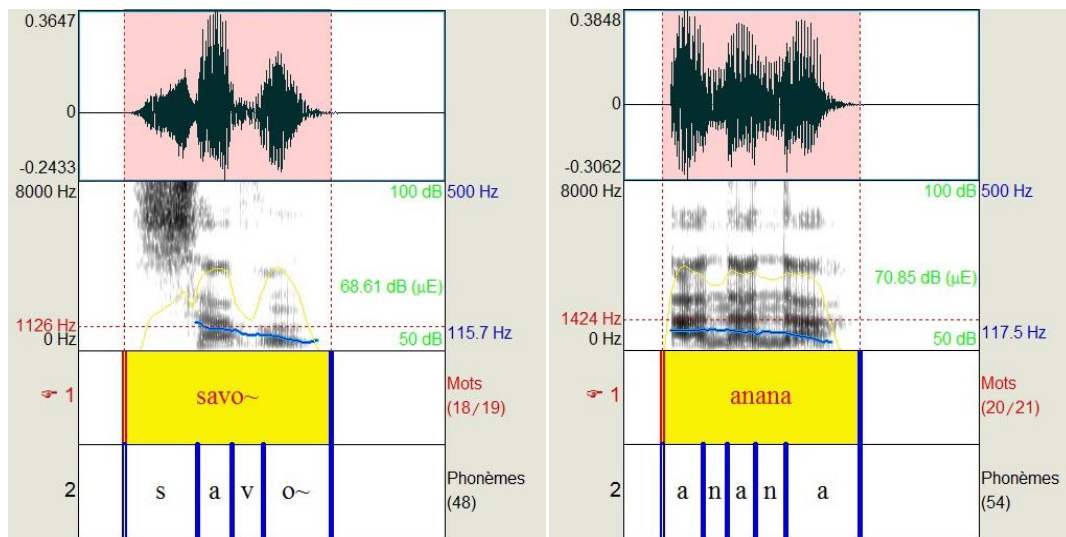
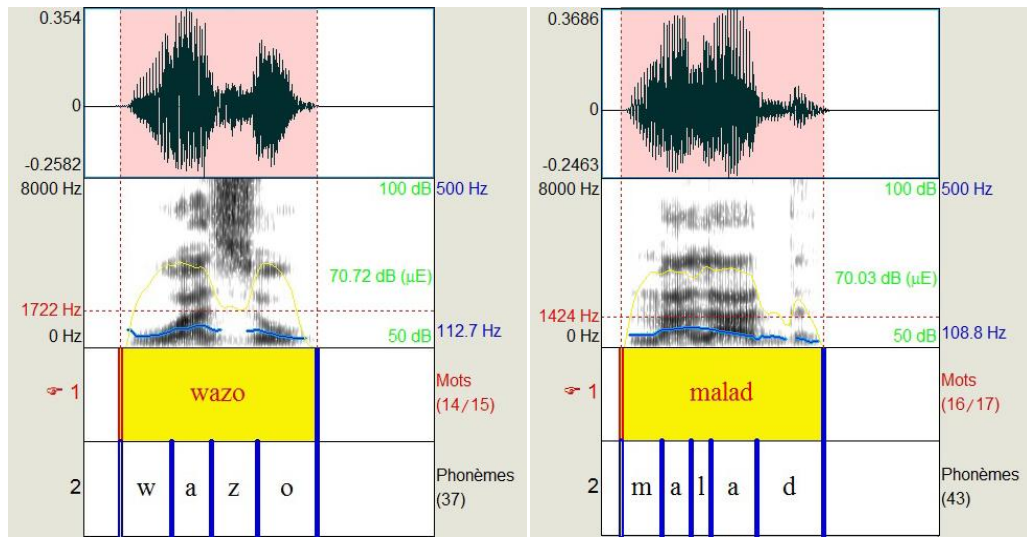
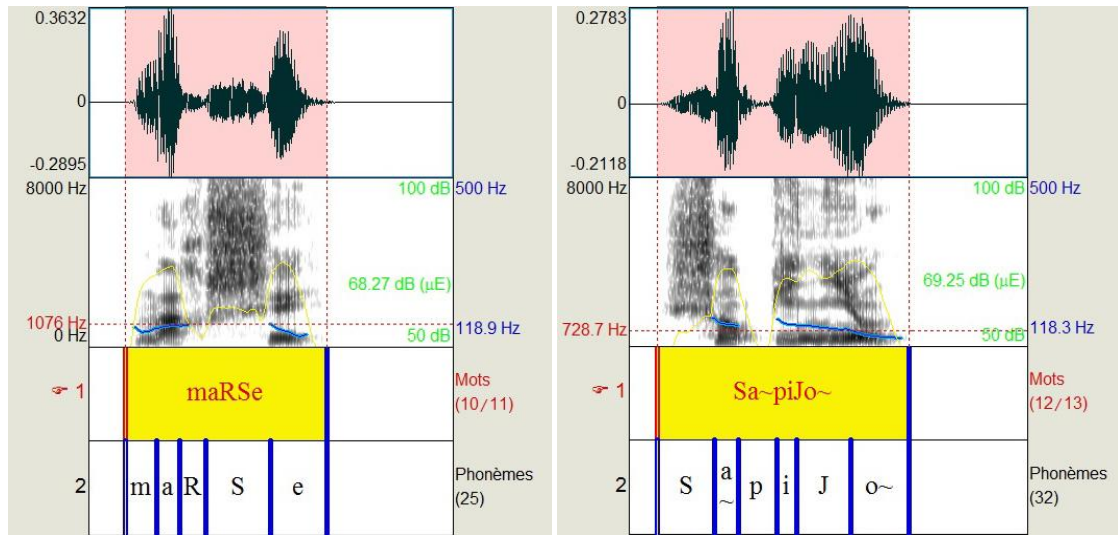




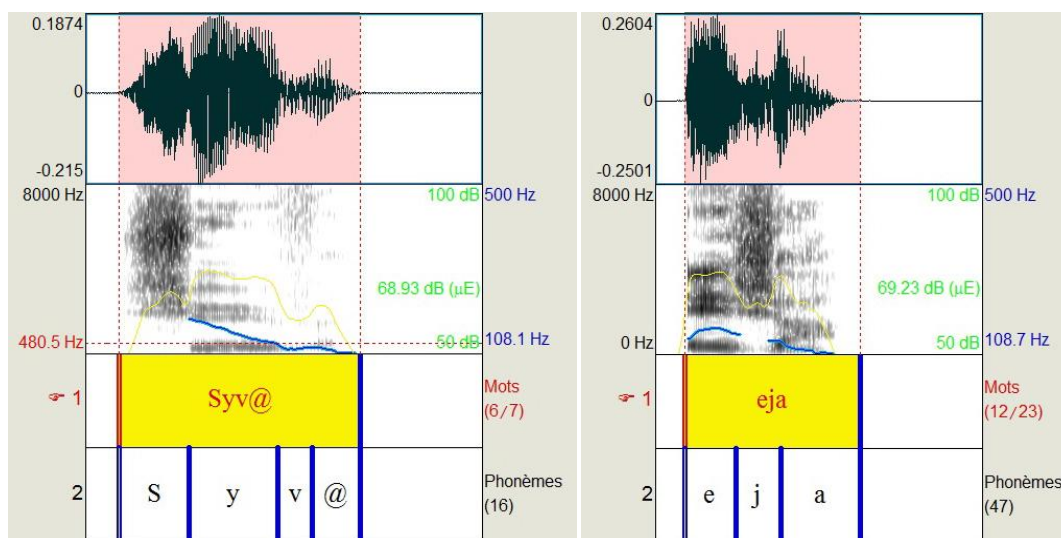
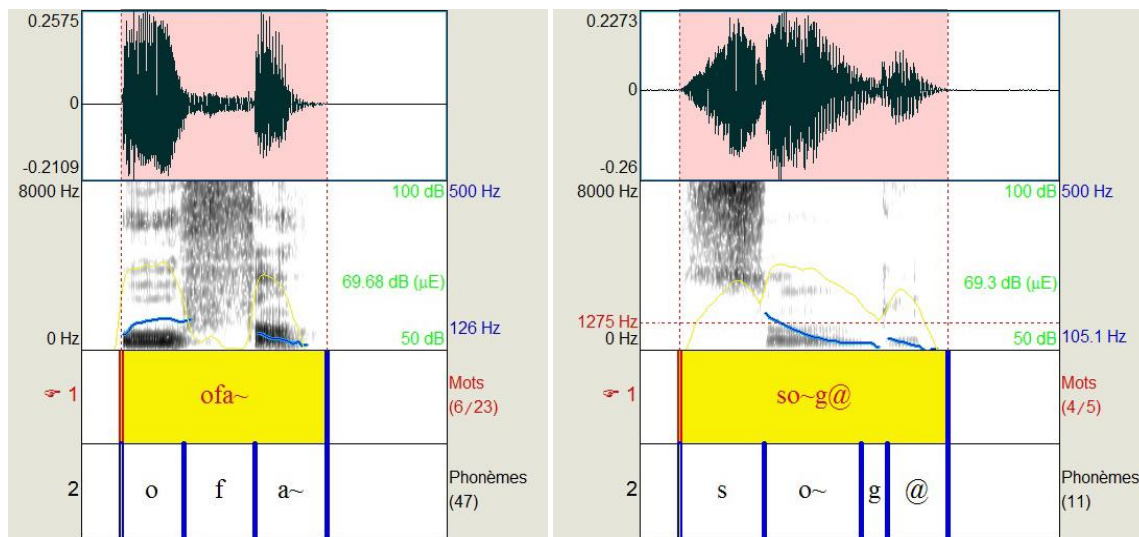
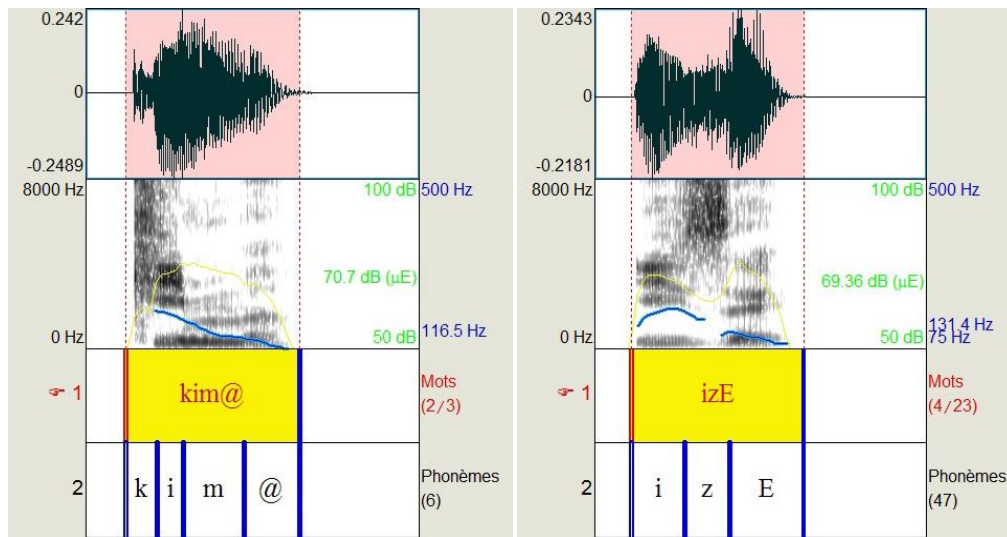


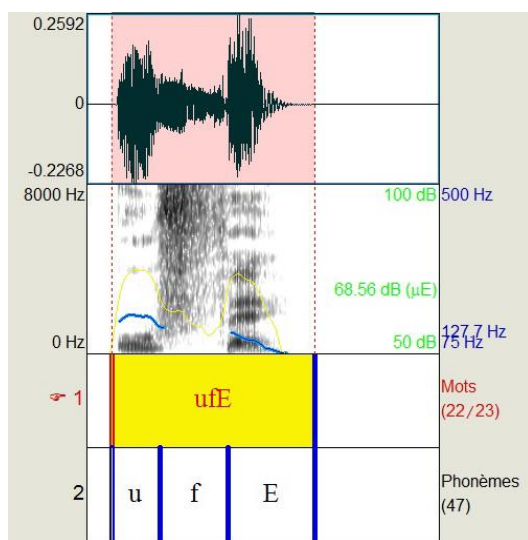
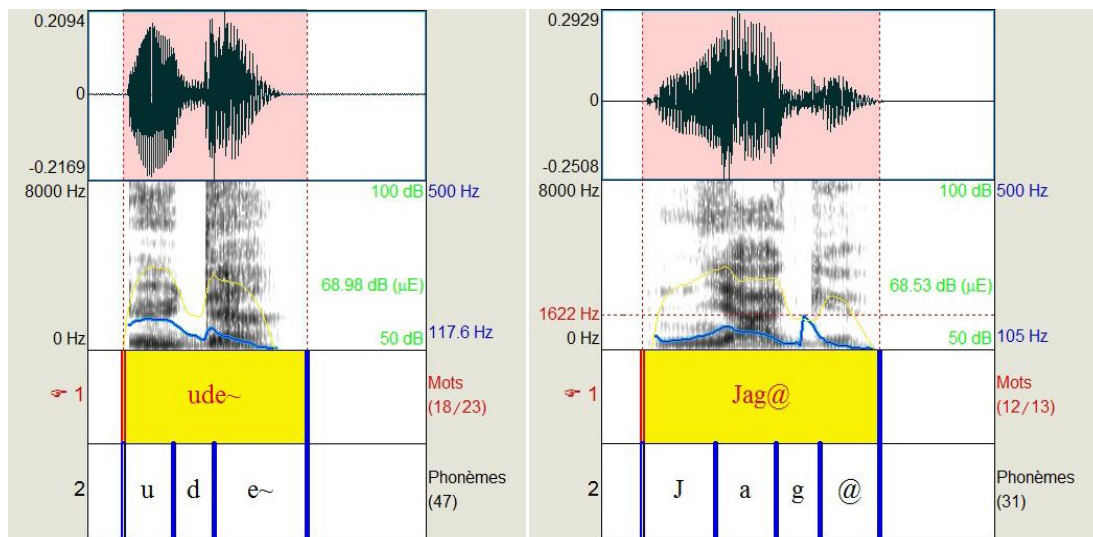
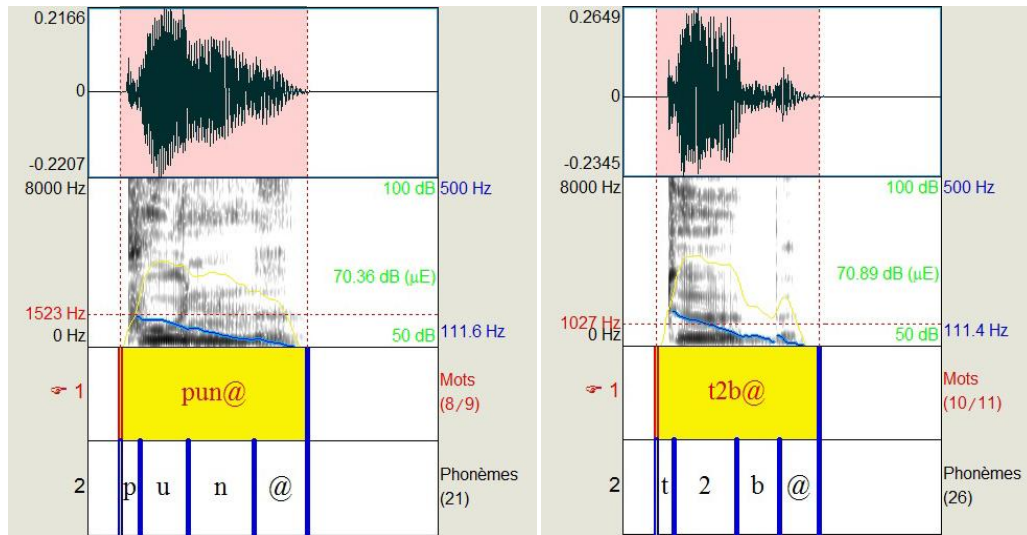
Liste 5 LAFON



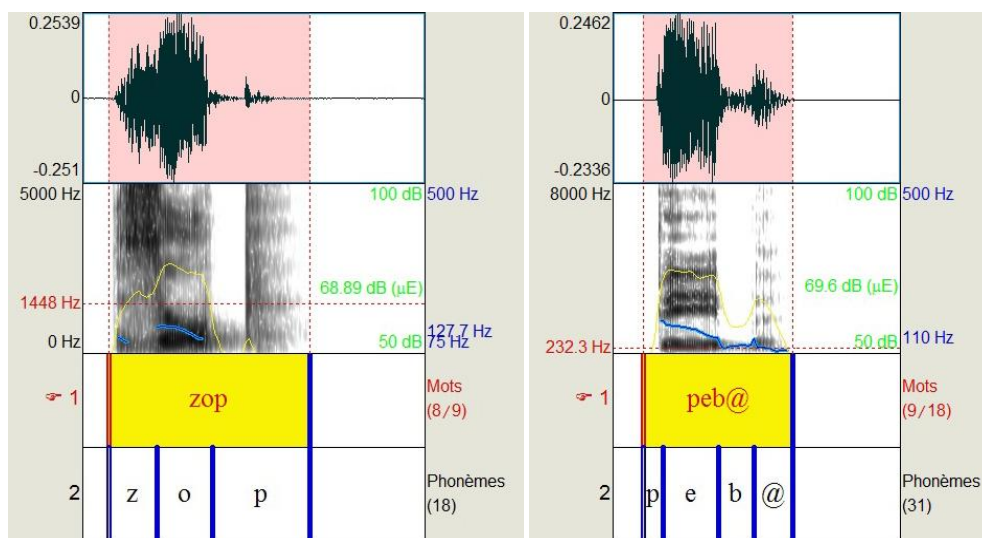
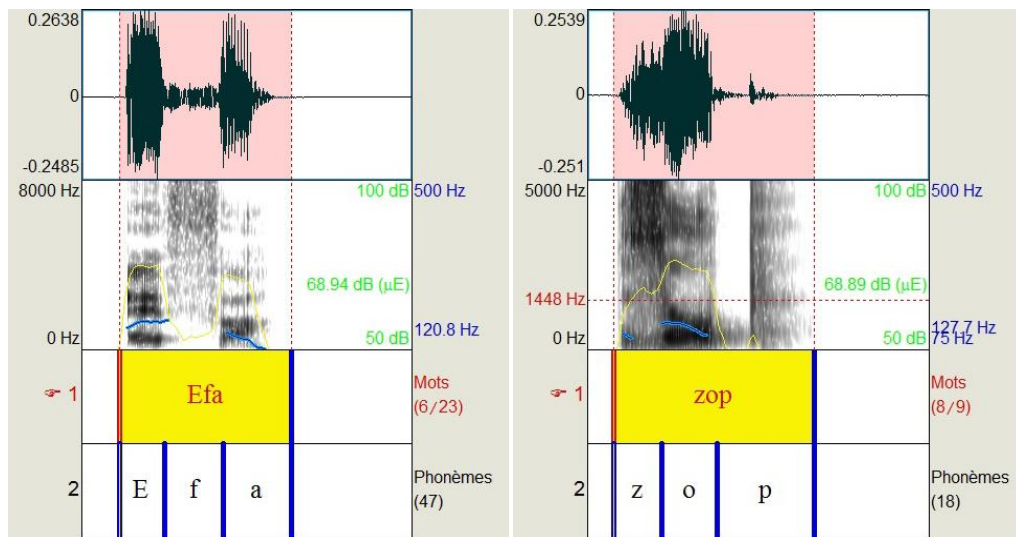
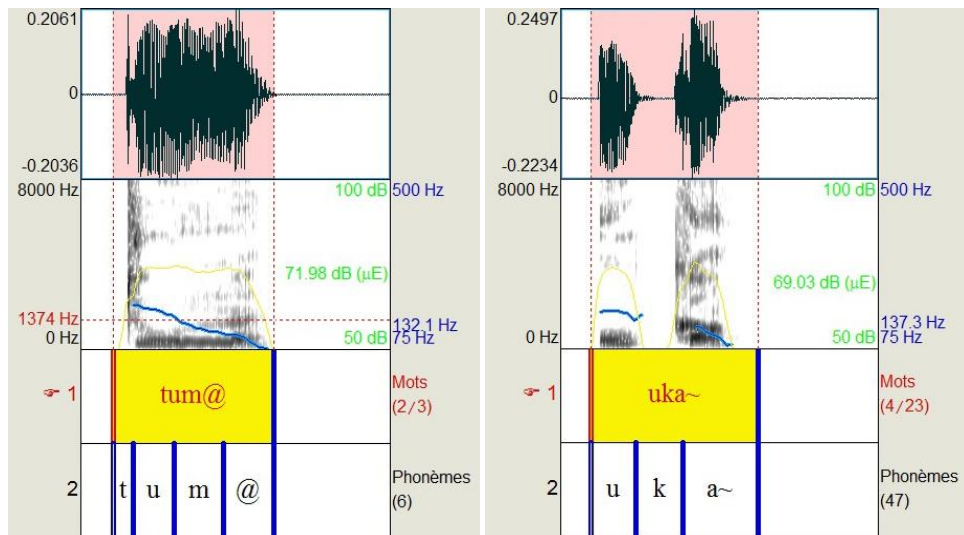


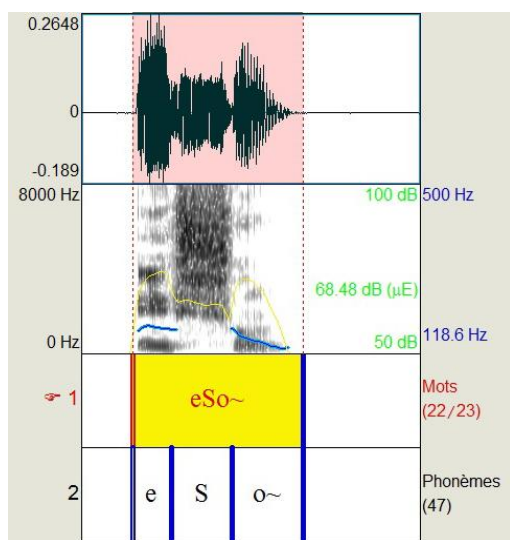
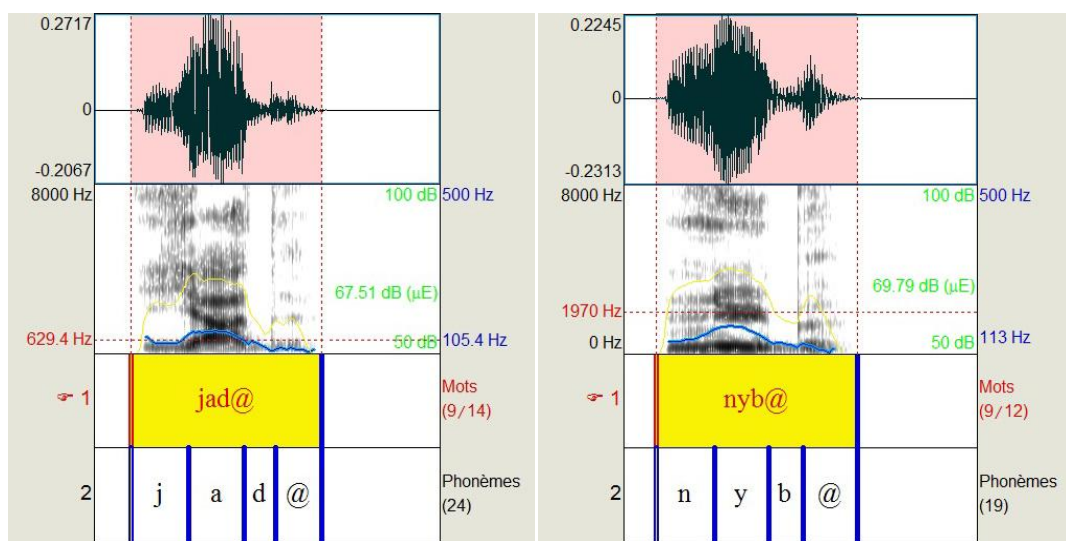
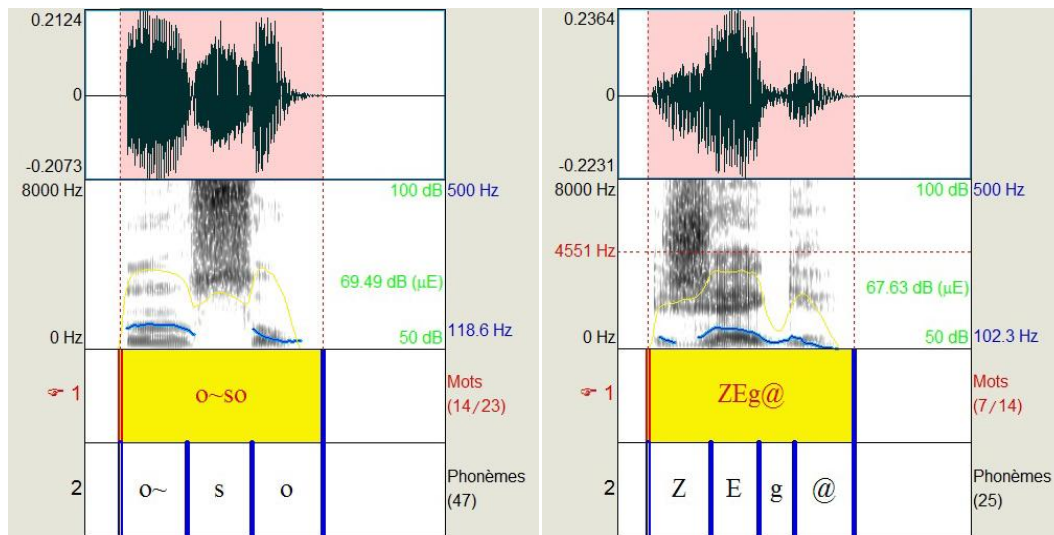
Liste Logatome 1



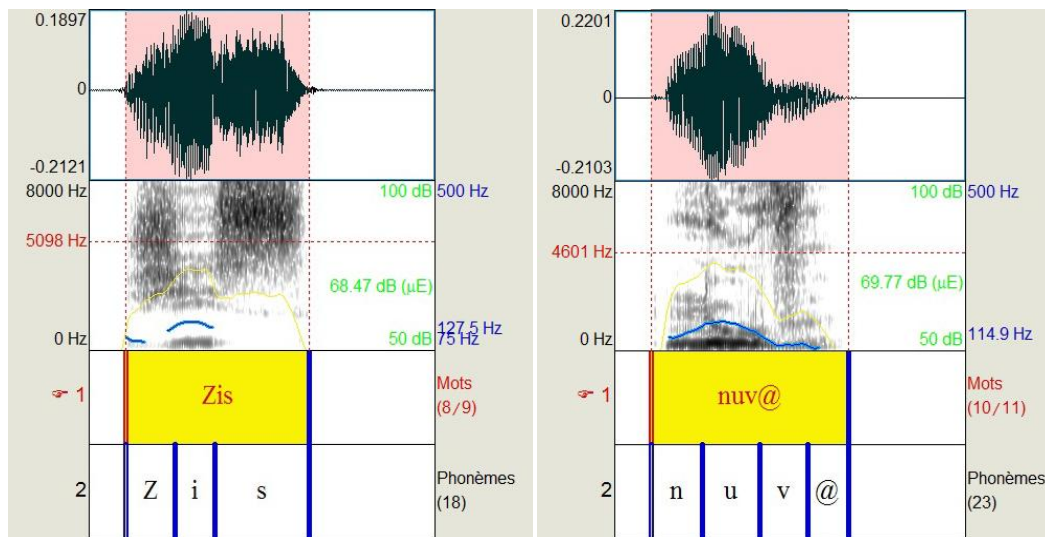
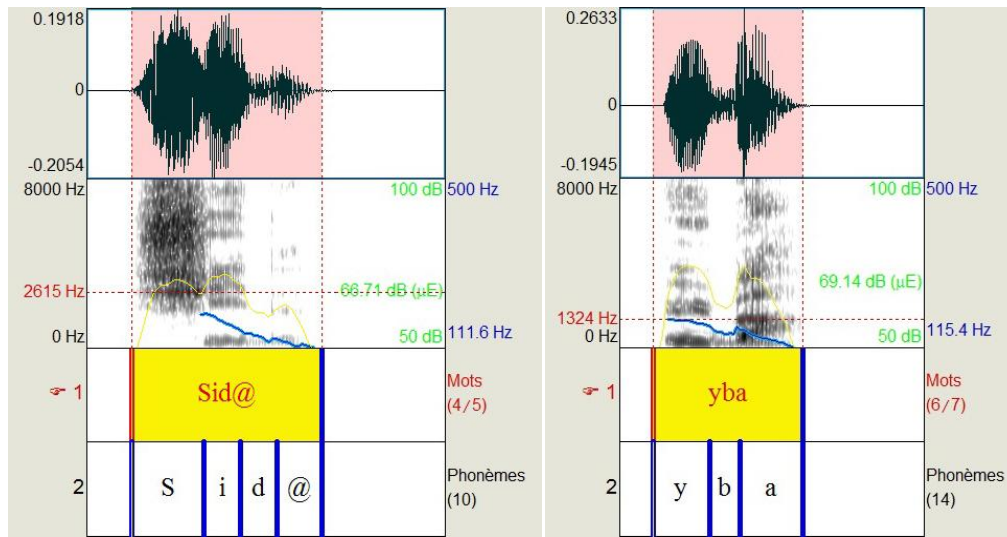
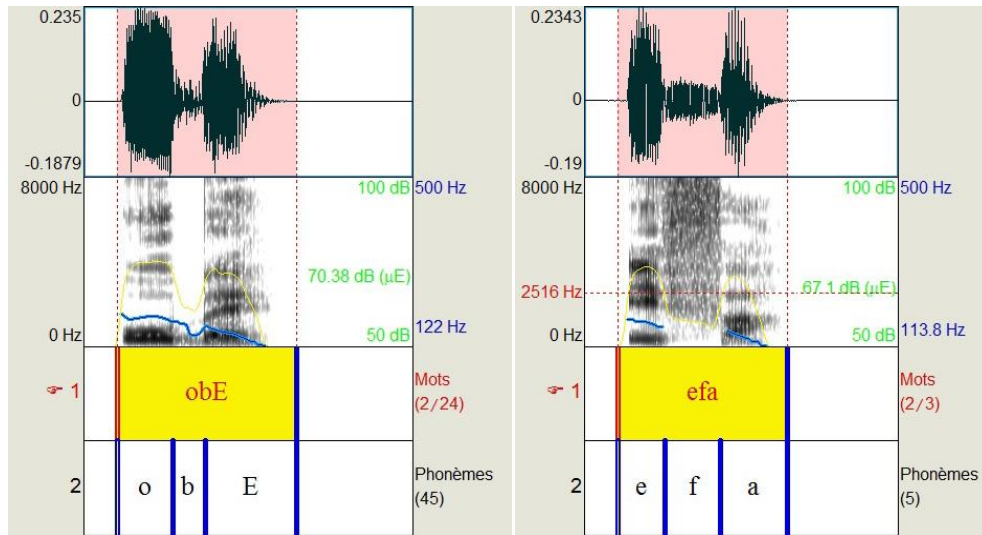


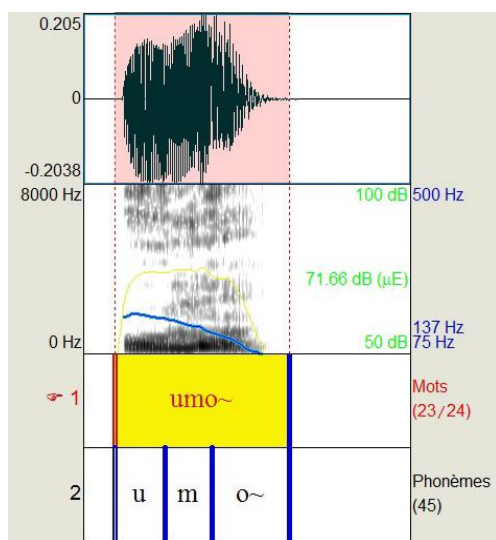
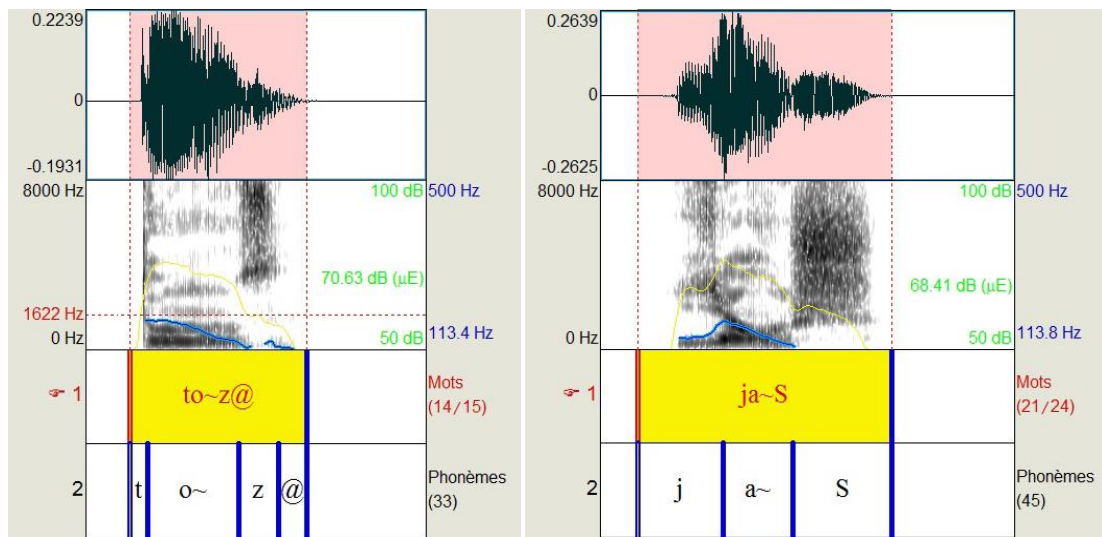
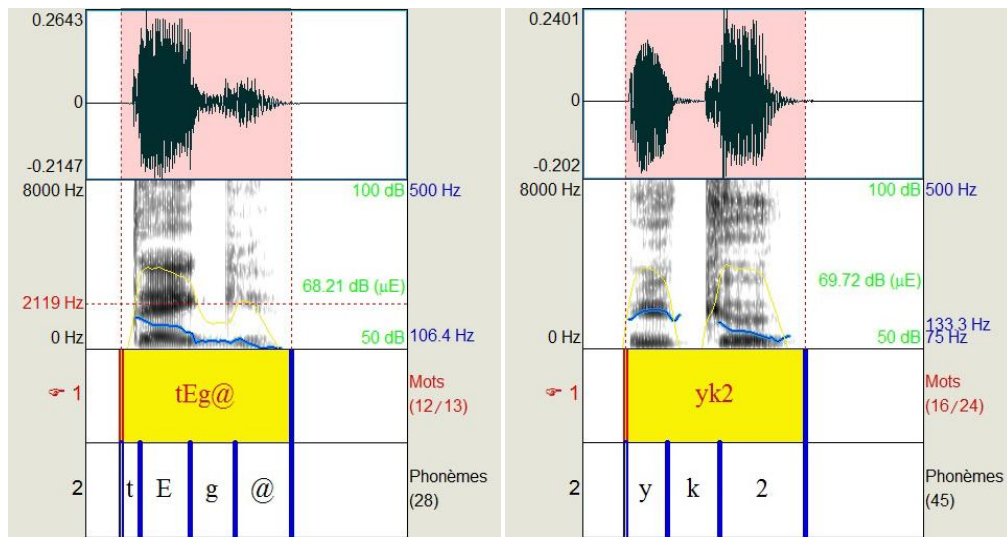
Liste Logatome 2



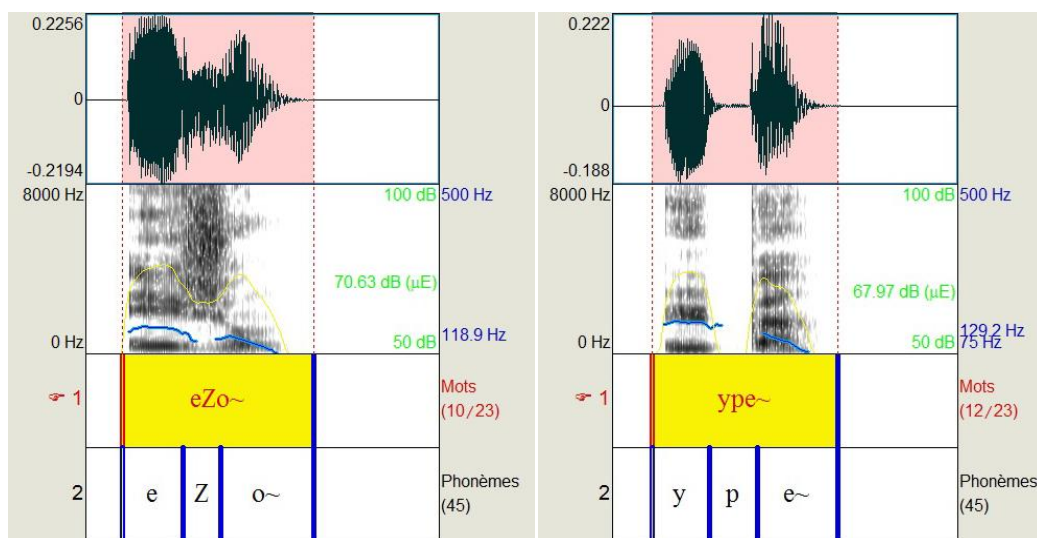
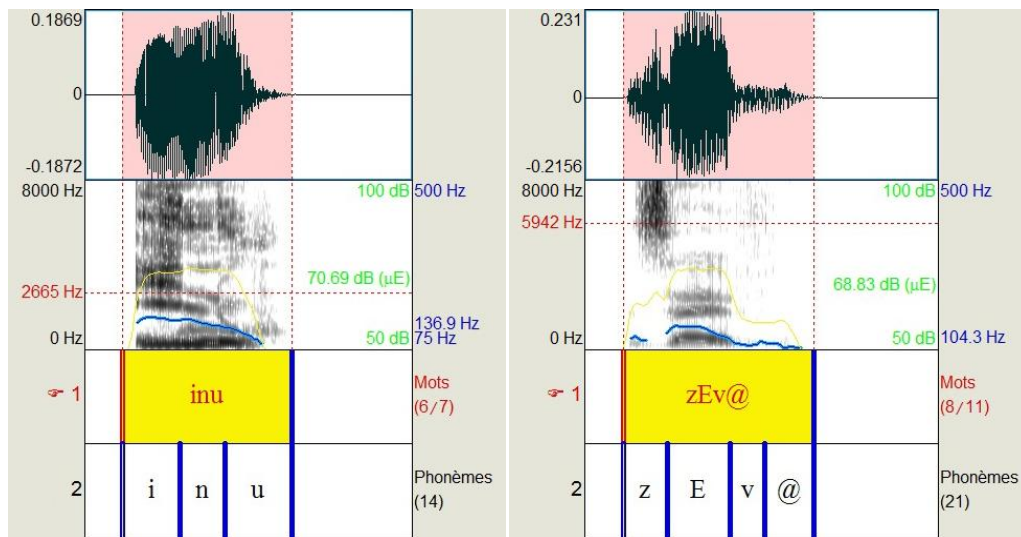
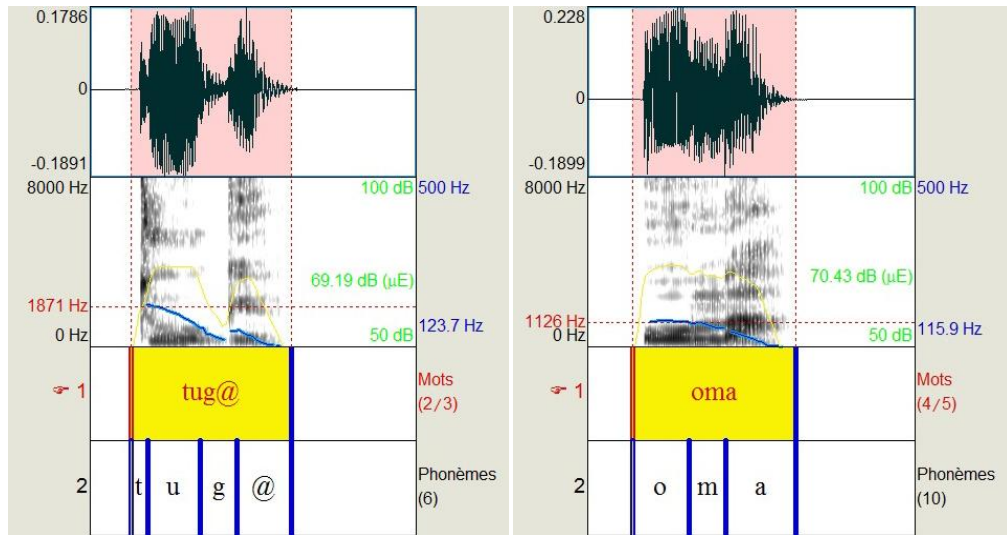


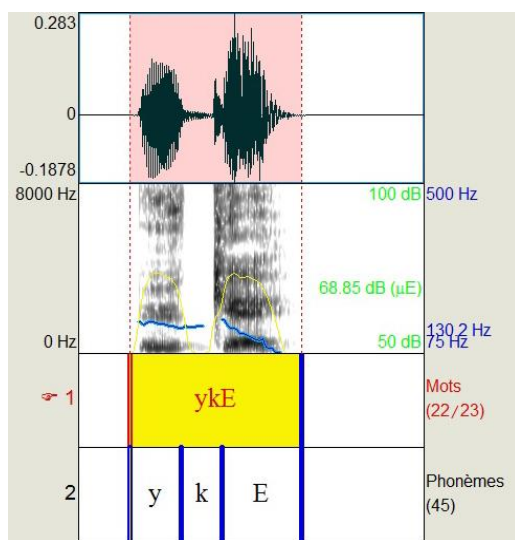
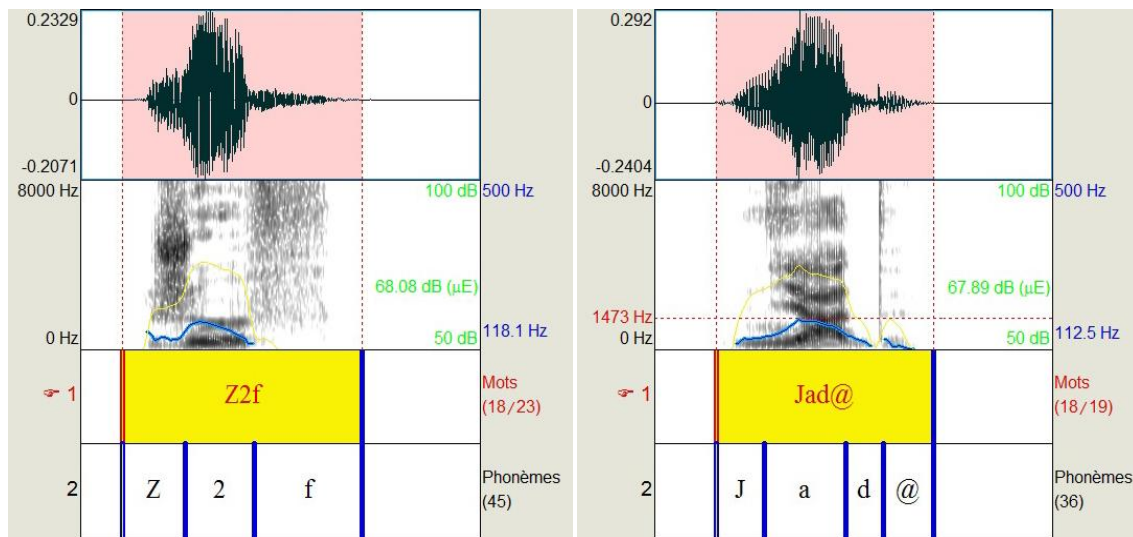
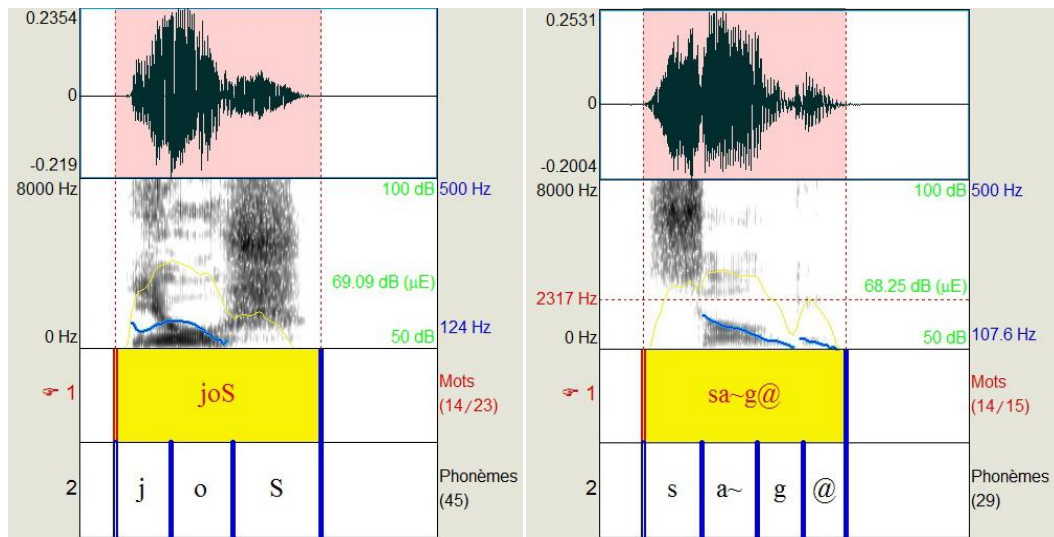
Liste Logatome 3



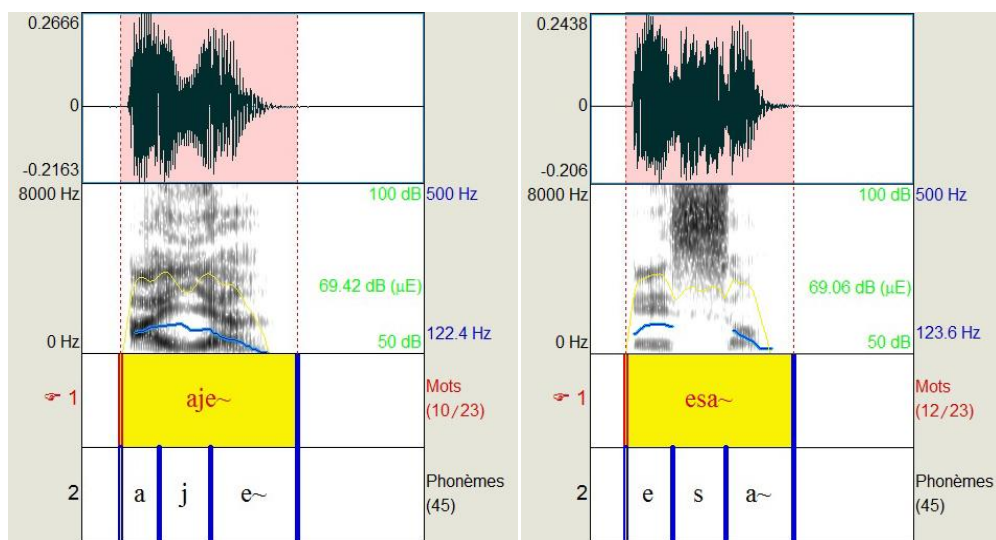
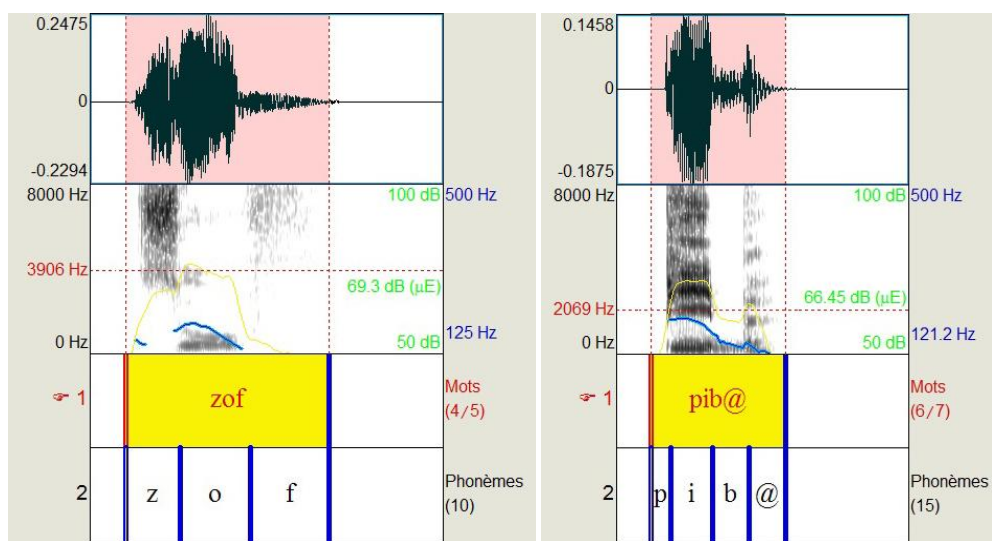
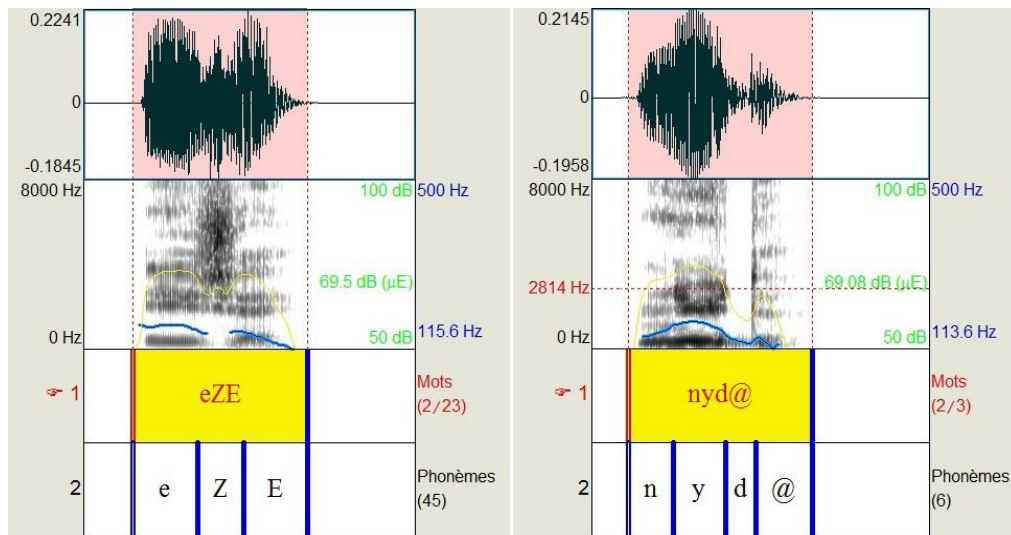


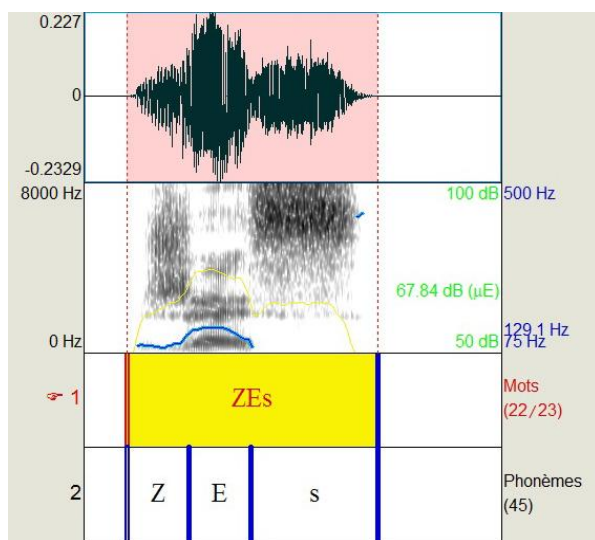
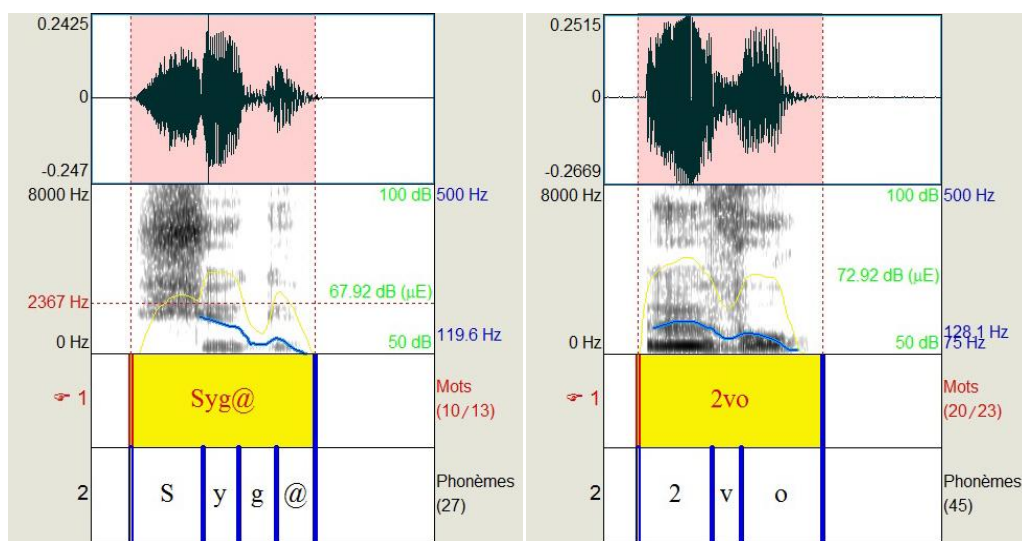
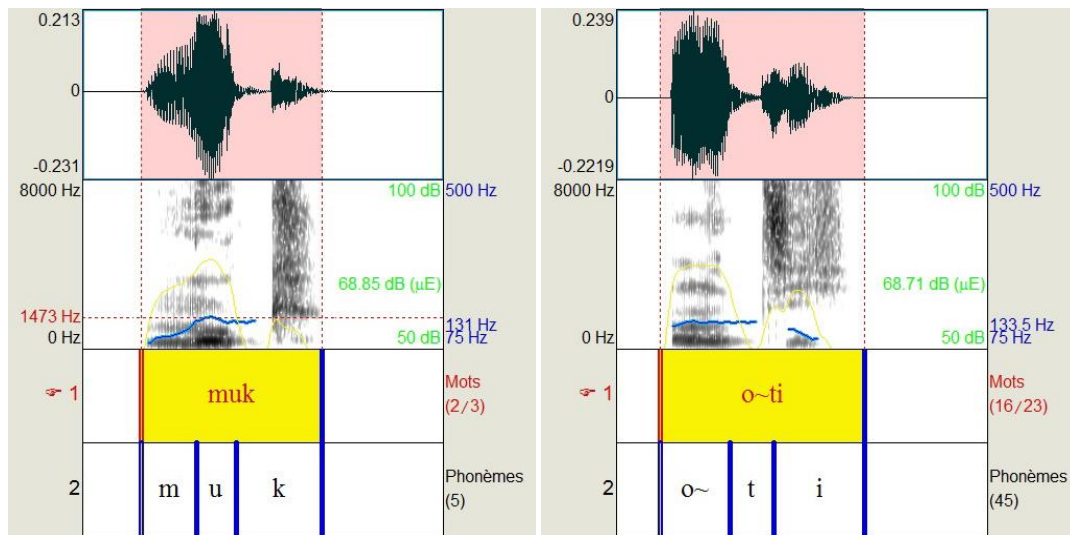
Liste Logatome 4



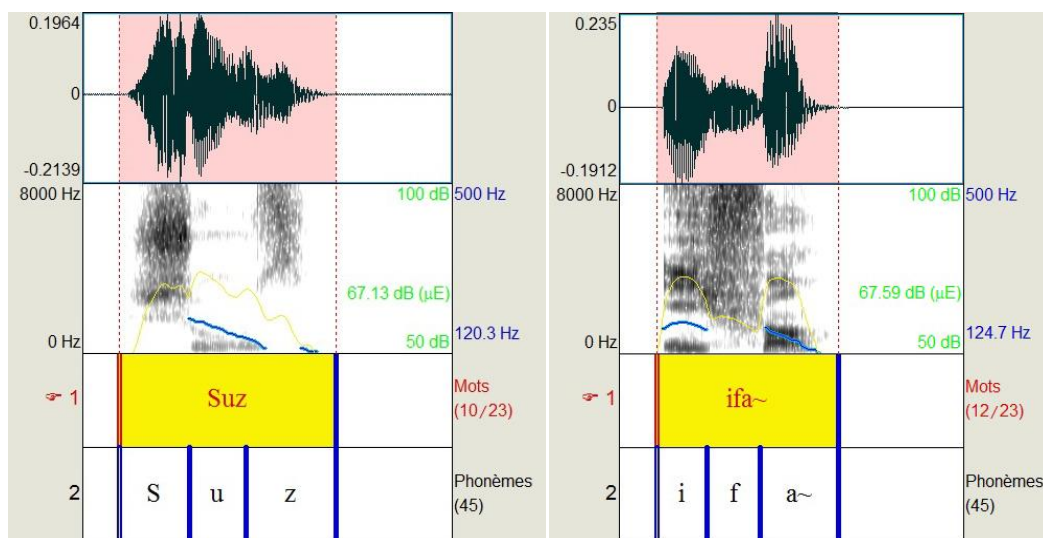
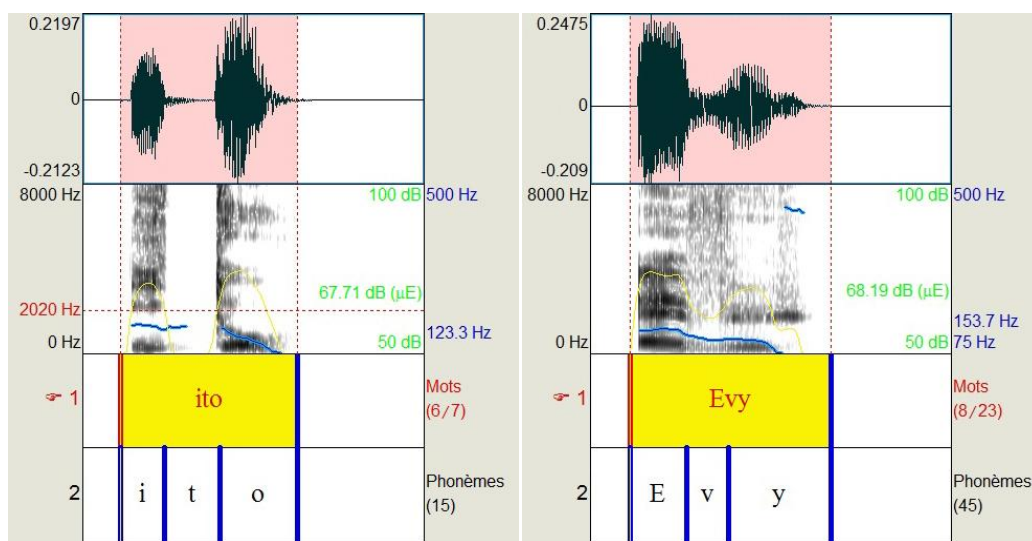
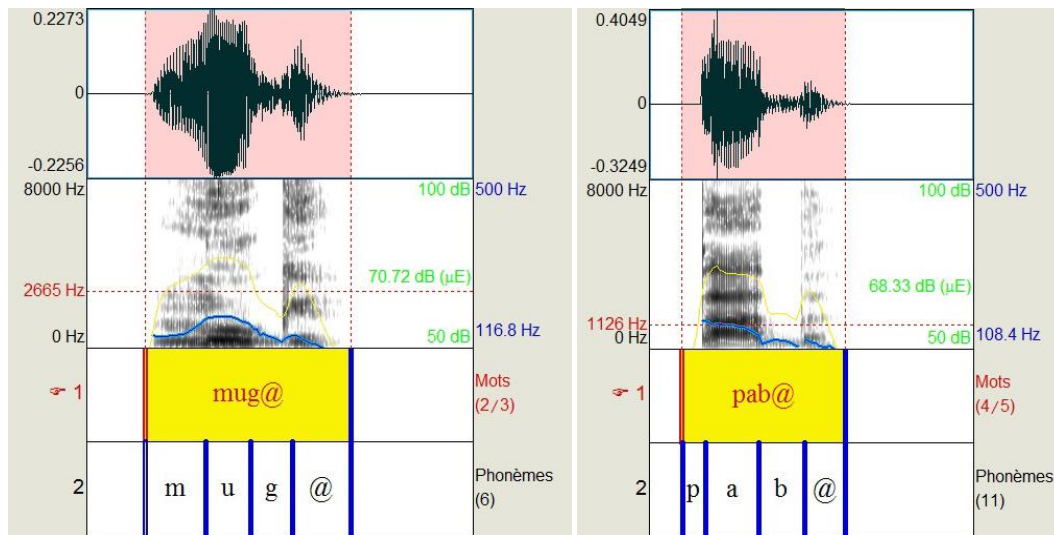


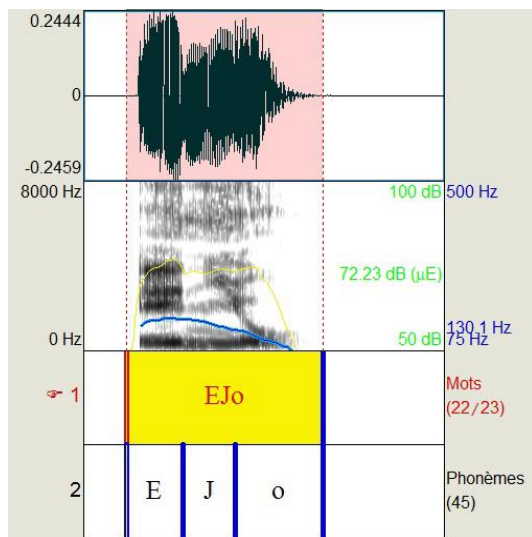
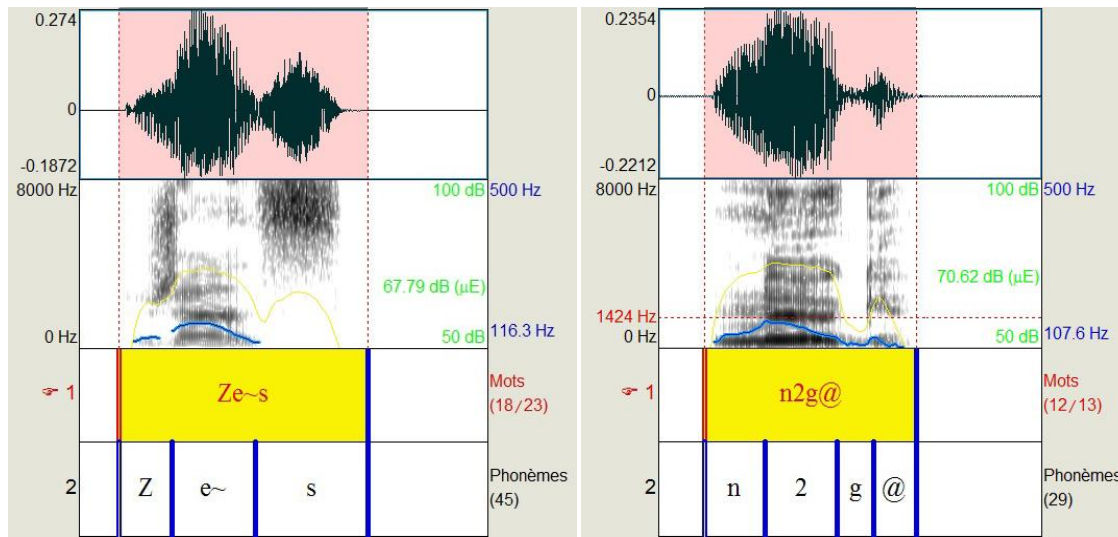
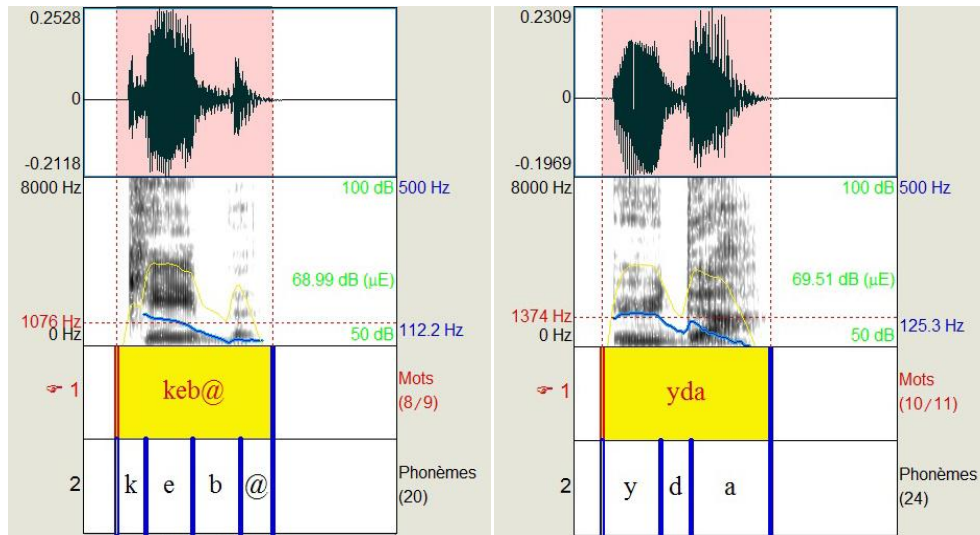
Liste Logatome 5



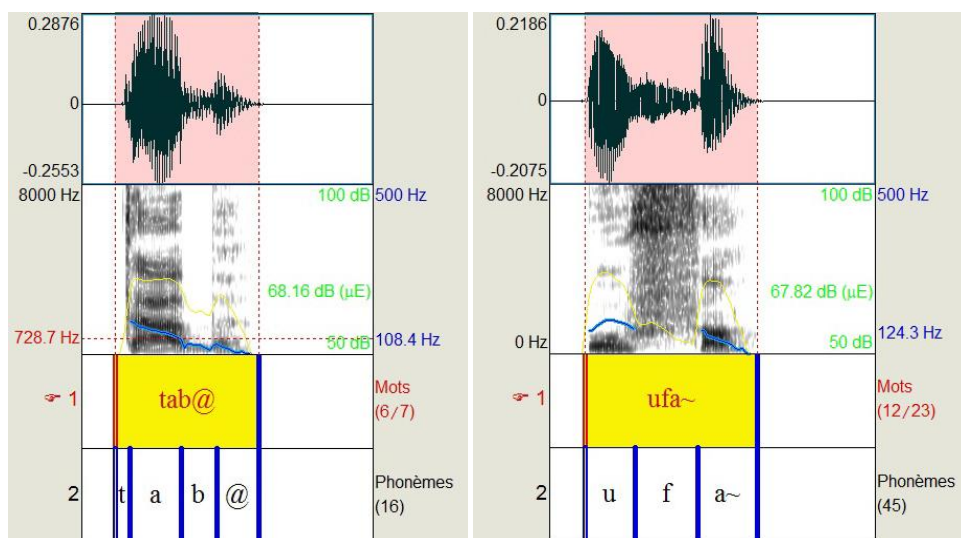
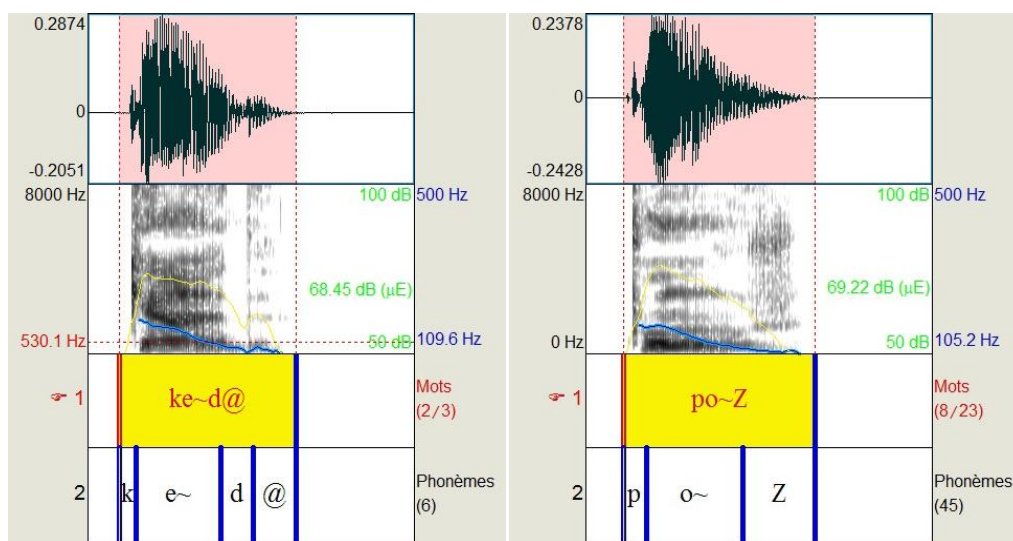
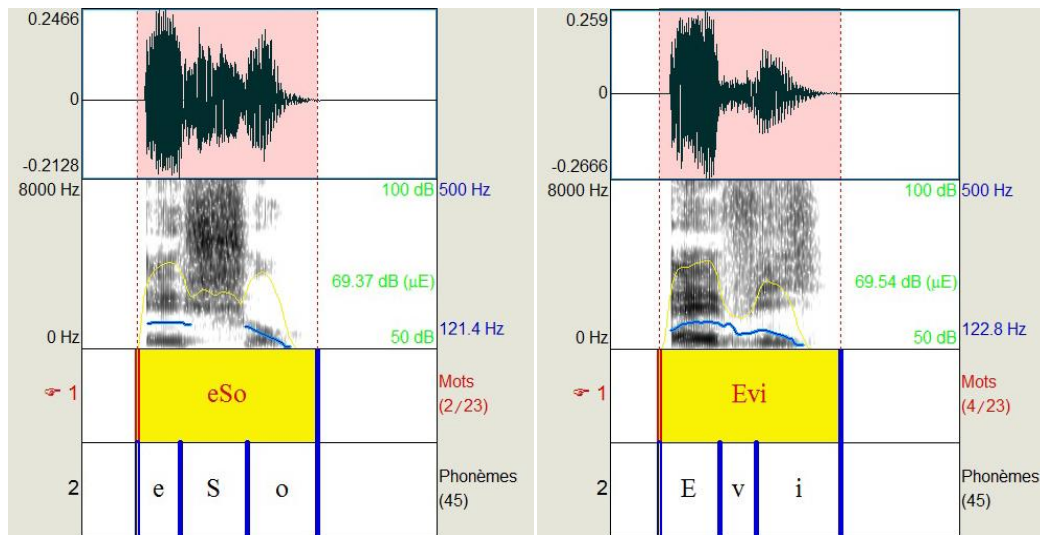


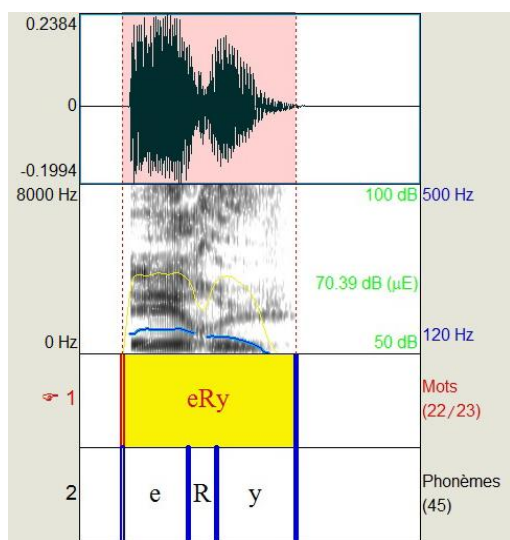
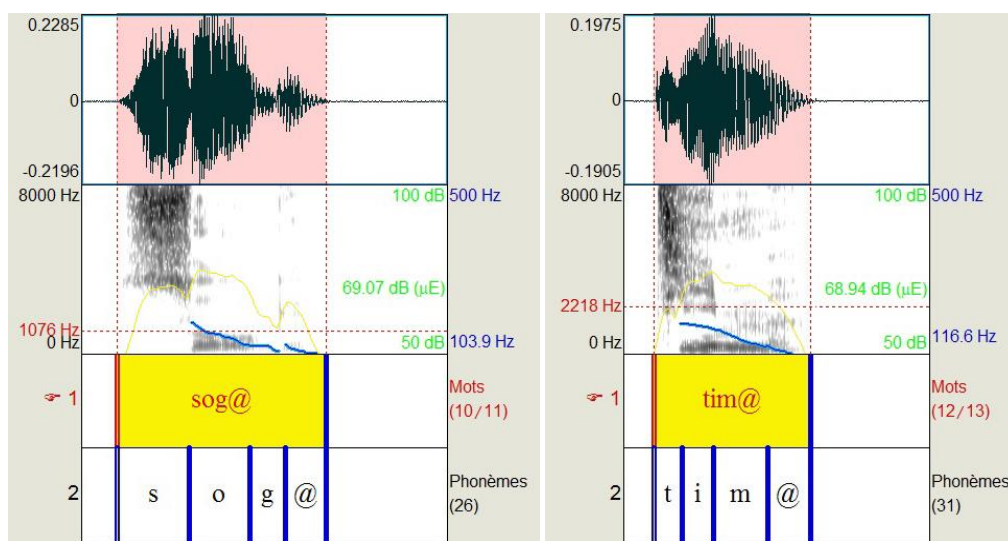
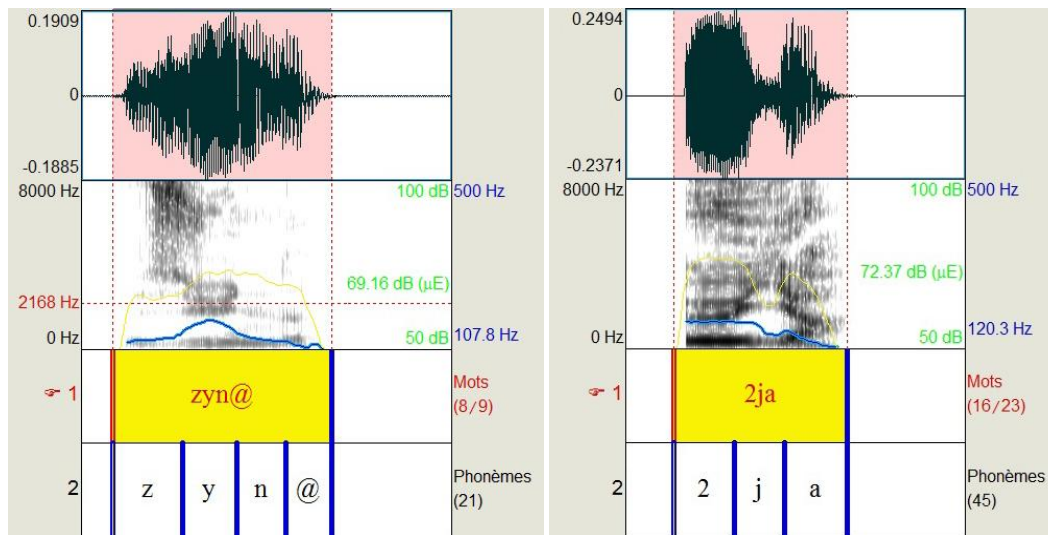
Liste Logatome 6



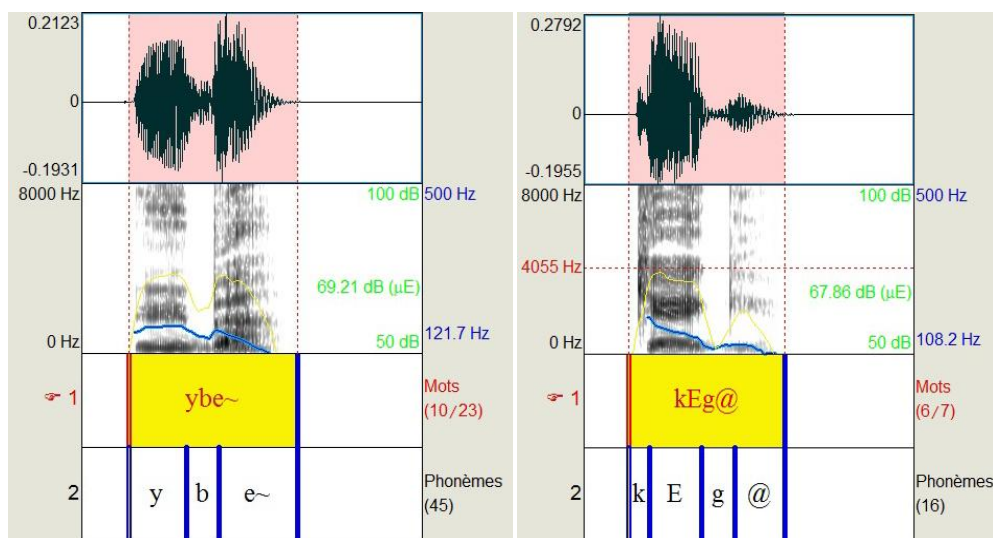
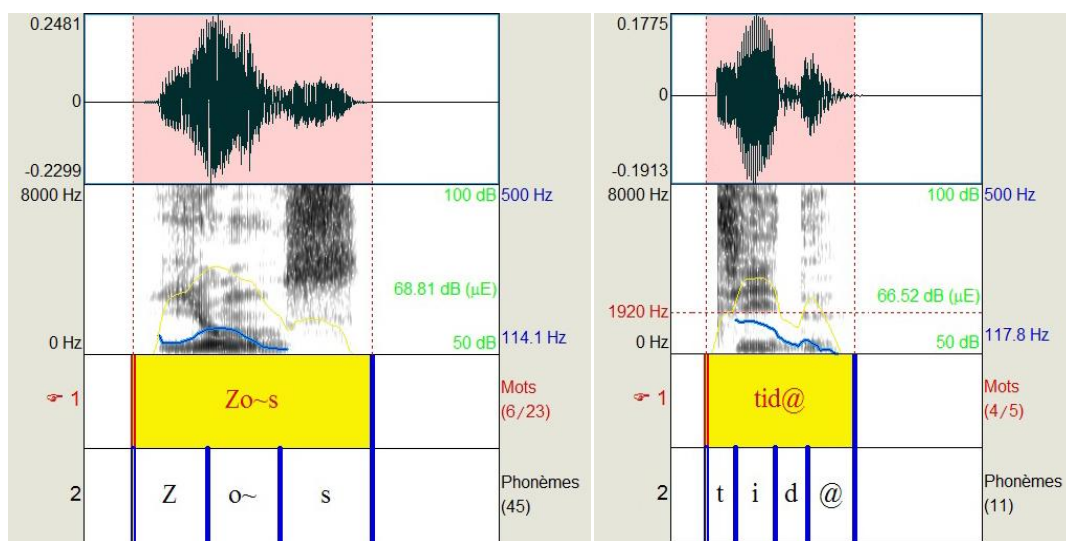
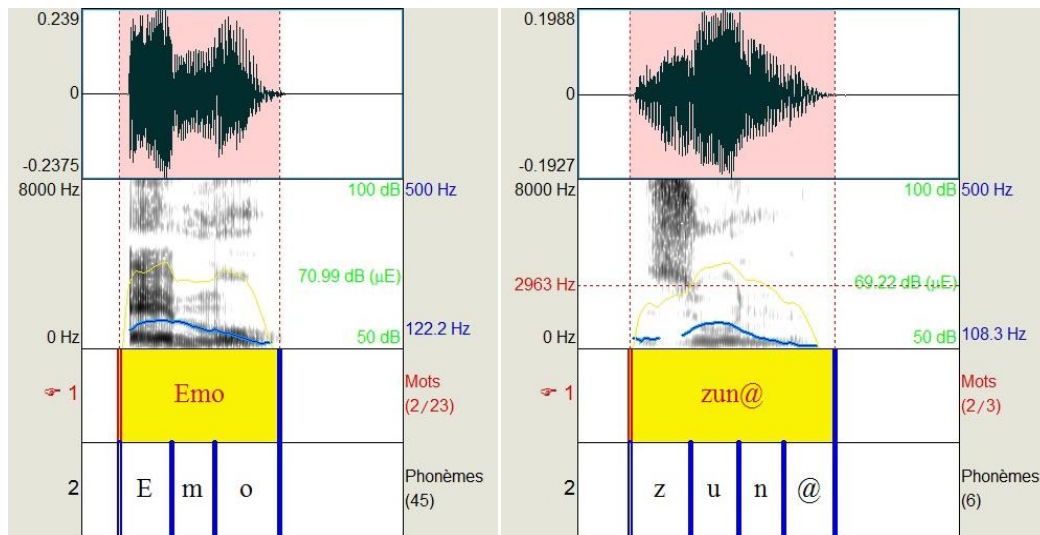


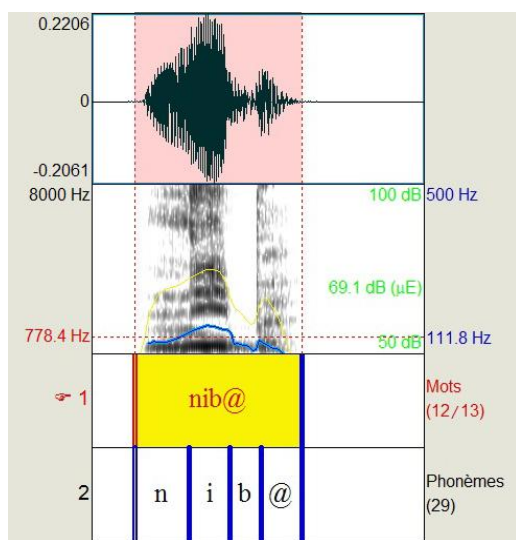
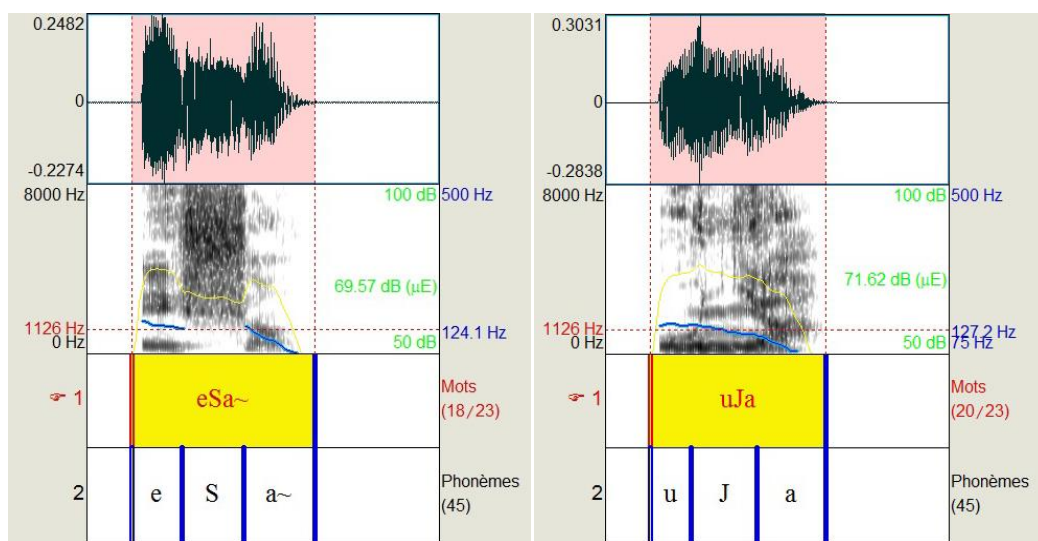
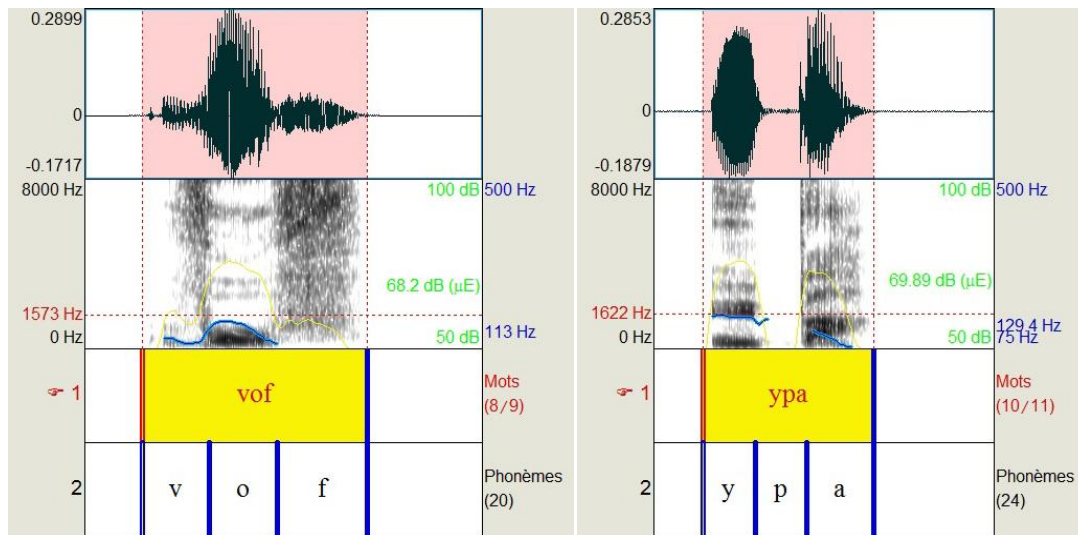
Liste Logatome 7



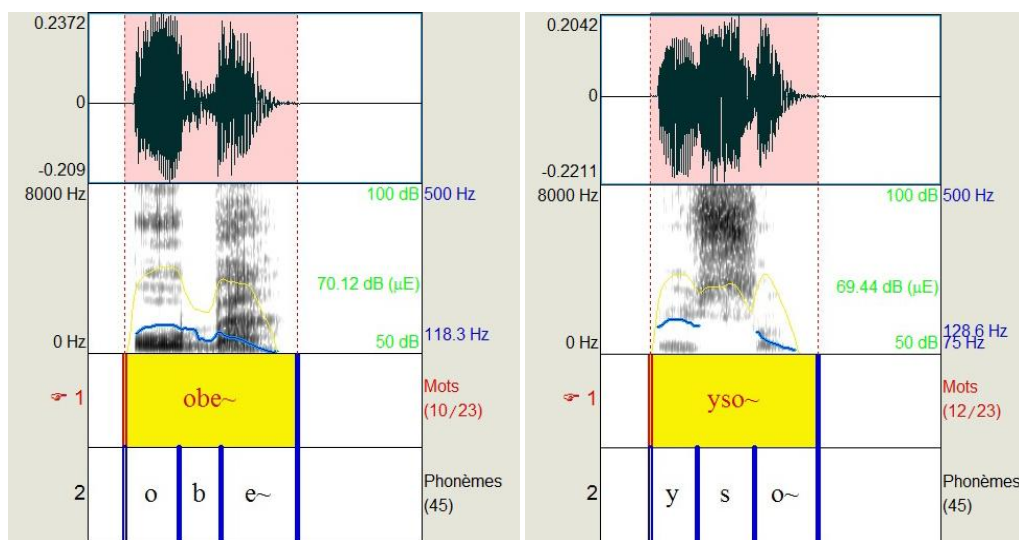
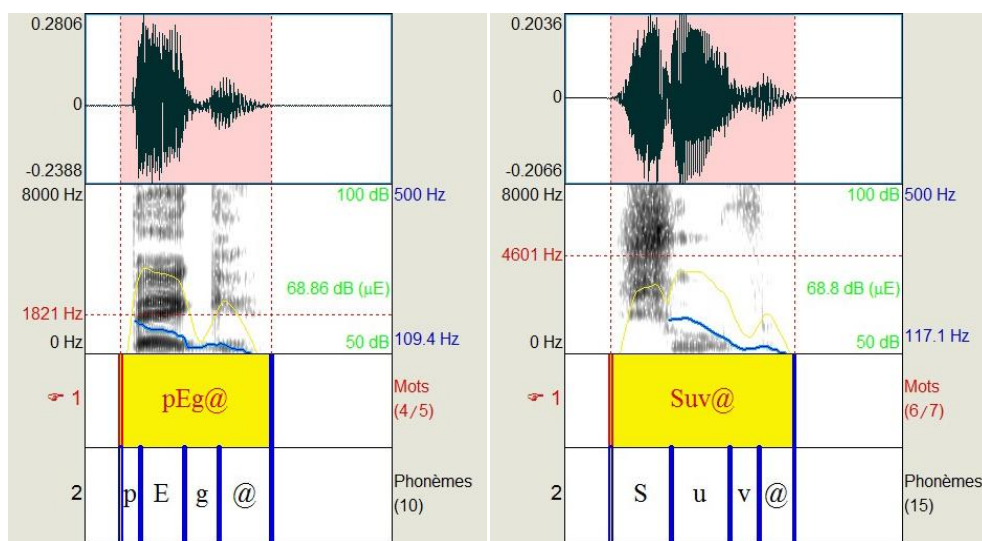
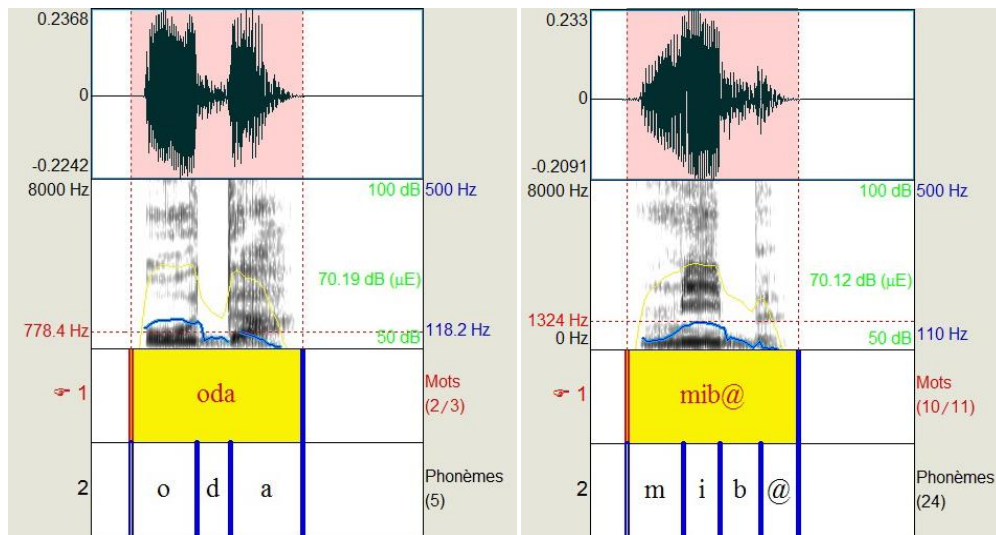


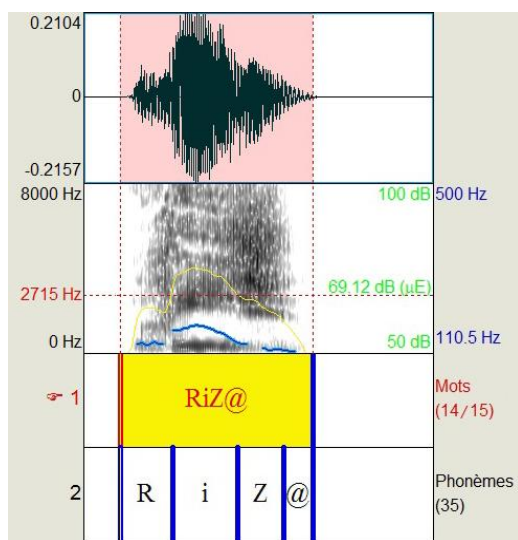
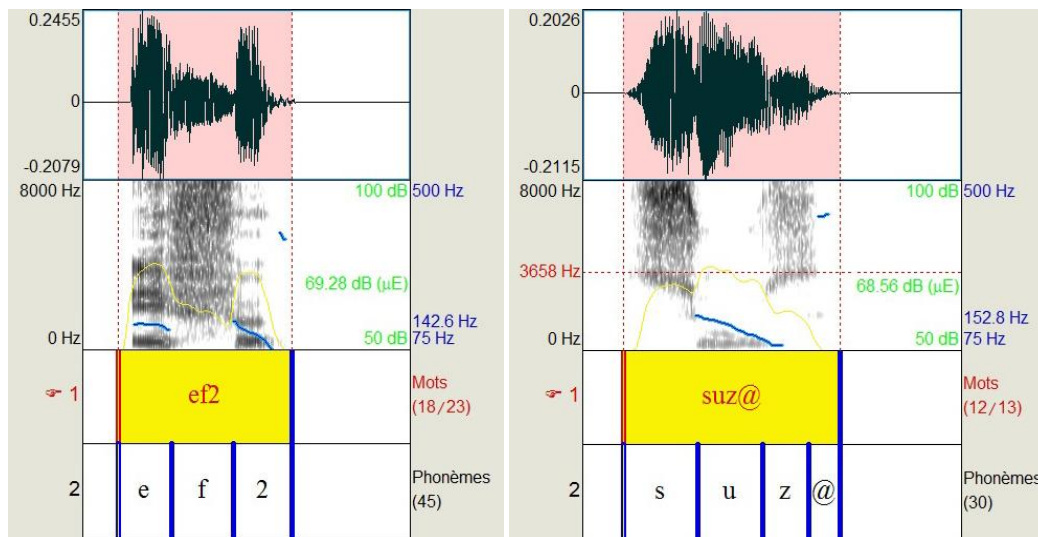
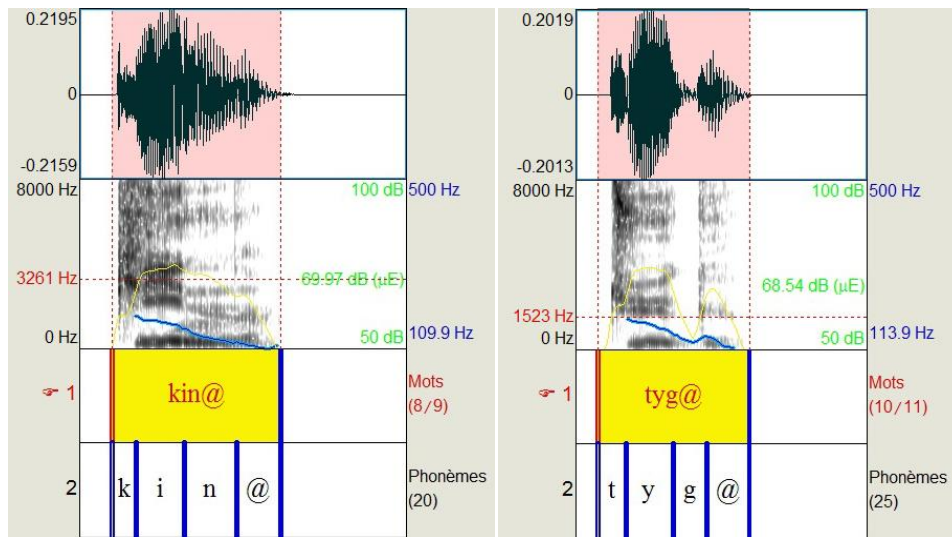
Liste Logatome 8



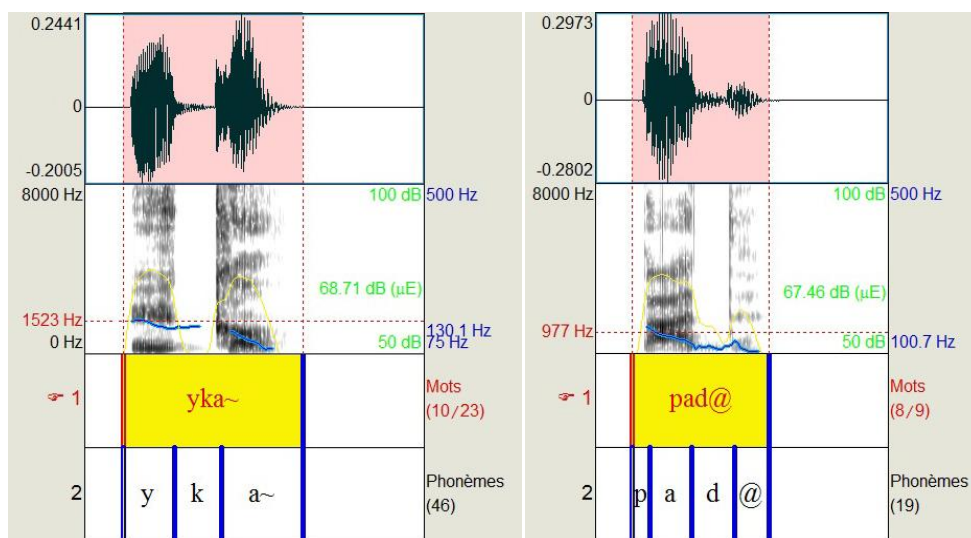
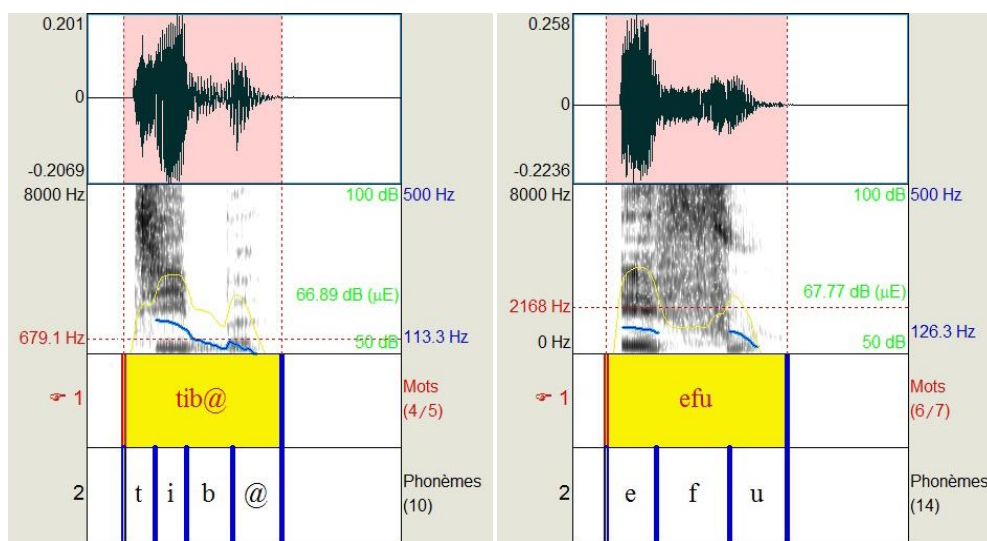
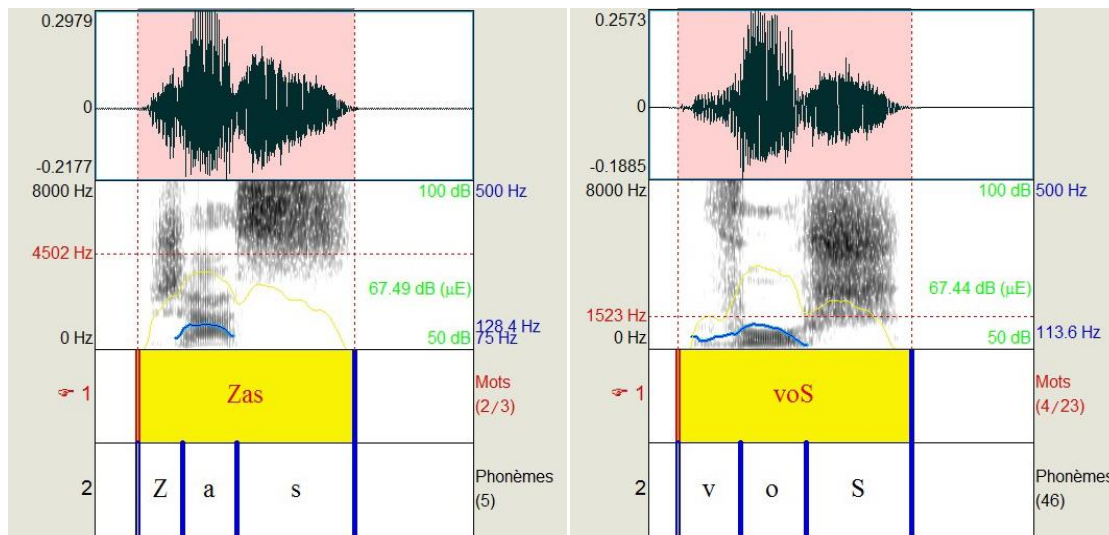


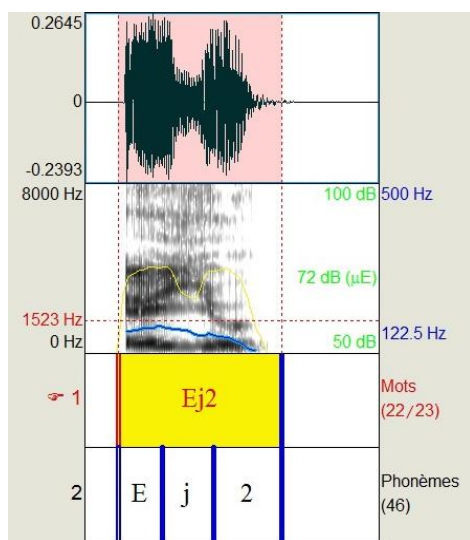
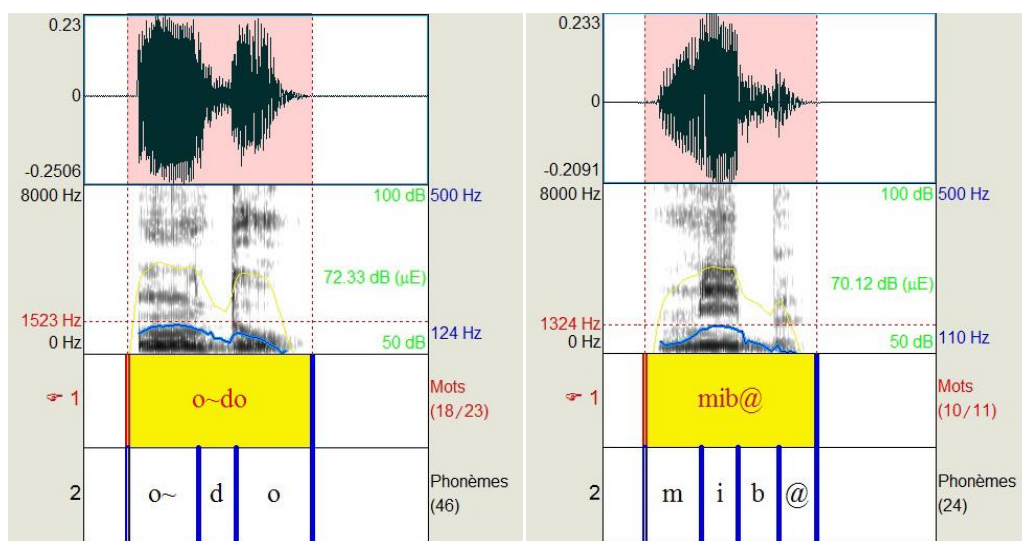
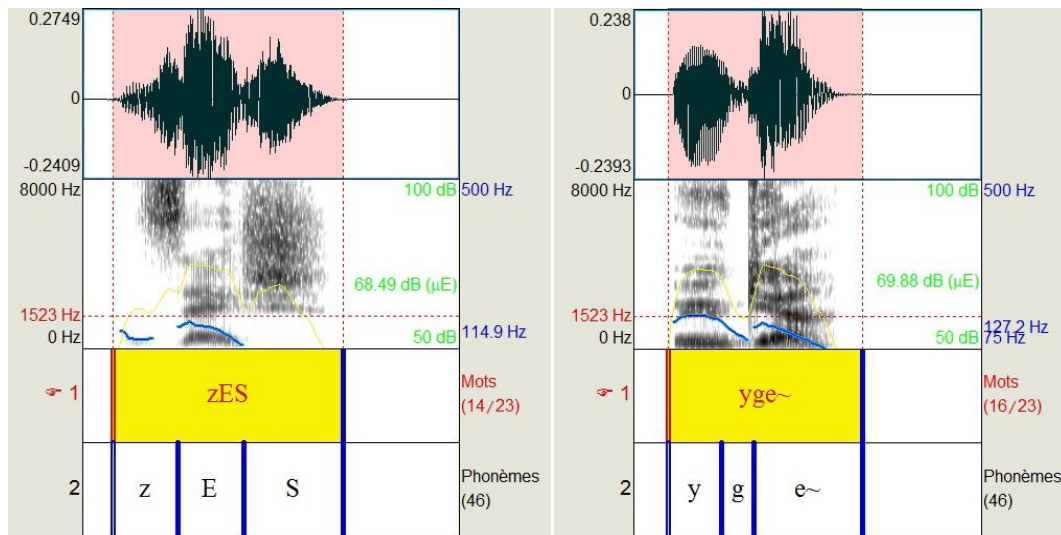
Liste Logatome 9





Liste Logatome 10





Annexe 3 :

Listes pour enfants de LAFON

liste 1 de mots	difficulté
Poupée	0
Ballon	2
Couteau	2
Doigt	0
Gomme	3
Maison	2
Souris	4
Cheval	5
Maman	0
Café	3
Moyenne	2,1

liste 2 de mots	difficulté
Auto	0
pomme	1
bouche	3
Fille	1
Vélo	3
banane	2
Coq	3
jambe	3
sapin	2
Radis	3
moyenne	2,1

liste 3 de mots	difficulté
papillon	1
fumée	1
bébé	0
lit	1
noix	0
orange	5
moto	1
vache	4
garçon	6
canard	5
moyenne	2,4

liste 4 de mots	difficulté
Papa	0
Photo	2
Bonbon	0
Télé	1
Chapeau	2
Ane	1
Main	0
Salade	3
Gâteau	2
Zéro	4
Moyenne	1,5

liste 5 de mots	difficulté
poire	4
feu	1
bateau	1
couteau	2
marché	5
champignon	3
Oiseau	1
malade	3
Savon	3
ananas	1
moyenne	2,4

Listes pour enfants de BOREL- MAISONNY

liste 1 de mots	difficulté
Camion	2
Torchon	5
Citron	5
Poulet	2
Bleuet	3
Sifflet	5
Buffet	1
Tapis	1
Toupie	1
Moyenne	2,778

liste 2 de mots	difficulté
bouchon	2
manteau	1
moto	1
cochon	3
bouton	1
couteau	2
ciseaux	2
persil	5
balai	2
moyenne	2,111

liste 3 de mots	difficulté
gâteau	2
marteau	4
ballon	2
marron	3
chapeau	2
savon	3
bateau	1
raisin	4
café	3
moyenne	2,667

liste 4 de mots	difficulté
Jambon	2
Râteau	3
Poupée	0
Lapin	2
Vélo	3
Auto	0
Oiseau	1
Crayon	4
Avion	1
Moyenne	1,778

liste 5 de mots	difficulté
collier	3
poisson	2
fourneau	5
tricot	5
tambour	4
soulier	2
fumée	1
piano	1
panier	1
moyenne	2,667

Annexe 4 : Répartition des phonèmes

	Listes enfants Lafon					Listes enfants Borel-Maisonny				
	liste1	liste2	liste3	liste4	liste5	liste1	liste2	liste3	liste4	liste5
[p]	2	2	2	3	2	3	1	1	3	3
[t]	1	1	1	3	2	4	4	3	2	2
[k]	2	2	1	0	1	1	2	1	1	2
[b]	1	3	2	2	1	2	3	2	1	1
[d]	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0
[g]	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0
[m)	4	1	2	1	2	1	2	2	0	1
[n]	0	2	2	1	2	0	0	0	0	3
[f]	1	1	1	1	1	2	0	1	0	2
[s]	1	1	1	1	1	2	2	2	0	2
[S]	1	1	1	1	2	1	2	1	0	0
[v]	1	1	1	0	1	0	0	1	2	0
[z]	1	0	0	1	1	0	1	1	1	0
[Z]	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0
[R]	1	1	3	1	2	2	1	2	2	3
[l]	2	1	1	2	1	3	2	1	2	2
[i]	1	2	2	0	1	4	2	0	0	1
[e]	2	1	3	3	0	0	0	1	2	4
[E]	1	0	0	0	0	4	2	1	1	0
[a]	5	4	6	7	10	2	1	8	4	3
[y]	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1
[u]	3	1	0	0	1	2	3	0	1	3
[o]	1	3	3	5	3	0	6	4	5	4
[2]	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
[o]	1	0	2	2	2	3	3	3	3	1
[a]	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1
[9]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[O]	1	2	0	0	0	1	0	0	0	0
[e~]	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0
total	36	34	38	37	39	39	38	37	33	39

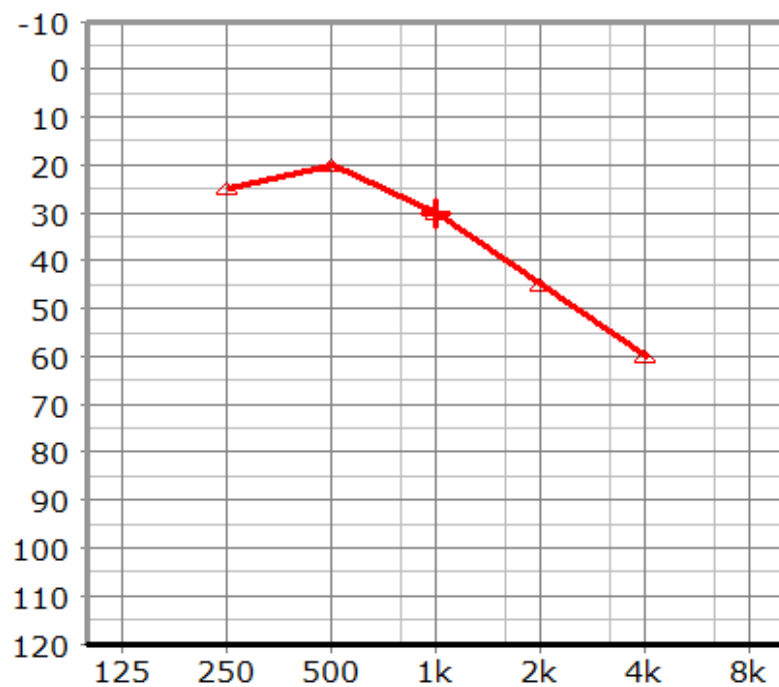
	Logatomes de Dupret									
	liste1	liste2	liste3	liste4	liste5	liste6	liste7	liste8	liste9	liste10
[p]	1	2	0	1	1	1	1	1	1	1
[t]	1	1	2	1	1	1	2	1	1	1
[k]	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
[b]	1	2	2	0	1	2	1	2	1	2
[d]	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2
[g]	2	1	1	2	1	2	1	1	2	1
[m]	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
[n]	1	1	1	1	1	1	1	2	1	0
[f]	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
[s]	1	1	1	1	2	1	1	1	2	1
[S]	1	1	2	1	1	1	1	1	1	2
[v]	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
[z]	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
[Z]	1	1	1	2	2	1	1	0	2	1
[R]	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0
[l]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[i]	2	1	2	1	2	2	2	2	2	2
[e]	1	2	1	1	2	1	2	1	2	1
[E]	2	2	2	2	2	2	1	2	1	2
[a]	2	2	2	2	1	2	2	2	1	2
[y]	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2
[u]	2	2	3	2	1	2	1	2	2	1
[o]	1	2	1	2	2	2	2	2	2	2
[2]	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1
[o~]	1	2	2	1	1	0	1	1	1	1
[a~]	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
[9]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[O]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[e~]	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1
[J]	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0
[@]	6	5	4	4	3	4	5	4	5	3
[j]	0	1	1	1	1	0	1	1	0	1
Total	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33

Annexe 5 :

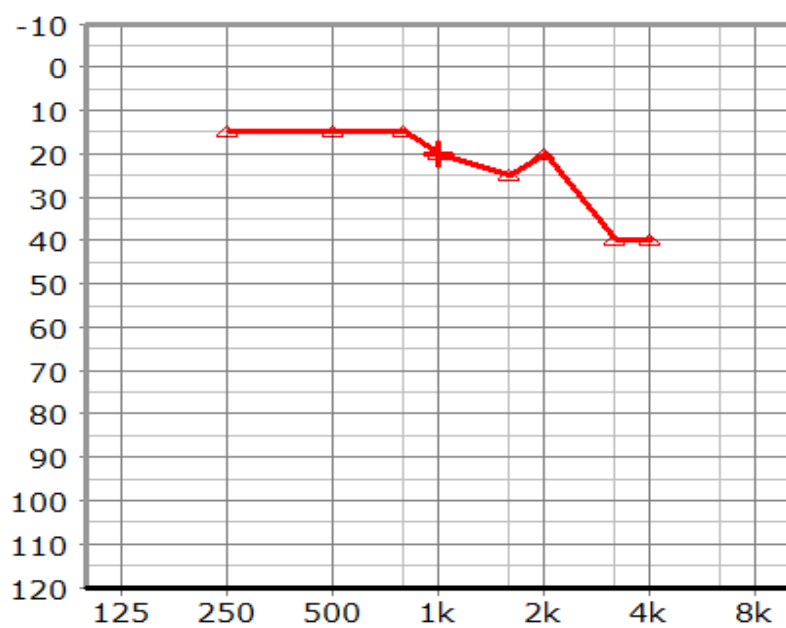
Profil audiométrique tonal champ libre appareillé en binaural :

Patients presbyacousiques :

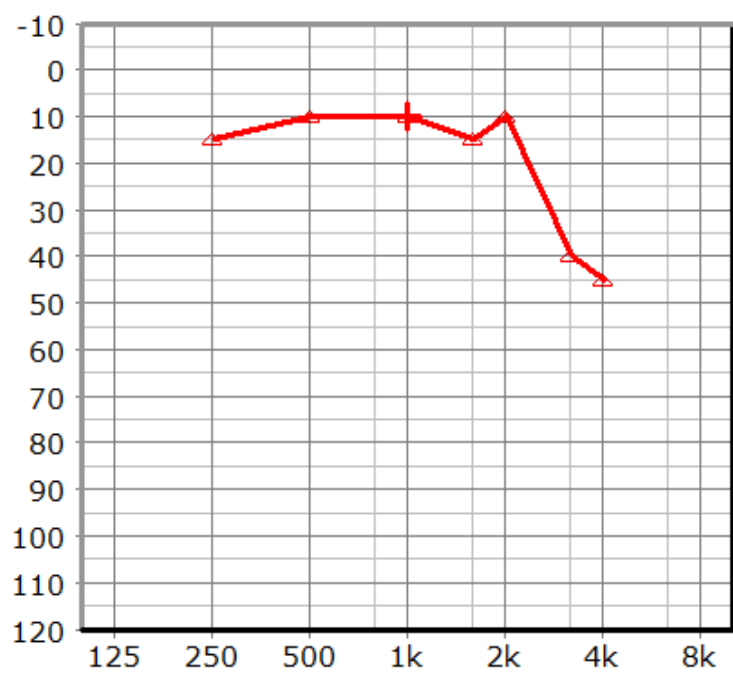
- Monsieur R. Ernest 79 ans



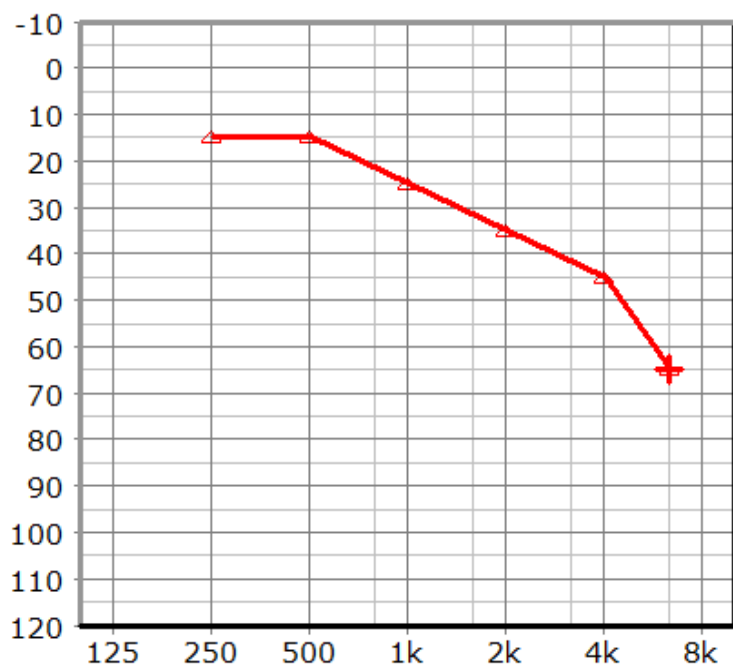
-Monsieur D. Jean Claude 68 ans



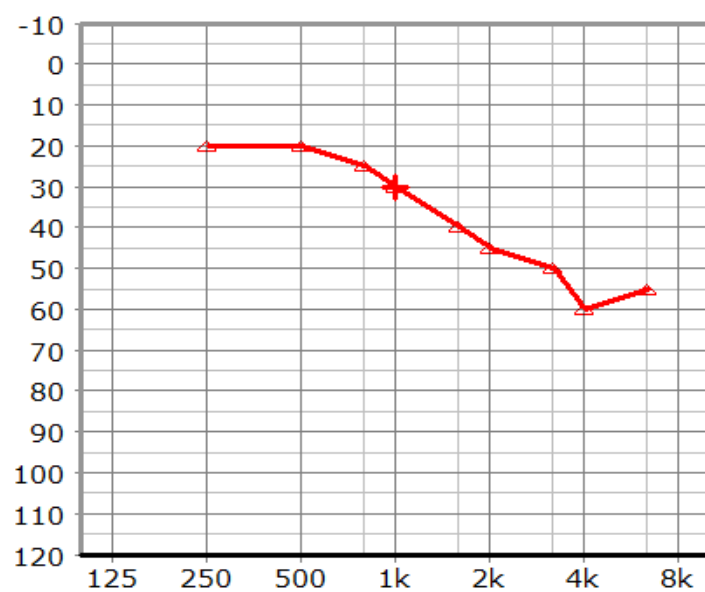
-Monsieur G. Jean Claude 65 ans



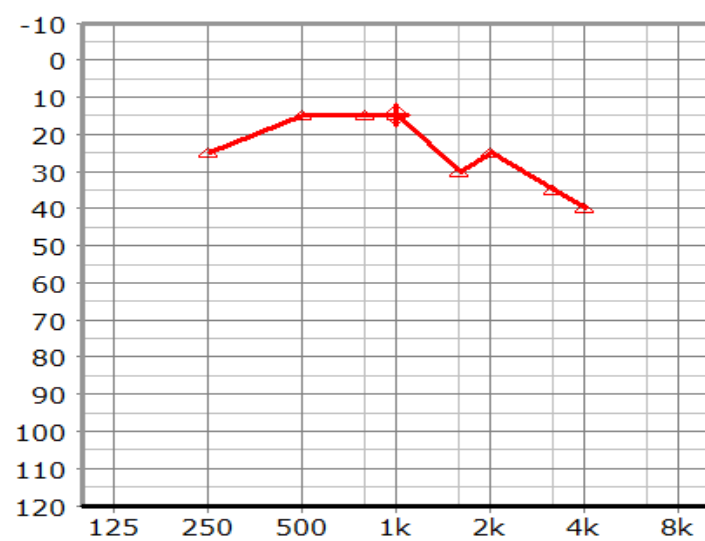
-Monsieur D. Guy 67 ans



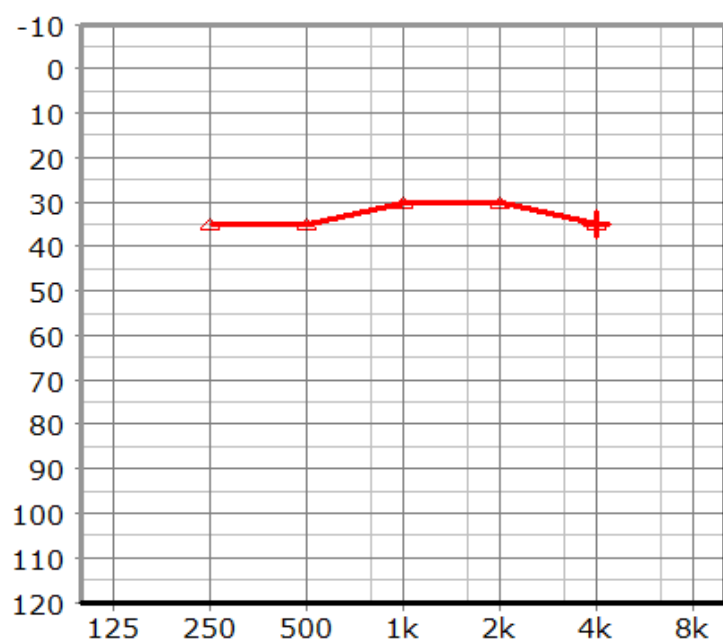
-Madame H. Colette 68 ans



-Monsieur L. Bernard 73 ans

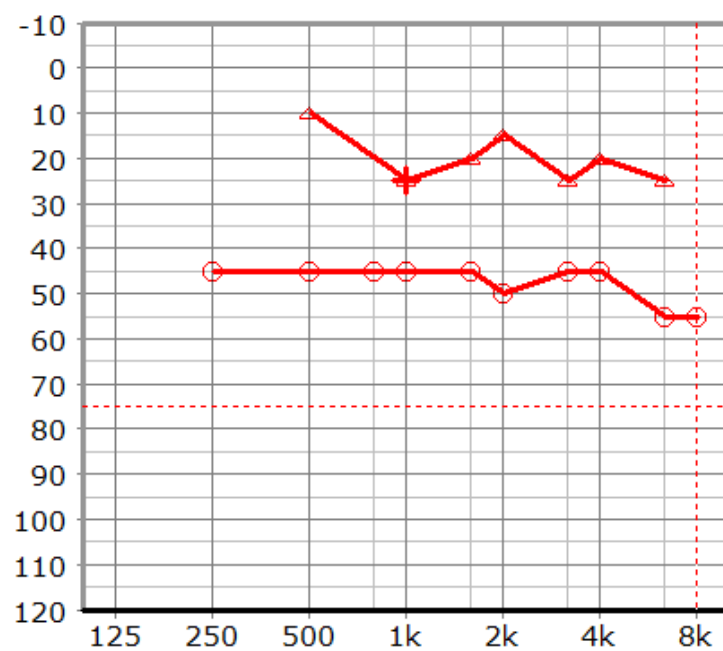


-Madame R. Madeleine 74 ans

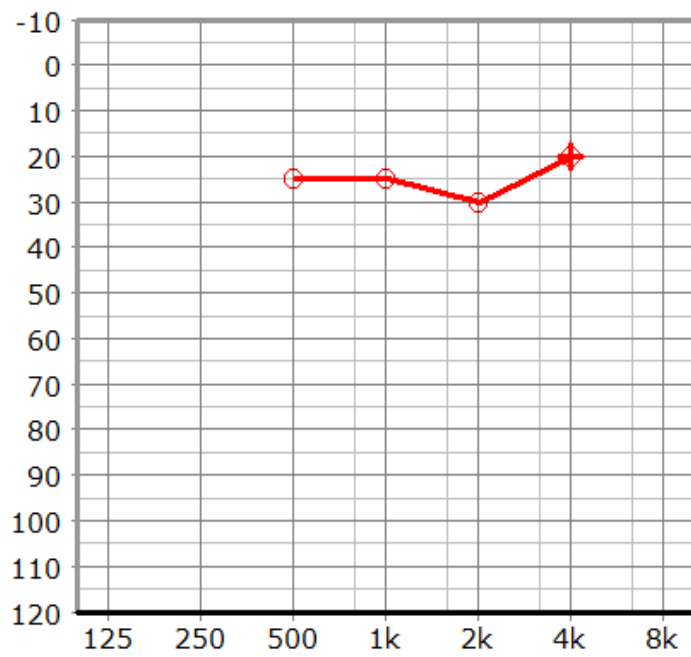


Patients enfants:

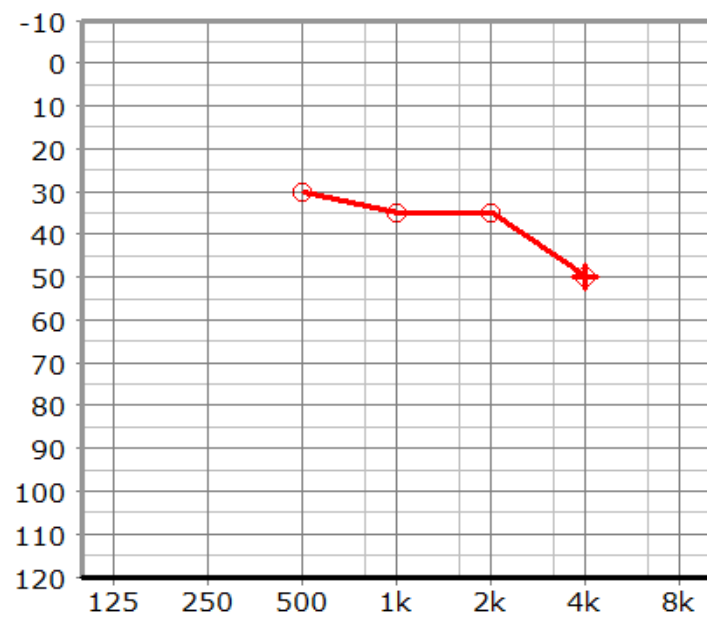
-N. Pierre 10ans



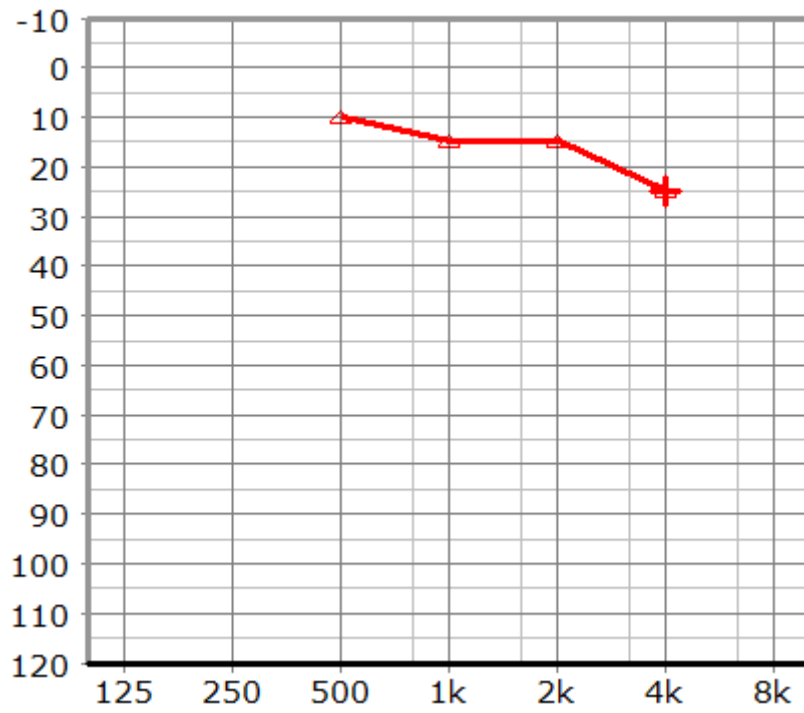
-S. Bilal 11 ans



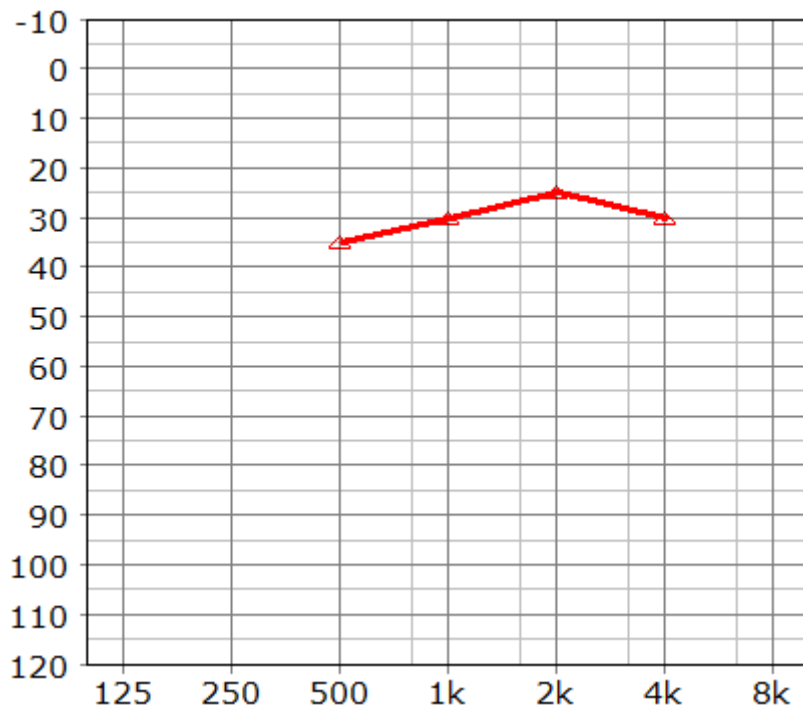
-S. Mohammed 11 ans



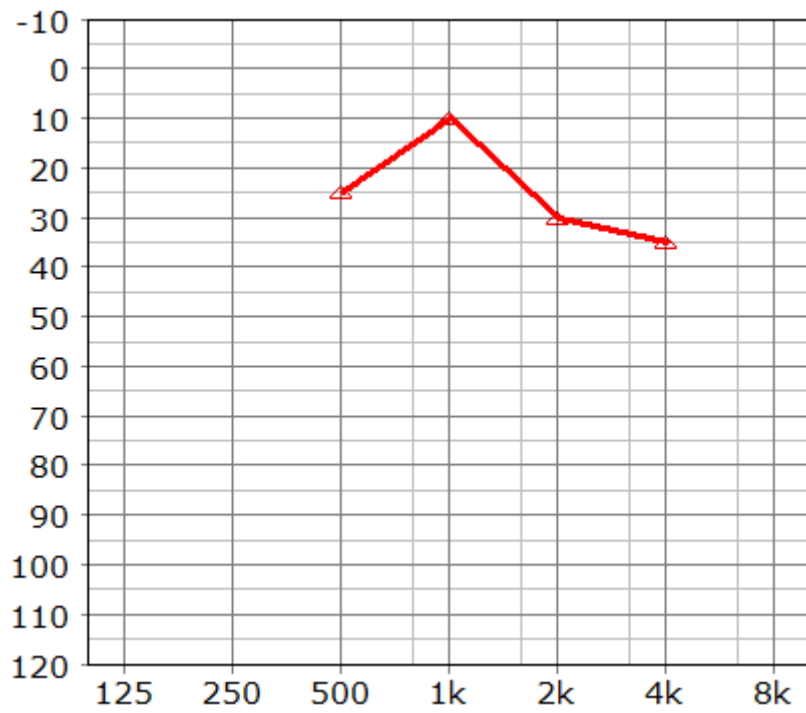
- A. Mathilde 10 ans



- S. Mathieu 12 ans

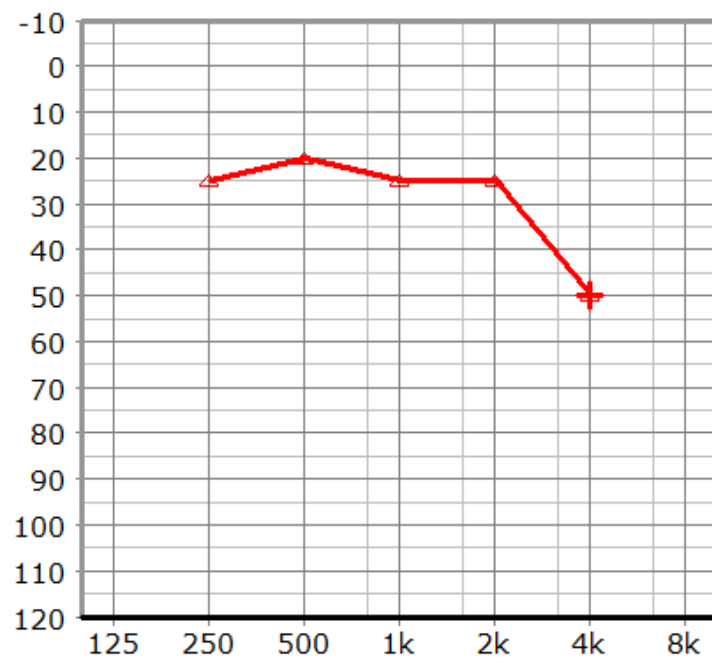


- S. Louane 8 ans

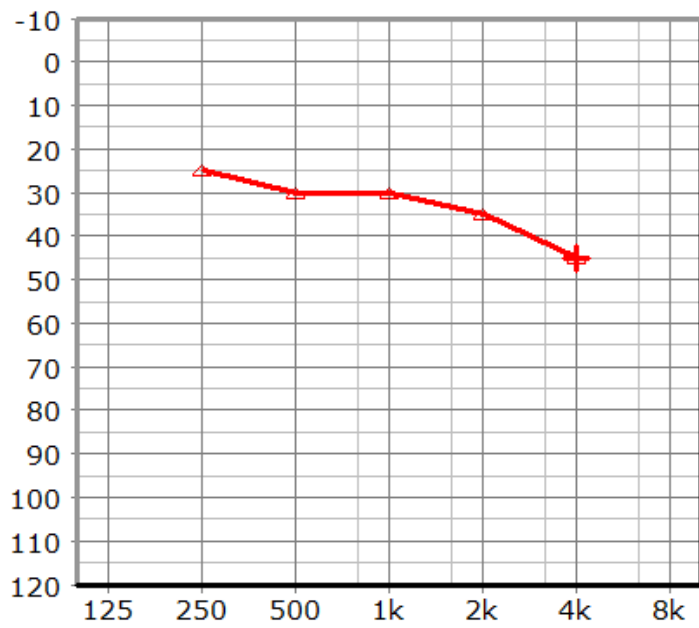


Les patients déficients légers :

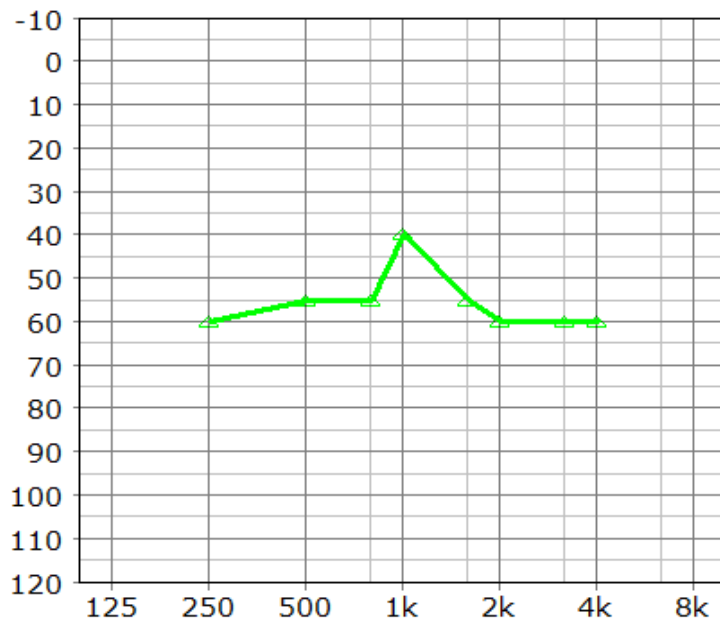
-Monsieur O. Dominique 53 ans



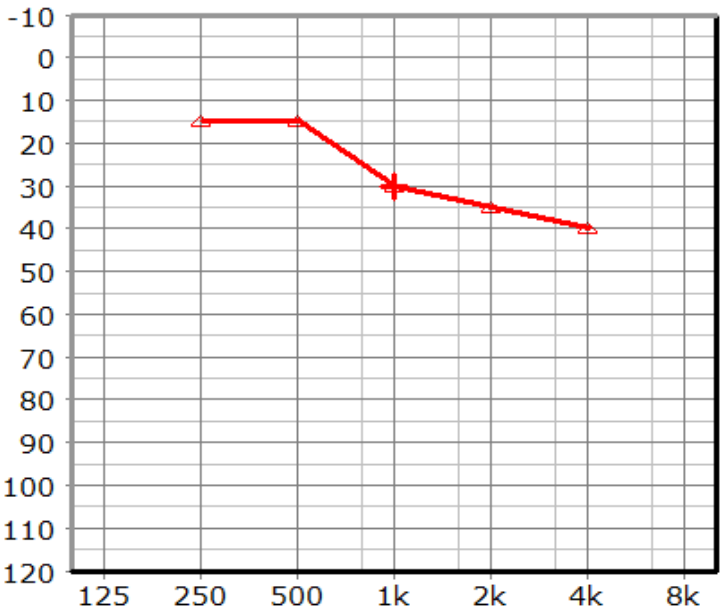
-Madame D. Isabelle 46 ans



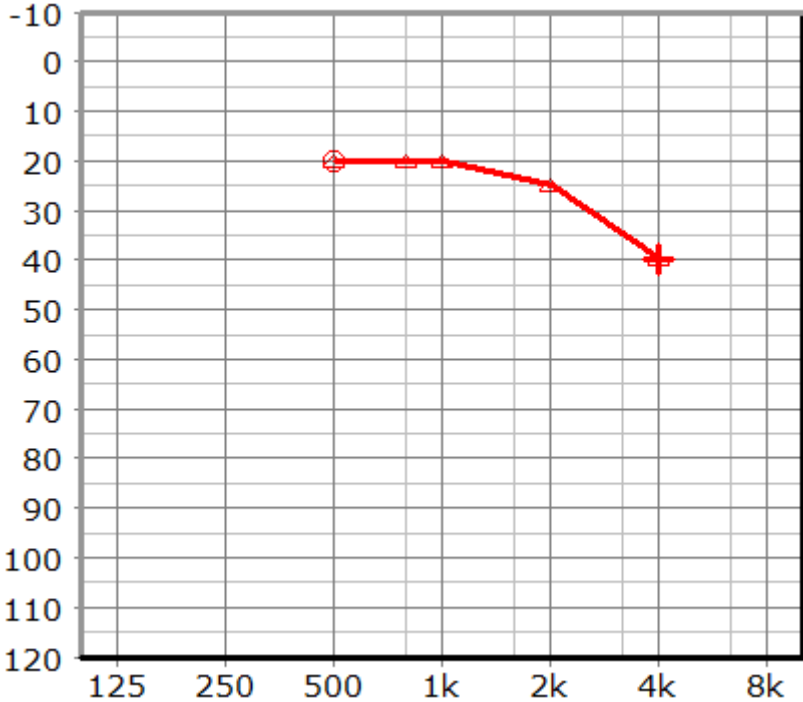
-Madame S. Doris 75 ans



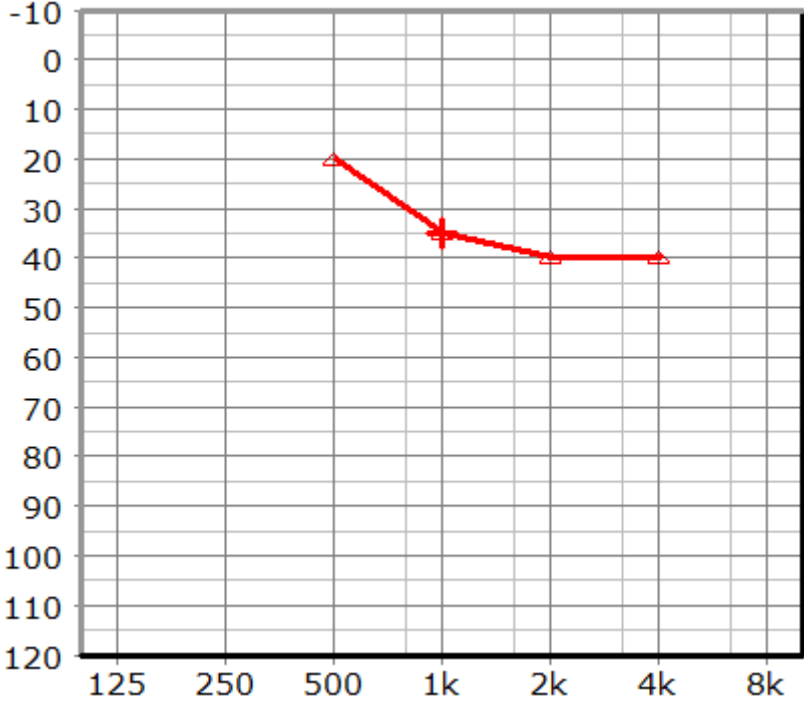
-Monsieur D. Pierre 59 ans



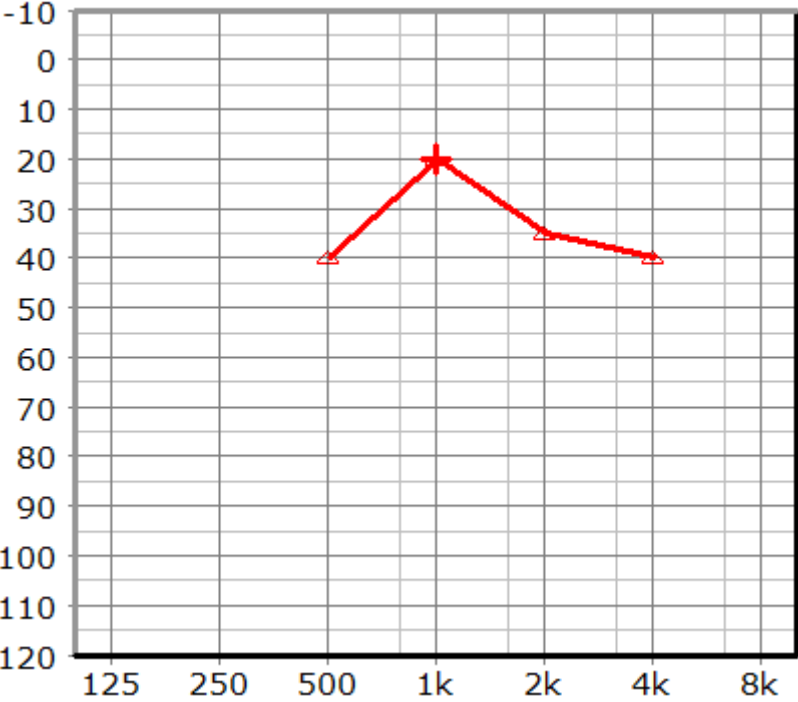
-Monsieur B. Robert 80ans



-Madame B. Joséphine 87 ans



-Madame S. Eliane 77 ans



Annexe 6 :

Confusions avec les listes de Logatomes :

Phonèmes	émis	p	t	k	b	d	g	f	s	S	V	z	Z	m	n	l	R	J
répétés																		
p			2\7									1\10						
t		1\5		4\7	1\11	2\8		1\3	4\11			1\10						
k		3\5							1\11									
b							3\6				2\8	1\10	1\5	1\2	2\7			
d			4\7		2\11		1\6		1\11		1\8	3\10						1\3
g				2\7	1\11	3\8						1\10						
f				1\7														
s					1\11			1\3		9\12		1\10	1\5					
S								1\3					2\5					
v					1\11													
z					2\11				1\11	1\12			1\5					
Z																		
m		1\5									1\8				2\7			1\3
n						1\8												
l					1\11	2\8	1\6				1\8	1\10			2\7			1\3
R					2\11						3\8	1\10		1\2				
J							1\6								1\7			
Autres phonèmes			1\7															

Phonèmes	émis	a	o	o~	e~	e	i	a~	y	E	u
répétés											
a				1\2							
o			5\6				1\1				
o~		4\6									
e~									1\1		
e											
i											1\1
a~		1\1	1\6	1\2							
y						1\1					
E			1\6								
u		1\6						2\2			

Confusions avec les listes de FOURNIER :

Phonèmes	émis	p	t	k	b	d	g	f	s	S	v	Z	Z	m	n	l	R	J
répétés																		
p			6\9	1\3	11\21								2\3					
t					2\21	1\5												
k		3\8	1\9				2\5				1\6							
b		1\8	1\9			4\5	2\5	1\1			4\6						2\3	
d					2\21				1\2			1\1						1\1
g				2\3	3\21													
f		1\8	1\9						1\2	2\4								
s		2\8					1\5			1\4								
S													1\3					
v																		
z																		
Z																		
m					3\21												1\3	
n																1\1		
l										1\4								
R		1\8									1\6							
J																		
Autres phonèmes																		

Phonèmes	émis	a	o	o~	e~	e	i	a~	Y	E	u
répétés											
a											
o				6\6							
o~		5\8			3\3				1\1		
e~							1\1				
e											
i								3\3			3\6
a~		1\8									1\6
y							2\4				2\6
E											
u		2\8					2\4				

Résumé :

De nos jours, un seul test d'audiométrie vocale n'est plus adapté pour la diversité de patients dans nos centres. Dans ce mémoire, nous avons donc voulu tester des listes de mots spécifiques pour les patients afin de voir s'ils seraient plus adaptés à divers types de patients.

C'est pourquoi, à l'aide de divers outils adaptés, nous avons tout d'abord vérifié l'équilibre phonétique des listes spécifiques utilisés comme les listes de phrases de COMBESCURE, les listes de logatomes de DUPRET ainsi que les listes de mots pour enfants de LAFON et BOREL-MAISONNY.

A partir de cette analyse, nous avons sorti des listes qui étaient plus équilibrées et nous avons pu ainsi les utiliser sur nos différents groupes de patients : les patients presbycusiques, les enfants et les patients déficients légers.

Notre partie expérimentale s'est portée sur les tests de listes spécifiques réalisés sur ces groupes de patients ainsi que la comparaison quantitative et qualitative des confusions phonétiques entre les listes spécifiques et les listes dissyllabiques de FOURNIER qui sont réputées pour être non équilibrées. Nous avons voulu montrer l'efficacité de ces tests spécifiques pour différents groupes de patients.

Enfin, dans une dernière partie, nous avons observé les différentes solutions qu'elles soient orthophoniques ou audioprothétiques afin de diminuer les confusions phonétiques et ainsi d'améliorer la compréhension des patients.

Mots clés :

audiométrie vocale, confusions phonétiques, équilibre phonétique, solutions audioprothétiques, listes de logatomes de DUPRET, listes de mots pour enfants de LAFON, listes de mots pour enfants de BOREL-MAISONNY, listes de mots dissyllabiques de FOURNIER, analyse des listes spécifiques