

UNIVERSITE MONTPELLIER 1 – UFR Sciences Pharmaceutiques et Biologiques

**CENTRE DE RECHERCHES, D'ETUDES ET DE FORMATION EN
AUDIOPROTHESE**

**PERCEPTION CATEGORIELLE DES SONS DE PAROLE
CHEZ DES PERSONNES MALENTENDANTES ET
APPAREILLAGE AUDITIF**

L'exemple des consonnes plosives orales voisées

Mémoire de fin d'études du Diplôme d'Etat d'Audioprothésiste
Présenté le 6 Novembre 2006 devant le jury d'examen

par **Charlotte Balet**

Maître de mémoire : Monsieur François Campaignolle

Table des matières

Remerciements _____	5
Introduction _____	6
Contexte théorique _____	7
<u>1.Eléments de phonétique</u>	8
<u>1.1.Phonèmes</u>	8
<u>1.2.Voyelles</u>	8
<u>1.3.Consonnes</u>	9
<u>1.4.Transitions de formants</u>	10
<u>1.5.Analyse acoustique des phonèmes : sonagramme</u>	11
<u>1.6.Les consonnes plosives orales voisées</u>	12
<u>2.Variabilités du message linguistique</u>	13
<u>2.1.Généralités</u>	13
<u>2.2.Sources de variations</u>	13
<u>3.Perception catégorielle</u>	14
<u>3.1.Définition</u>	14
<u>3.2.Les modèles en présence</u>	15
<u>3.3.Perception catégorielle du lieu d'articulation des consonnes plosives</u>	16
<u>4.Objectifs de l'étude</u>	17

Matériel et méthode _____ **18**

1.Sujets testés **19**

1.1.Population témoin (T) 19

1.2.Population test, groupe non appareillé (NA) 19

1.3.Population test, groupe appareillé (A) 19

2.Matériel **20**

2.1.Local utilisé 20

2.2.Matériel utilisé 20

2.3.Tests utilisés 21

3.Procédure **29**

3.1. Groupe témoin (T) et groupe non appareillés (NA) 29

3.2.Groupe appareillé (A) 30

Résultats _____ **31**

1.Notions de statistiques utilisées (HEBERT, 1966) **32**

1.1. Moyenne arithmétique 32

1.2. Indices de dispersion 32

1.3. Variance 32

1.4. Ecart-type 32

<u>2.Résultats individuels</u>	33
2.1. Sélectivité fréquentielle et Q_{0dB}	33
2.2. Test de PC, partie identification	33
2.3. Test de PC, partie discrimination	34
2.4. Perception catégorielle.....	35
<u>3.Population témoin</u>	36
3.1. Caractéristiques audiométriques	36
3.2. Sélectivité fréquentielle et Q_{10dB}	36
3.3. Test de PC	37
<u>4.Groupe des patients non appareillés</u>	39
4.1. Caractéristiques audiométriques	39
4.2. Sélectivité fréquentielle et Q_{10dB}	39
4.3. Test de PC	40
<u>5.Groupe des patients appareillés</u>	41
5.1. Caractéristiques audiométriques	41
5.2. Sélectivité fréquentielle et Q_{10dB}	41
5.3. Test de PC	42
Discussion _____	46
Conclusion _____	52
Références _____	54
Annexes _____	57

Remerciements

Je tiens à remercier grandement Monsieur Anders Eriksson. Merci de m'avoir permis d'utiliser votre test de perception catégorielle. Merci pour les nombreuses explications et les conseils que vous m'avez donné. Merci pour le temps que vous m'avez accordée.

Je voudrais remercier mon père pour m'avoir fait découvrir le métier d'audioprothésiste et m'y avoir donné goût. Merci Papa pour tout ce que tu as pu faire pour que je mène à bout ce projet.

Je joins également ma reconnaissance à Monsieur Campaignolle pour m'avoir encadrée, encouragée, critiquée tout au long de ce travail. Merci pour tout.

Merci aux patients qui ont si gentiment accepté de participer à cette étude.

Merci à tous ceux qui de près ou de loin ont apporté leur aide à ce mémoire et tout particulièrement

A mes parents pour leur amour,

A ma danseuse, à ma choupette pour la place qu'elles ont dans mon cœur,

A mes amis.

Et

Une pensée particulière pour Papi Louis

Introduction

La perception est catégorielle si les stimuli ne sont discriminables que dans la mesure où ils sont identifiés comme des phonèmes différents. Autrement dit, il y a perception catégorielle lorsque les différences entre les stimuli d'un continuum sont imperceptibles tant qu'ils ne sont pas séparés par une frontière catégorielle. La perception catégorielle élimine la variabilité acoustique non pertinente et permet l'accès au lexique.

L'audiométrie vocale révèle quotidiennement à l'audioprothésiste les difficultés de reconnaissance des consonnes et des voyelles chez les malentendants. La surdité engendre des confusions phonétiques qui se retrouvent d'une personne à l'autre et portent généralement sur le lieu d'articulation (Lefevre, 2005). On peut dès lors se demander si les malentendants rencontrent aussi des difficultés dans la perception catégorielle des sons de parole et ce à travers l'exemple de la perception des consonnes plosives voisées (/b/, /d/, et /g/), possédant pour seule distinction leur lieu d'articulation. On se demandera également si l'appareillage joue un rôle vis à vis de ce phénomène, s'il rétablit notamment une perception catégorielle des phonèmes étudiés.

Contexte théorique

1.Eléments de phonétique

1.1.Phonèmes

Un phonème est une unité distinctive minimale. Quand on remplace un phonème par un autre dans un mot, on obtient un mot différent (qui appartient ou non au lexique). Par cette méthode de substitution, on a pu dénombrer 920 phonèmes parmi toutes les langues. Chaque langue ne construit ses mots qu'à partir d'un nombre limité de phonèmes, 30 en moyenne. Le français possède 36 phonèmes : 16 voyelles, 17 consonnes et 3 semi-voyelles.

1.2.Voyelles

Une voyelle ou vocoïde est « l'émission d'un son périodique produit par les vibrations des cordes vocales et modulé par les résonateurs de l'appareil phonatoire (pharynx, cavité buccale, et parfois cavité nasale) » (Peissak, Voisin, 1993). Les résonances à travers ces différentes cavités induisent des renforcements d'intensité de la vibration laryngée à certaines fréquences, que l'on appelle formants. Ces régions fréquentielles d'énergie forte sont repérables sur un sonagramme par des zones plus foncées.

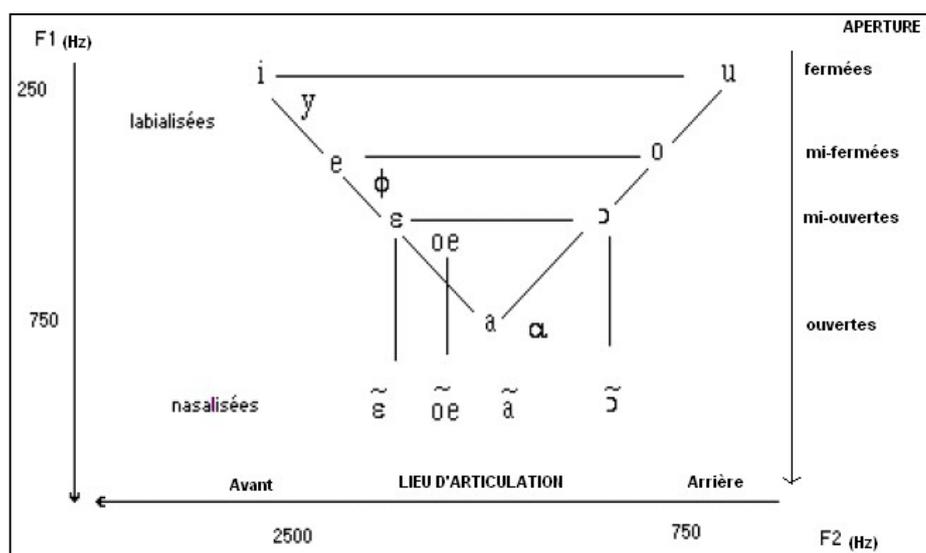


Figure 1 : Système vocalique du français (Virole, 1999)

Une voyelle peut être identifiée par ses trois premiers formants F1, F2, F3. Les deux premiers formants F1 et F2 suffisent à caractériser les 16 voyelles du français. Comme le montre la Figure 1 nommée «triangle vocalique», la fréquence du F1 varie avec l'aperture (l'aperture est la forme du conduit vocal au lieu d'articulation), la fréquence du F2 varie avec le lieu d'articulation.

Une voyelle possède un spectre relativement stable, une grande amplitude et une durée moyenne de 120 millisecondes (ms).

1.3. Consonnes

Une consonne ou contoïde est «l'émission d'un son apériodique accompagné ou non d'un son périodique (voisement) avec une fermeture totale (occlusive, plosive) ou partielle (constrictive, fricative) du conduit vocal» (Peissak, Voisin, 1993). La description des consonnes en termes de mode d'articulation (occlusives ou constrictives), de lieu d'articulation (labiales, dentales-alvéolaires, palatales-vélaires), de nasalisation (orales ou nasales) et de voisement (voisées ou non voisées) permet de distinguer sans ambiguïtés une consonne parmi les 17 consonnes du français (Tableau 1).

MODE D'ARTICULATION	NASALISATION	VOISEMENT	LIEU D'ARTICULATION		
			Labiales	Dentales	Palatales
Occlusives ou plosives	orales	non voisées	p	t	k
		voisées	b	d	g
	nasales	voisées	m	n	ŋ
Constrictives ou fricatives	orales	non voisées	f	s	ʃ
		voisées	v	z	ʒ
Liquides	orales	voisées		l	R

Tableau 1 : Classification des consonnes du français

Les consonnes ont des spectres et une durée très variables, et sont peu énergétiques.

1.4.Transitions de formants

Une transition de formant ou transition formantique est «le passage acoustique d'un phonème à un autre phonème, généralement entre consonne et voyelle ou voyelle et consonne, entraînant des modifications dynamiques des cavités de résonance entre une articulation et une autre» (Peissak, Voisin, 1993). Ainsi, chaque formant de la voyelle a une hauteur fréquentielle se modifiant progressivement sous l'influence de la consonne juxtaposée. Les transitions formantiques sont plus marquées pour les consonnes occlusives que pour les fricatives. Elles durent en moyenne 50 ms.

Selon Delattre (1958), le point de départ de la transition de la consonne est déterminé par un point fixe qu'il a appelé «locus ». Pour le deuxième formant, il a déterminé un locus labial à 700 Hz, un locus apico-dentale à 1700 Hz et un locus vélaire à 3000 Hz. Depuis ces premiers travaux de recherche, des critiques se sont souvent portées à l'encontre de cette théorie, les auteurs n'admettant pas qu'il puisse y avoir un point fixe vers lequel convergeraient les transitions. A la théorie d'un locus ponctuel, on préfère donc substituer l'importance de la courbure de la transition et considérer une zone fréquentielle qui corresponde au point réel d'arrivée des deuxième et troisième formants (Landeracy, 1977).

Les travaux de Delattre (1958) ont cependant permis de souligner l'importance des transitions phonétiques. Ils ont notamment montré que les transitions des deuxième et troisième formants des voyelles sont caractéristiques du lieu d'articulation de la consonne. Selon lui, le rôle des transitions T3 du troisième formant est important mais secondaire (Cooper, Delattre et al, 1952) et les transitions T2 du deuxième formant sont sans doute les plus puissants indices de distinction entre les lieux d'articulation (Delattre, 1958).

1.5. Analyse acoustique des phonèmes : sonagramme

Un sonagramme est un graphique représentant l'évolution du spectre de la parole en fonction du temps. Le temps est indiqué en abscisse, la fréquence en ordonnée, et l'intensité est donnée par une échelle de couleurs ou de nuances de gris. On trouvera plus de précisions sur la façon d'obtenir une telle représentation ainsi que des exemples de sonagrammes dans le chapitre Méthodes.

La figure 2 est la représentation d'un sonagramme stylisé montrant les principaux indices acoustiques décrits jusque là.

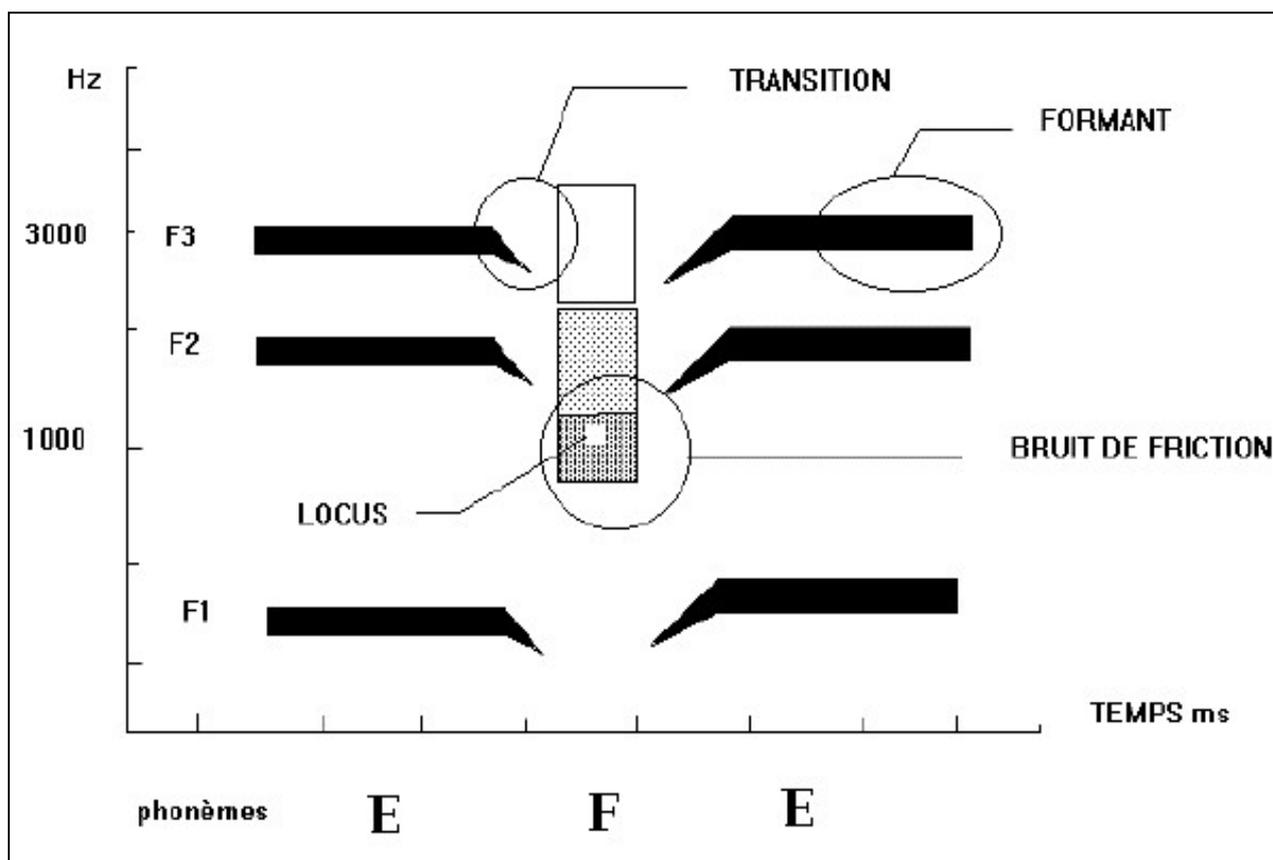


Figure 2 : Sonagramme stylisé de la séquence /efe/ (Virole, 1999)

1.6.Les consonnes plosives orales voisées

1.6.1.Description

L'expression «consonnes plosives orales voisées » réfère aux phonèmes /b/, /d/ et /g/. D'un point de vue articulaire, elles sont caractérisées par une occlusion du conduit vocal suivie d'une explosion (d'où leur caractère plosif ou occlusif), un passage de l'air au travers de la cavité buccale uniquement, le voile du palais étant relevé (caractère oral) et l'ajout du fonctionnement du larynx (ce qui en fait des consonnes voisées). D'un point de vue acoustique, ces consonnes sont caractérisées par leur apériodicité, un silence qui précède une explosion, et une composante périodique grave correspondant à la vibration des cordes vocales à l'origine du voisement.

1.6.2.Lieu d'articulation des consonnes /b/, /d/, /g/

Le lieu d'articulation est «l'endroit où le passage de l'air laryngé est le plus étroit, par suite de resserrement des lèvres ou du rapprochement de la langue vers une partie du palais ou du pharynx » (Léon, 1992). Ainsi, pour la consonne /b/, les deux lèvres sont en contact, elle est dite bilabiale ; pour la consonne /d/, la pointe de langue s'appuie contre les dents supérieures d'où son qualificatif d'apico-dentale ; pour la consonne /g/, le dos de la langue s'appuie contre le palais mou (vélum) ce qui fait du /g/ une consonne vélaire. Seul le lieu d'articulation différencie les consonnes /b/, /d/ et /g/.

Cette différence articulaire s'observe d'un point de vue acoustique à travers les transitions formantiques, particulièrement celles du deuxième formant comme cela a été décrit au paragraphe 1.4.

2. Variabilités du message linguistique

2.1. Généralités

La parole est variable. Quand une personne répète deux fois la même chose comme par exemple le mot gars (/ga/) ou lorsque deux personnes le prononcent successivement, on relève des variabilités dans le signal de parole émis : les réalisations n'auront pas la même durée ni la même intensité, la valeur du fondamental laryngé entre deux individus différera, les valeurs formantiques pourront être légèrement différentes... En effet, «la production comprend différentes étapes successives allant de l'intention de communiquer (conception), aux commandes motrices permettant d'exécuter les gestes articulatoires adéquats (articulation), en passant par une composante linguistique dans laquelle est explicitée la construction verbale (formulation) ». «Entre la première étape, conceptuelle, et la dernière, articulatoire, un ensemble de paramètres linguistiques et non-linguistiques peuvent affecter la sortie, selon que le locuteur est un homme ou une femme, qu'il est jeune ou âgé... » (Meunier, 2005).

2.2. Sources de variations

Les sources à l'origine des variations inter- et intra-individuelles sont nombreuses : nous nous limiterons ici à un aperçu global et non exhaustif de celles-ci.

Il y a un premier élément à décrire ici, inhérent à la production de la parole : le phénomène de coarticulation. Il peut être décrit comme «le chevauchement et l'interaction des différents articulateurs au cours de la production de segments phonétiques successifs » (Meunier, 2005). Par exemple, la production de la consonne /b/ sera influencée par la voyelle qui suit selon qu'il s'agit du /u/ (voyelle en arrière) ou /i/ (voyelle avancée) car l'articulation est anticipée.

Les caractéristiques anatomiques du locuteur interviennent aussi : le conduit vocal change avec l'âge et le sexe. L'élément qui en est le plus affecté est la fréquence fondamentale laryngée F0 dont dépend la hauteur de la voix : elle est, en moyenne, de 300 à 450 Hz chez le jeune enfant, de 200 à 300 Hz chez la femme, de 100 à 250 Hz chez l'homme.

Les variations prosodiques ont une importance notable dans la variabilité du message de parole. « La prosodie concerne les éléments dynamiques de la chaîne parlée : variation de hauteur, intensité, durée qui détermine la mélodie, les tons, les pauses, les accents et le rythme, qui sont intégrés globalement au niveau perceptif par l'intonation. » (Peissak, Voisin, 1993). Elle est liée à l'état émotionnel du locuteur (colère, joie, tristesse,...).

D'autres caractéristiques sont à prendre en compte comme la variabilité dialectale (les accents régionaux), les variantes sociales, etc...

3.Perception catégorielle

Nous avons vu que nous identifions un nombre discret d'unités linguistiques, les phonèmes, alors que les sons de parole présentent une forte variabilité. Comment expliquer cette faculté que nous avons de réaliser un découpage discret d'une réalité physique qui est continue ?

3.1.Définition

Classiquement (Liberman 1957), la perception catégorielle (PC) est observée grâce à un continuum et à un protocole en deux parties :

- Le continuum « est constitué à ses extrémités de deux syllabes qui diffèrent par un indice acoustique donné et de plusieurs items intermédiaires qui permettent de relier les extrémités par variations progressives et continues de l'indice distinctif » (Laguitton, 1997)

- Une première partie d'identification permet de mettre en évidence une capacité de classification des sons de parole en catégories.
- Une seconde de discrimination permet de définir les différences justes perceptibles par comparaison des différents stimuli du continuum présentés deux à deux.

L'auditeur montre alors de bons scores de discrimination entre les stimuli situés de part et d'autre des catégories phonétiques qu'il avait définies en partie d'identification ; par contre, il fournit des scores de discrimination très faibles pour des stimuli situés au sein d'une même catégorie. Autrement dit, il est sourd aux différences physiques existant entre les stimuli d'une même catégorie phonétique.

En tant qu'humain, nous avons l'habitude de classer les objets autour de nous, mais cela ne signifie pas que nous sommes incapables de faire la différence entre eux. Prenons l'exemple de la couleur rouge : nous appelons 'rouge' le rouge bordeaux comme le magenta. Nous étiquetons la réalité, mais nous restons capable de distinguer les différentes nuances. En PC, l'aptitude à faire la distinction au sein d'une catégorie semble avoir été perdue. C'est ce qui fait que la PC est spéciale et par conséquent intéressante d'un point de vue perceptif.

3.2. Les modèles en présence

La PC est un comportement perceptif qui a été très étudié parce qu'il semble que cette relation discrimination-identification soit susceptible de nous informer sur la nature des mécanismes de traitement des indices phonétiques en général. A partir des observations précédentes, certains auteurs ont d'abord pensé à un mode de perception spécifique à la parole (Lieberman et al. 1967), hypothèse à l'origine de la théorie motrice. Au contraire, la théorie auditive (Pastore et al. 1977 ; Kuhl et Padden 1983) « considère que les caractéristiques de la perception de la parole sont liées à des limitations naturelles et innées de la sensibilité du système auditif » (Laguitton et al, 1997). La PC serait alors une propriété générale de la perception auditive, déductible des principes psychoacoustiques généraux. Une autre

alternative suppose que les catégories phonétiques résultent d'un apprentissage : la PC serait la mise en œuvre d'un « étiquetage » acquis (Lane, 1965).

Un ensemble d'auteurs a regroupé les connaissances au sujet de la PC afin d'en faire la synthèse (Harnard, 1987). D'après la conclusion de cet ouvrage, la PC possède une part d'inné, une part d'acquis, elle n'est pas spécifique au langage - car elle est aussi observable avec des stimuli non linguistiques - , ni à l'audition (Borstein, 1987). Elle correspondrait plutôt à « une propriété générale des mécanismes perceptifs » (Calliope, 1989) : la PC permet d'expliquer la discrétisation des réalités physiques continues qui nous entourent.

3.3. Perception catégorielle du lieu d'articulation des consonnes plosives

La PC a un rôle important dans la reconnaissance des voyelles et des consonnes. Elle se retrouve notamment dans la perception du lieu d'articulation des consonnes plosives, objet d'étude de ce mémoire. La transition T2 du deuxième formant est un indice acoustique important du lieu d'articulation. Dans l'étude originale, Liberman, Harris, Hoffman, et Griffith (1957) ont utilisé de la parole synthétique pour générer une série de 14 consonnes-voyelles identifiées comme /be/, /de/ ou /ge/. Ils faisaient varier par pas égal la fréquence de départ de la T2 de la consonne initiale pour produire le continuum. 7 sujets normo-entendants ont été testés et confrontés aux deux parties d'un test de PC, identification et discrimination. Les auteurs cherchaient à voir si, avec des différences acoustiques identiques au niveau de la T2, un auditeur faisait mieux la différence entre deux sons se trouvant de part et d'autre d'une frontière phonétique qu'il ne le faisait avec des sons appartenant à une même catégorie. Ils ont conclu à une PC du lieu d'articulation des consonnes plosives. D'autres études ont suivi démontrant le rôle de la PC dans la distinction du lieu d'articulation des consonnes plosives (Serniclaes, 2003), lien se retrouvant chez les jeunes enfants (Medina et al. , 2004). En outre, les consonnes plosives ont beaucoup été étudiées car « ce sont elles qui montrent le mieux la PC » (Laguitton et al., 1997)

4.Objectifs de l'étude

Nous venons de voir que les normo-entendants ont une perception catégorielle du lieu d'articulation des consonnes plosives orales voisées.

Les confusions phonétiques faites par les malentendants en audiométrie vocale se retrouvent d'une personne à l'autre et portent généralement sur le lieu d'articulation (Lefevre, 2005).

La surdité s'accompagne d'une élévation des seuils auditifs, d'un abaissement du seuil d'audition douloureuse, d'une sélectivité fréquentielle insuffisante et de troubles d'ordre temporel.

A partir de ces observations, nous avons émis les hypothèses suivantes :

- la surdité induit une absence de perception catégorielle aux phonèmes étudiés
- l'appareillage auditif rétablit cette perception catégorielle
- le dérèglement de la sonie peut expliquer l'absence de PC
- la sélectivité fréquentielle joue un rôle dans la perception catégorielle.

L'objectif de cette étude est de répondre à ces idées de départ.

Matériel et méthode

1.Sujets testés

L'ensemble de la population testée comprend 44 sujets, 30 femmes et 14 hommes, divisée en trois classes :

1.1.Population témoin (T)

Le groupe témoin rassemble 7 sujets jeunes (dont l'âge est compris entre 18 et 24 ans), tous des filles, francophones, otologiquement sains, sans antécédents O.R.L., avec des seuils auditifs inférieurs à 20 dB HL sur l'ensemble des fréquences. Il permettra d'établir la référence française du test de PC des consonnes orales, plosives, voisées utilisé.

1.2.Population test, groupe non appareillé (NA)

Le groupe test des patients non appareillés (NA) comprend 12 sujets, 10 femmes et 2 hommes, âgés de 56 à 86 ans (âge moyen : 76 ans). Il s'agit de personnes avec une surdité moyenne bilatérale symétrique, mixte ou de perception avec une perte tonale comprise entre 40 et 70 dB HL sur les fréquences 500 à 2500 Hz.

La limite supérieure d'inclusion est liée à des contraintes matérielles car certains tests se font à intensité confortable en champ libre ; la limite inférieure a été fixée de sorte que soient exclus les surdités où les fréquences graves sont relativement bien conservées, fréquences susceptibles d'induire un effet de masque.

La surdité est considérée comme symétrique si l'écart des seuils entre les deux oreilles pour une même fréquence est inférieur ou égal à 10 dB aux fréquences 500 à 2500Hz.

1.3.Population test, groupe appareillé (A)

Le groupe test des patients appareillés (A) comprend 25 sujets, 13 femmes et 12 hommes, âgés de 49 à 90 ans (âge moyen : 76 ans). Ce groupe possède les mêmes caractéristiques audiométriques que le groupe NA à savoir une surdité moyenne bilatérale symétrique, mixte ou de perception avec une perte tonale comprise entre 40 et 70 dB HL sur les fréquences 500 à 2500 Hz.

S'ajoutent à cela des critères audioprothétiques :

- ces patients portent des appareils auditifs des deux côtés depuis plus d'un an soit en contours (20 sujets) soit en intra-auriculaires (5 sujets). Il s'agit d'appareils numériques de marque Siemens.
- le port des appareils auditifs est quotidien et d'une durée supérieure à 8 heures (la durée moyenne de port est de 11 heures 42 minutes),
- le gain prothétique vocal (différence entre les seuils d'intelligibilité oreilles nues et oreilles appareillées) est supérieur ou égal à 10 dB (gain moyen : 18 dB) et l'intelligibilité en champ libre testée avec les listes dissyllabiques de Fournier atteint 90 à 100 % à 60 dB (voix normale).

2.Matériel

2.1.Local utilisé

L'étude s'est déroulée dans les locaux du « Laboratoire de correction auditive Dominique BALET », situé rue des Boucheries à Bergerac (24100), plus exactement dans la cabine audiométrique traitée acoustiquement conformément à la réglementation et contrôlée par Monsieur Gelis en date du 04/04/2005. On trouvera en Annexe 1 le compte rendu de conformité du présent local.

2.2.Matériel utilisé

Le matériel utilisé comprend :

- un audiomètre Orbiter 922-2 de Madsen, de classe 1, bicanal à deux voies indépendantes et avec deux générateurs de fréquences, et son casque TDH-39, utilisé pour réaliser une audiométrie conventionnelle au casque et un test de sélectivité fréquentielle,

- un audiomètre AC 33, relié à un haut-parleur frontal situé à 1,70 m du patient, utilisé pour l'audiométrie en champ libre, l'audiométrie vocale au casque et le test de PC,
- un ordinateur portable connecté à Internet permettant l'accès au test de PC ; l'ordinateur est relié via la sortie audio et à un câble petit jack stéréo-cinch mâle à l'audiomètre AC 33,
- un sonomètre Brüel et Kjaer 2231 certifié du 18/11/2005 utilisé par la société Gn Resound lors de l'étalonnage des signaux particuliers du test cité ci-dessus,
- les logiciels Spectraplus 2.32.04 et Praat 4.3.35 pour analyser les signaux acoustiques utilisés,
- le logiciel Microsoft Excel pour le traitement des données et Microsoft Word pour la rédaction du présent mémoire.

2.3. Tests utilisés

2.3.1. Tests audiométriques

Parmi les tests audiométriques utilisés, on trouve :

- une audiométrie tonale liminaire en sons purs au casque aux fréquences 250, 500, 750, 1000, 1500, 1600, 2000, 2500, 3000 et 4000 Hertz (Hz) par la méthode ascendante,
- une mesure du seuil subjectif d'inconfort au casque aux fréquences 500, 1000, 2000 et 4000 Hz,
- une audiométrie vocale au casque en utilisant les listes dissyllabiques de Fournier à voix féminine,
- une audiométrie vocale en champ libre avec les listes dissyllabiques de Fournier à voix féminine,

2.3.2. Test de sélectivité fréquentielle : courbes psychoacoustiques d'accord

« La résolution ou sélectivité fréquentielle est la propriété de l'oreille qui permet de distinguer plusieurs fréquences émises simultanément » (Gelis, 1993). Nous avons pensé que la sélectivité fréquentielle pouvait être une information intéressante pour caractériser les sujets étudiés. L'hypothèse est que ce soit cette faculté psychoacoustique qui s'exerce lors de la PC des stimuli étudiés.

Les courbes psychoacoustiques d'accord sont un test tonal d'évaluation de la sélectivité fréquentielle du système auditif. Il est basé sur l'effet de masque : la distinction de deux sons de fréquences proches émis simultanément n'est possible que si l'un des sons ne masque pas l'autre.

Chaque oreille est testée séparément en utilisant l'audiomètre Orbiter 922-2, le casque TDH 39 et le test two tones. La sélectivité fréquentielle a été mesurée aux fréquences 500, 1600 et 2500 Hz.

Protocole :

- On présente au sujet un son pur pulsé à un niveau de 10 dB au-dessus de son seuil d'audition, et à une fréquence dite « fréquence caractéristique », sur une oreille.
- Simultanément et sur cette même oreille, on envoie un son pur continu de fréquence proche mais différente de la fréquence caractéristique. Il s'agit du signal masquant. Le niveau sonore de départ est choisi de telle sorte que le sujet perçoive le son pulsé et le son continu. On augmente ensuite le niveau du son continu jusqu'à ce qu'il masque le son pulsé. On note ce niveau. Pour déterminer si le sujet perçoit le son pulsé, on lui demande de battre la mesure en rythme avec la pulsation. Quand il ne parvient pas à garder le rythme, on est au niveau recherché.

- On modifie la fréquence du son masquant. On cherche à nouveau le niveau du son masquant nécessaire pour masquer le son pulsé. On recommence pour plusieurs fréquences centrales de bandes tiers d'octave proches de la fréquence caractéristique testée.

Q₁₀ dB :

Sur du papier logarithmique, on représente en abscisse les fréquences et en ordonnée les niveaux sonores. On représente le niveau du son pulsé à la fréquence caractéristique et les niveaux des sons continus au niveau masquant. En reliant les points, on obtient une courbe : il s'agit d'une courbe psychoacoustique d'accord.

A partir des courbes psychoacoustiques d'accord, on détermine le Q_{10dB}. Pour cela, on trace une droite horizontale à 10 dB au-dessus de la courbe. Le Q_{10dB} est le rapport de la fréquence caractéristique sur la largeur de la courbe à 10 dB au-dessus de la courbe. C'est un nombre sans dimension.

2.3.3. Test de perception catégorielle

Le test de PC utilisé dans le cadre de ce mémoire a été mis au point par Monsieur Anders Eriksson, professeur de phonétique en Suède. Ce test est accessible sur le site <http://www.ling.gu.se/~anders/KatPer>.

Stimuli :

L'expérience réalisée ici utilise des sons de parole synthétisés. Ces sons ont été créés par Francisco Lacerda du département de Linguistique de l'Université de Stockholm, en utilisant le synthétiseur Sensyn (produit par Sensimetrics corporation), synthétiseur basé sur le synthétiseur Klatt.

Vingt syllabes différentes numérotées de 1 à 20 d'une durée de 212 ms sont synthétisées. Chacune d'entre elles est constituée dans les 68 premières ms des transitions des quatre premiers formants, ce qui correspond à la production d'une consonne et dans les 144 ms suivantes, de quatre sons de fréquences stables, les formants de la voyelle /a/. Parmi ces stimuli, les transitions T1, T3 et T4 de la consonne ne changent pas ni les valeurs des F1, F2, F3 et F4 de la voyelle. Seules diffèrent les transitions du deuxième formant T2 dont le point de départ en fréquence varie graduellement par pas de 100 Hz de 500 à 2500 Hz. La figure 3 est un sonagramme stylisé indiquant les valeurs numériques des paramètres des stimuli du test de PC.

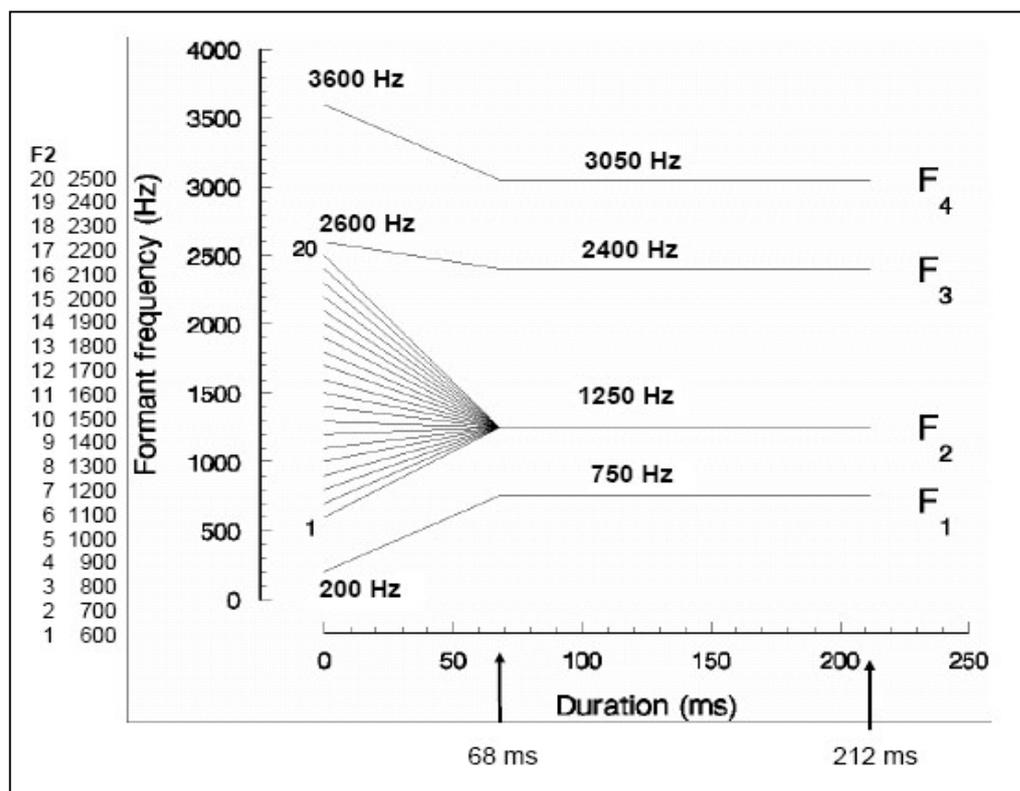
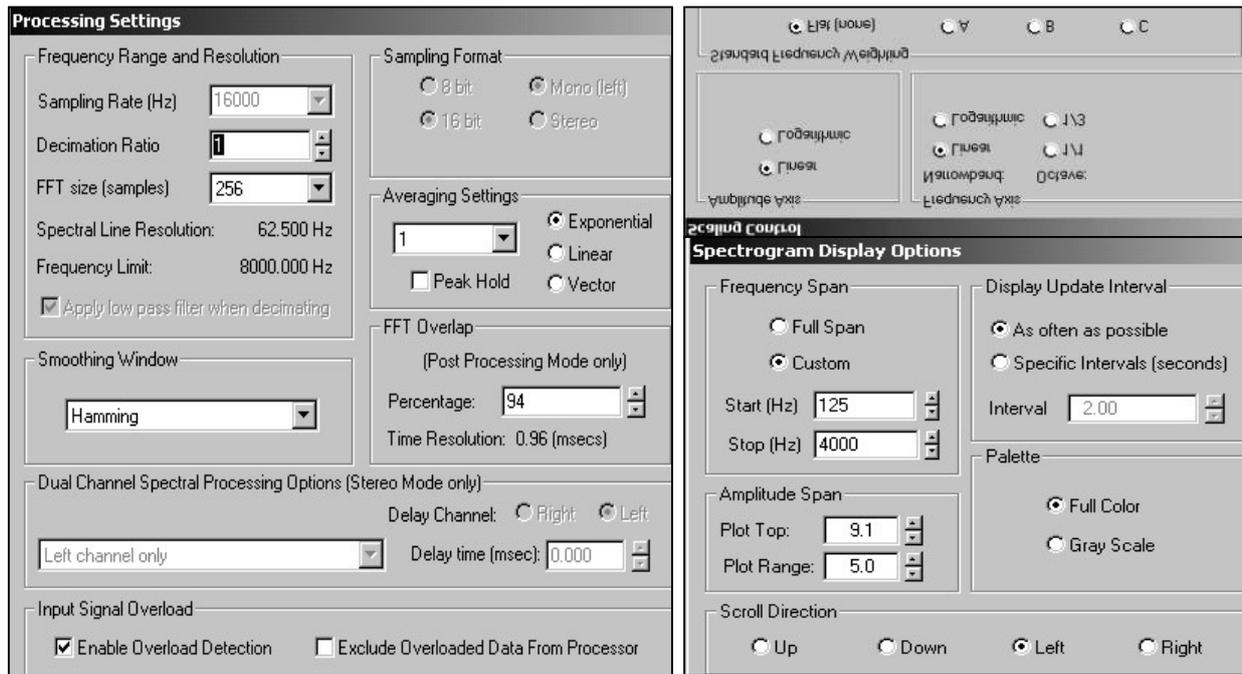


Figure 3 : Sonagramme stylisé des stimuli du test de PC (Eriksson, 2006)

Analyse des stimuli : Ces stimuli ont été analysés pour vérifier les valeurs numériques données par Monsieur Eriksson : nous avons utilisé le logiciel Spectraplus version 2.32.04. Les paramètres d'analyse (*Processing Settings*) et de représentation graphique (*Scaling Control* et *Spectrogram Display Options*) sont indiqués ci-dessous :



La fréquence d'échantillonnage (*Sampling Rate = 16000 Hz*) donne la fréquence maximale F_{\max} dont l'analyse pourra rendre compte :

$$F_{\max} = F_c / 2 \text{ d'où ici } F_{\max} = 8000 \text{ Hz.}$$

La taille N de la FFT (*FFT size = 256*), la fréquence d'échantillonnage F_c (*Sampling Rate = 16000 Hz*) et le pourcentage de recouvrement $\%_{\text{rec}}$ (*FFT Overlap=94*) détermine la résolution temporelle (*Time Resolution*) de l'analyse :

$$\text{Résolution temporelle} = N/F_c * (1 - \%_{\text{rec}})$$

$$\text{on trouve ici } \underline{\text{Résolution temporelle}} = 256/16000*(1-0.94) = 0.96 \text{ ms}$$

La fenêtre Hamming est couramment utilisée pour l'analyse des sons de parole.

Les paramètres ont été choisis afin que le sonagramme montre l'intégralité du stimulus à l'écran et qu'il rende compte des transitions de formants de la consonne et des formants de la voyelle.

Voici les sonagrammes des stimuli aux extrémités du continuum : 01.wav et 20.wav.

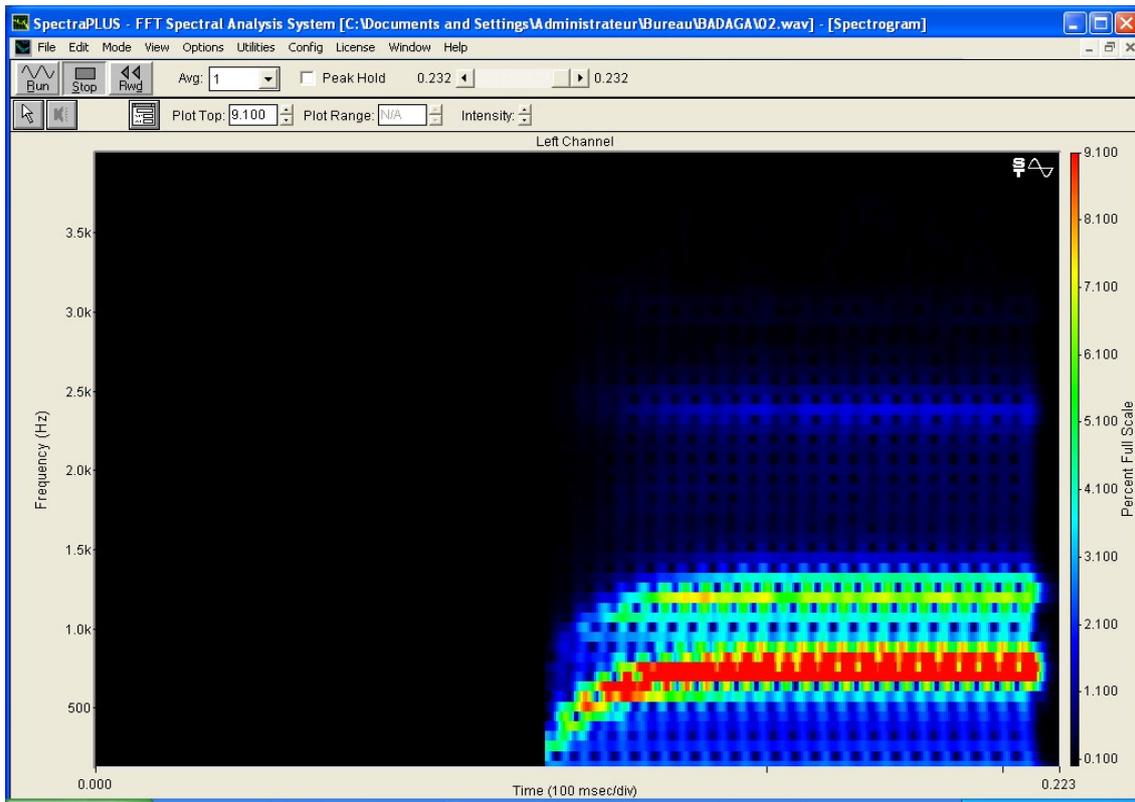


Figure 4 : Sonogramme du fichier 01.wav

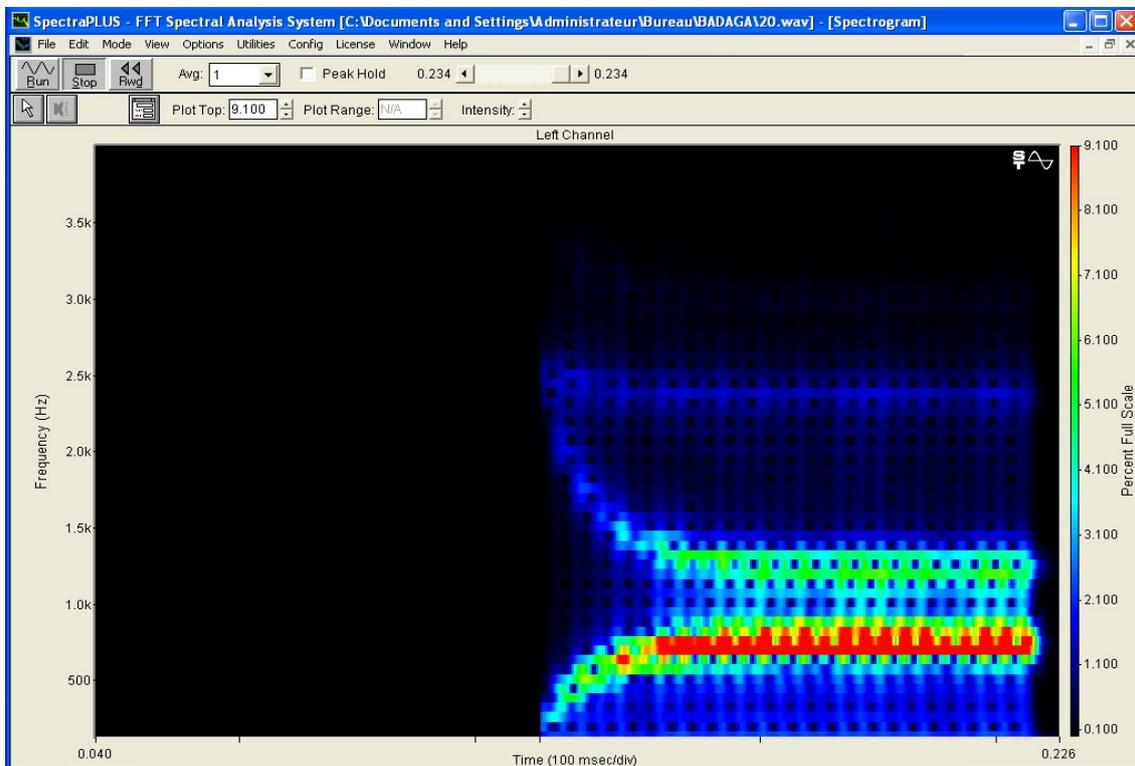


Figure 5 : Sonogramme du fichier 20.wav

Les sonagrammes des stimuli 1 à 20 se trouvent en Annexe 2.

Ce test a été créé en se basant sur les valeurs de la langue américaine, la question s'est donc posée de savoir s'il était applicable à des sujets francophones, autrement dit si les paramètres des sons synthétisés correspondaient à ceux des phonèmes français étudiés en termes de durée et de fréquences. Les données françaises à ce sujet sont restreintes ou relativement imprécises : Landercy (1977) donne une durée des transitions de formants comprise entre 40 et 80 ms. Pour cette raison, nous avons procédé à l'analyse à l'aide du logiciel Praat d'un corpus de syllabes consonnes-voyelles /ba/, /da/ et /ga/ en position initiale issues du test cochléaire de Lafon à voix masculine. Nous avons mesuré la durée des transitions, les fréquences de départ des transitions de formants et les fréquences des formants de la voyelle. Les valeurs numériques de chaque syllabe analysée se trouvent en Annexe 3. La durée moyenne des transitions formantiques est de 63,6 ms ; pour les stimuli du test, elle est de 68ms. Les fréquences moyennes des formants de la voyelle sont : F1 = 792 Hz , F2 = 1373 Hz , F3 =2499 Hz et F4 = 3521 Hz ; pour la voyelle synthétisée, les valeurs des fréquences des formants sont respectivement 750, 1250, 2400 et 3050 Hz La grande variabilité du message de parole explique les légères différences entre sons synthétisés et sons naturels. Les valeurs en durée comme en fréquences sont très proches et justifient l'utilisation de ces stimuli dans le test de PC dans chez des sujets francophones.

Etalonnage

La société Gn Resound a procédé à l'étalonnage des stimuli avec le sonomètre Brüel et Kjaer 2231. L'analyse des stimuli utilisés à l'aide du logiciel Praat indique qu'il y a un écart de 10 dB entre la voyelle /a/ de plus forte intensité et l'explosion de la consonne. La mesure du niveau de crête au sonomètre nous donne le niveau d'émission de la voyelle ; on obtient le niveau sonore de la consonne en déduisant 10 dB à ce niveau mesuré. Pour relever des niveaux de crête, le sonomètre est positionné sur *PEAK* (niveau maximal de crête sur une

seconde) et *IMP* (constante de temps : impulsionnel 35ms). La sortie son de l'ordinateur est réglée de telle sorte que le niveau affiché sur l'audiomètre corresponde au niveau sonore de la consonne, c'est à dire que le niveau affiché sur l'audiomètre soit égal au niveau mesuré au sonomètre diminué de 10 dB. L'étalonnage a été fait à 80 dB SPL (Sound Pressure Level $P_{réf} = 2 * 10^{-5}$ Pa) niveau de crête (voyelle), le niveau de sortie de l'ordinateur a été ajusté de façon à ce que l'audiomètre affiche 70 dB (transition).

Description du test de PC

Il est constitué de deux parties :

- *un test d'identification* : un stimulus parmi les 20 est présenté et doit être identifié comme /ba/, /da/ ou /ga/. Chaque son est présenté deux fois soit un total de 40 sons. La consigne donnée est la suivante : « Vous allez entendre des sons synthétisés. Ils peuvent ne pas vous sembler très naturels mais n'en tenez pas compte. Il s'agit de me dire si la syllabe que vous entendez est un BA, un DA ou un GA. La syllabe est entendue une seule fois. Vous devez me donner une réponse à chaque fois et si vous n'êtes pas sûr, dites-moi de quelle syllabe ce que vous avez entendu se rapproche le plus. Les sons vous sont présentés dans un ordre aléatoire. Dites ce que vous percevez sans tenir compte de ce que vous avez entendu auparavant. » Le sujet testé tient entre ses mains une feuille où sont inscrites les syllabes BA, DA et GA en gros caractères, en lettre majuscules.
- *un test de discrimination* : les stimuli sont présentés par paire. Les deux sons de chaque paire ont deux crans d'écart : cela peut être le n°1 et le n°3, le n°13 et le n°15 ou le n°9 et le n°7 par exemple. Le sujet testé doit dire s'il perçoit les deux sons comme « identiques » ou « différents ». Il y a 19 paires possibles, chaque paire est présentée deux fois soit 36 paires à discriminer. La consigne donnée est :

« A présent, vous allez entendre les syllabes par paire, deux par deux. Vous me dites si vous entendez deux fois la même syllabe ou s'il s'agit de deux syllabes différentes. Vous n'avez pas besoin de me dire de quelle syllabe il s'agit. La réponse que j'attends est 'pareil' ou 'différent'. Comme dans la première partie du test, il ne vous est pas possible de réécouter les sons. Il me faut une réponse à chaque fois. En outre, si une réponse revient plus que l'autre, cela ne doit pas vous perturber. Dites ce que vous percevez de façon spontanée sans vous demander si votre réponse est correcte ou non .»

Pour ces deux tests, l'ordre de présentation des stimuli est aléatoire et différent à chaque fois que l'on réalise le test. Les sons sont présentés à intensité confortable (les niveaux sonores utilisés pour chaque personne se trouvent en Annexes 7, 9 ou 11 selon le groupe). Pour chaque sujet testé et dans chaque situation donnée (oreilles nues, oreilles appareillées pour le groupe A), nous avons répété le test de PC deux fois, afin de réduire le risque d'erreur.

3.Procédure

3.1. Groupe témoin (T) et groupe non appareillés (NA)

La procédure pour tester le groupe T et le groupe NA est identique. L'entretien avec chaque sujet s'est organisé comme suit :

- une brève présentation de l'étude menée
- une otoscopie
- une audiométrie tonale liminaire sur chaque oreille
- un test de sélectivité fréquentielle sur chaque oreille
- une audiométrie vocale au casque
- une mesure des seuils subjectifs d'inconfort sur chaque oreille
- une audiométrie vocale en champ libre

- le test de PC et ses deux parties identification-discrimination
- une rapide anamnèse pour connaître l'origine de la surdité et vérifier que les sujets testés s'inscrivent dans les critères définis. Ce questionnaire permet aux personnes de faire une pause car les tests réalisés demandent beaucoup d'attention. On trouvera un questionnaire type en Annexe 4.
- le test de PC une seconde fois.

L'entretien avec les personnes de ces 2 groupes durait environ 45 minutes.

3.2. Groupe appareillé (A)

La procédure avec le groupe A montre beaucoup de points communs avec celle que nous venons juste de décrire. Elle se distingue par l'ordre de passation des tests, ordre défini afin de maintenir l'attention des sujets testés tout au long de l'entretien, et par le relevé des résultats à certains tests (audiométrie vocale au casque et en champ libre, seuils subjectifs d'inconfort) préalablement réalisés par Monsieur BALET.

- une brève présentation de l'étude menée
- une otoscopie
- le test de PC en deux parties, réalisé deux fois successivement, oreilles nues
- une audiométrie tonale liminaire sur chaque oreille
- un test de sélectivité fréquentielle sur chaque oreille
- une rapide anamnèse pour connaître l'origine de la surdité et vérifier que les sujets testés s'inscrivent dans les critères définis. Sont aussi relevés les caractéristiques d'appareillage (mono/stéréo, contours/intra-auriculaires, date de premier appareillage, durée de port quotidien, ...). On se reportera à l'Annexe 5 pour un exemplaire de ce questionnaire.
- le test de PC réalisé deux fois successivement, oreilles appareillées

Le temps total des tests était d'environ 60 minutes.

Résultats

1. Notions de statistiques utilisées (HEBERT, 1966)

1.1. Moyenne arithmétique

La moyenne arithmétique ou moyenne d'une série statistique quantitative est le quotient de la somme des valeurs du caractère par l'effectif total. Si x_1, x_2, \dots, x_n sont les N valeurs du caractère, la moyenne m est

$$m = \frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^n x_i$$

1.2. Indices de dispersion

Les indices de dispersion d'une série statistique sont les nombres susceptibles de fournir des renseignements au sujet du resserrement ou de l'étalement des valeurs du caractère considéré.

1.3. Variance

La variance ou fluctuation σ^2 est la moyenne arithmétique des carrés des écarts par rapport à la moyenne de la série considéré :

$$\sigma^2 = \frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^n (x_i - m)^2$$

La variance est un indice de dispersion.

1.4. Ecart-type

L'écart-type σ est la racine carrée de la variance. Il s'agit d'un indice de dispersion. On notera que l'écart-type mesure une grandeur de même nature que le caractère tandis que la variance mesure « le carré » d'une telle grandeur.

2. Résultats individuels

Les données ont d'abord été analysées séparément pour chaque sujet. Il est décrit ici les résultats que l'on obtient pour une personne testée ainsi que les informations qu'ils apportent.

2.1. Sélectivité fréquentielle et Q_{10dB}

Le test de sélectivité fréquentielle est expliqué au Chapitre 2 paragraphe 2.1.3. Les courbes psychoacoustiques sont représentatives de la sélectivité fréquentielle à une fréquence donnée. Le Q_{10dB} se calcule à partir de ces courbes psychoacoustiques d'accord :

$$Q_{10dB} = \frac{\text{Fréquence caractéristique}}{\text{Largeur de la bande à 10 dB au-dessus de la pointe}}$$

Pour un sujet normal, la largeur de la bande doit être inférieure à un tiers d'octave : un sujet normal se caractérise donc par un $Q_{10dB} \geq 4.3$. Au contraire, un sujet avec une mauvaise sélectivité fréquentielle aura un $Q_{10dB} \leq 4.3$.

2.2. Test de PC, partie identification

Pour chaque personne testée, dans les conditions déterminées, il est relevé le nombre moyen de fois où le stimulus n est identifié comme /ba/, /da/ ou /ga/. Ces résultats sont consignés dans un tableau (Tableau 2).

N° du stimulus		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
nb de réponses	ba	1	1	1	1	1	1	1	1	0,25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	da	0	0	0	0	0	0	0	0	0,75	1	1	1	0,75	0,5	0,25	0	0	0	0	0
	ga	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,25	0,5	0,75	1	1	1	1	1

Tableau 2: Identification, exemple du sujet 1 groupe T

Les données numériques permettent de tracer un graphique (Figure 6).

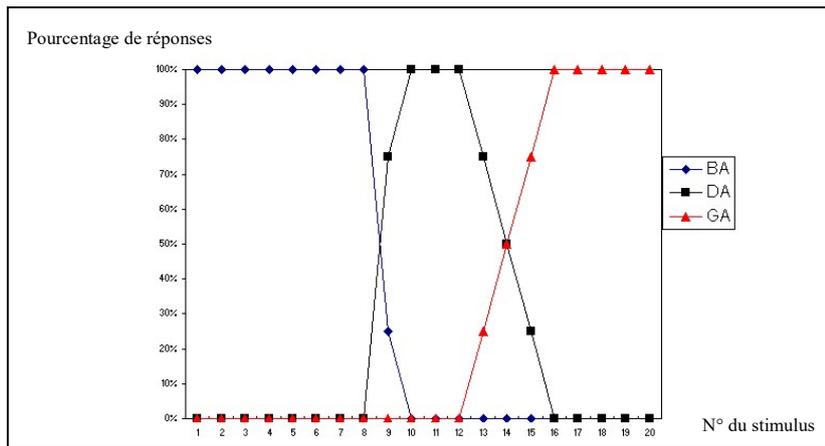


Figure 6 : Identification : pourcentage de réponses en fonction du numéro du stimulus, exemple du cas 1 groupe T

Le numéro du stimulus est en abscisse, le pourcentage de réponses en ordonnée. La courbe bleue représente l'identification d'un stimulus comme /ba/, la noire comme /da/ et la rouge comme /ga/. Ainsi, le pourcentage d'identification est de 100% lorsque le sujet identifie un stimulus comme appartenant à une catégorie toutes les fois où celui-ci lui a été présenté, et de 0 %, lorsqu'elle n'a jamais identifié le stimulus comme appartenant à une catégorie.

2.3. Test de PC, partie discrimination

Dans cette deuxième partie du test, on relève le nombre moyen de fois où les stimuli présentés par paire sont perçus comme différents. Les réponses sont consignées dans un tableau (Tableau 3).

N° de la paire	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Nb de réponses 'Différent'	0	0	0	0	0	0	0,25	1	0,25	0,25	0,5	1	1	0,5	0	0	0	0

Tableau 3 : Discrimination, exemple du sujet 1 groupe T

Le numéro de la paire correspond au numéro intermédiaire entre les numéros des deux stimuli entendus. Par exemple, la paire n°2 signifie la paire constituée des syllabes 1 et 3. Ces données chiffrées permettent de tracer le graphique de discrimination (Figure 7) où le

pourcentage de réponses 'différent' est représenté en fonction du numéro de la paire de stimuli émise.

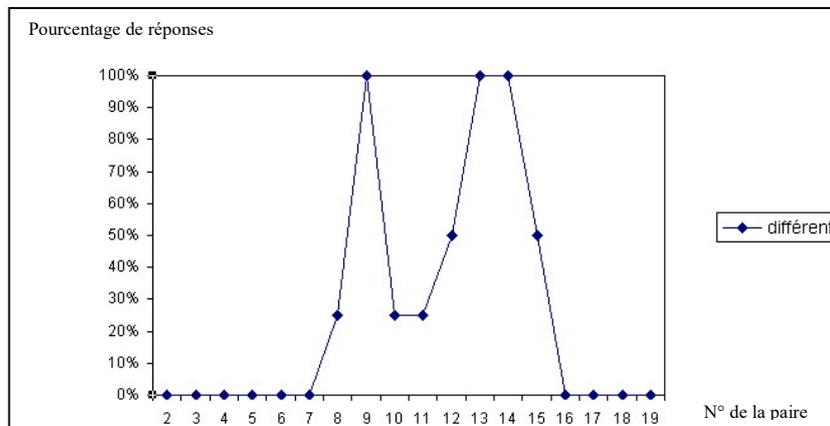


Figure 7 : Discrimination : pourcentage de réponses en fonction du numéro de la paire, exemple du cas 1 groupe T

Le pourcentage de discrimination est de 100% lorsque deux sons ont été jugés différents chaque fois qu'ils ont été entendus ensemble, et de 0% lorsqu'aucune différence n'a été repérée entre les deux stimuli proposés.

2.4. Perception catégorielle :

Pour déterminer s'il y a PC ou pas, il faut mettre en relation les résultats obtenus aux parties identification et discrimination du test de PC.

La perception des syllabes /ba/, /da/, /ga/ est catégorielle si les trois conditions énoncées ci-dessous sont rassemblées (Miller et al. ,1976) :

- la partie identification détermine un étiquetage homogène du continuum acoustique en trois catégories 'ba', 'da' et 'ga'. Autrement dit, la perception des stimuli définit trois régions : la première région correspond à une identification dans 100% des cas du stimulus comme 'ba', la deuxième correspond à une identification dans 100% des cas du stimulus comme 'da', la troisième correspond à une identification dans 100% des cas du stimulus comme 'ga' ; deux régions sont séparées par une région frontière contenant les stimuli phonétiquement ambigus,

- il n'y a pas plus de 2 pics de discrimination,
- ces pics coïncident avec les zones frontières entre deux catégories définies par le protocole d'identification.

3. Population témoin

Les données individuelles pour ce groupe sont accessibles en Annexe 6 et 7.

3.1. Caractéristiques audiométriques

La population T est caractérisée par les données audiométriques suivantes (Tableau 4).

	Fréquences testées (Hz)	250	500	750	1000	1500	1500	2000	2500	3000	4000
OD	seuils auditifs moyens (dB HL)	4	4	3	2	0	1	1	-1	2	-1
	Ucl moyen (dB HL)		106		109			109			109
OG	seuils auditifs moyens (dB HL)	4	5	5	6	4	1	0	-4	-1	-2
	Ucl moyen (dB HL)		108		109			108			111

Tableau 4 : caractéristiques audiométriques moyennes du groupe T

La perte auditive moyenne calculée selon les recommandations du BIAP est de 2 dB HL à droite et à gauche.

En audiométrie vocale, l'ensemble des sujets atteint 100 % d'intelligibilité et le seuil d'intelligibilité moyen au casque est de 9 dB HL à droite et de 8 dB HL à gauche.

3.2. Sélectivité fréquentielle et Q_{10dB}

Chaque sujet a des courbes psychoacoustiques fermées et des Q_{10dB} supérieur à 5,9 pour l'ensemble des fréquences testées.

Fréquences testées (Hz)	500	1600	2500
Q_{10dB} moyen OD	8,3	9,9	11,5
Q_{10dB} moyen OG	8,1	10,4	11,0

Tableau 5 : Q_{10dB} moyen du groupe T

Globalement, le groupe T a un Q_{10dB} moyen compris entre 8,1 (à 500 Hz, oreille gauche) et 11,5 (2500 Hz, oreille droite). La population T a une bonne sélectivité fréquentielle.

3.3. Test de PC

Chacun des sujets de la population témoin pris individuellement a une PC des consonnes plosives orales voisées étudiées, selon les critères définis au paragraphe 2.4 de ce chapitre. Les résultats numériques au test de PC pour chaque individu se trouvent en Annexe 7.

L'ensemble des réponses des sept sujets a été regroupé de manière à obtenir les fonctions d'identification et de discrimination suivantes (Tableaux 6 et 7).

N° du stimulus		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
nb de réponses	ba	1	1	1	1	1	1	0,96	0,75	0,21	0,11	0	0,04	0	0	0	0	0	0	0	0
σ		0	0	0	0	0	0	0,04	0,16	0,17	0,13	0	0,04	0	0	0	0	0	0	0	0
nb de réponses	da	0	0	0	0	0	0	0,04	0,21	0,79	0,89	1	0,89	0,71	0,57	0,18	0,07	0	0	0,04	0
σ		0	0	0	0	0	0	0,04	0,12	0,17	0,13	0	0,06	0,14	0,16	0,11	0,06	0	0	0,04	0
nb de réponses	ga	0	0	0	0	0	0	0	0,04	0	0	0	0,07	0,29	0,43	0,82	0,93	1	1	0,96	1
σ		0	0	0	0	0	0	0	0,04	0	0	0	0,06	0,14	0,16	0,11	0,06	0	0	0,04	0

Tableau 6 : Identification, moyenne du groupe T

N° de la paire	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
nb de réponses 'différent'	0	0	0	0	0,04	0,07	0,29	0,5	0,07	0,11	0,21	0,43	0,43	0,29	0,14	0,04	0	0
σ	0	0	0	0	0,09	0,11	0,21	0,27	0,11	0,12	0,16	0,29	0,37	0,36	0,18	0,09	0	0

Tableau 7 : Discrimination, moyenne du groupe T

Les résultats moyens de la fonction d'identification et de discrimination répondent aux trois conditions qui définissent la PC (Figure 8) :

- le continuum est divisé en trois classes : /ba/ du stimulus 1 à 8 (600-1300 Hz), /da/ de 9 à 14 (1400-1900 Hz) et /ga/ de 15 à 20 (2000-2500 Hz).
- on observe deux pics de discrimination et seulement deux,

- les pics de discrimination se situent au niveau des zones frontières. La frontière perceptive correspond au point sur le continuum recevant autant d'identification du stimulus comme appartenant à une catégorie ou à une autre. Ici, la frontière perceptive entre /ba/ et /da/ se situe entre les stimuli 8 et 9 (1300-1400 Hz), entre /da/ et /ga/, elle se situe entre les stimuli 14 et 15 (1900-2000Hz).

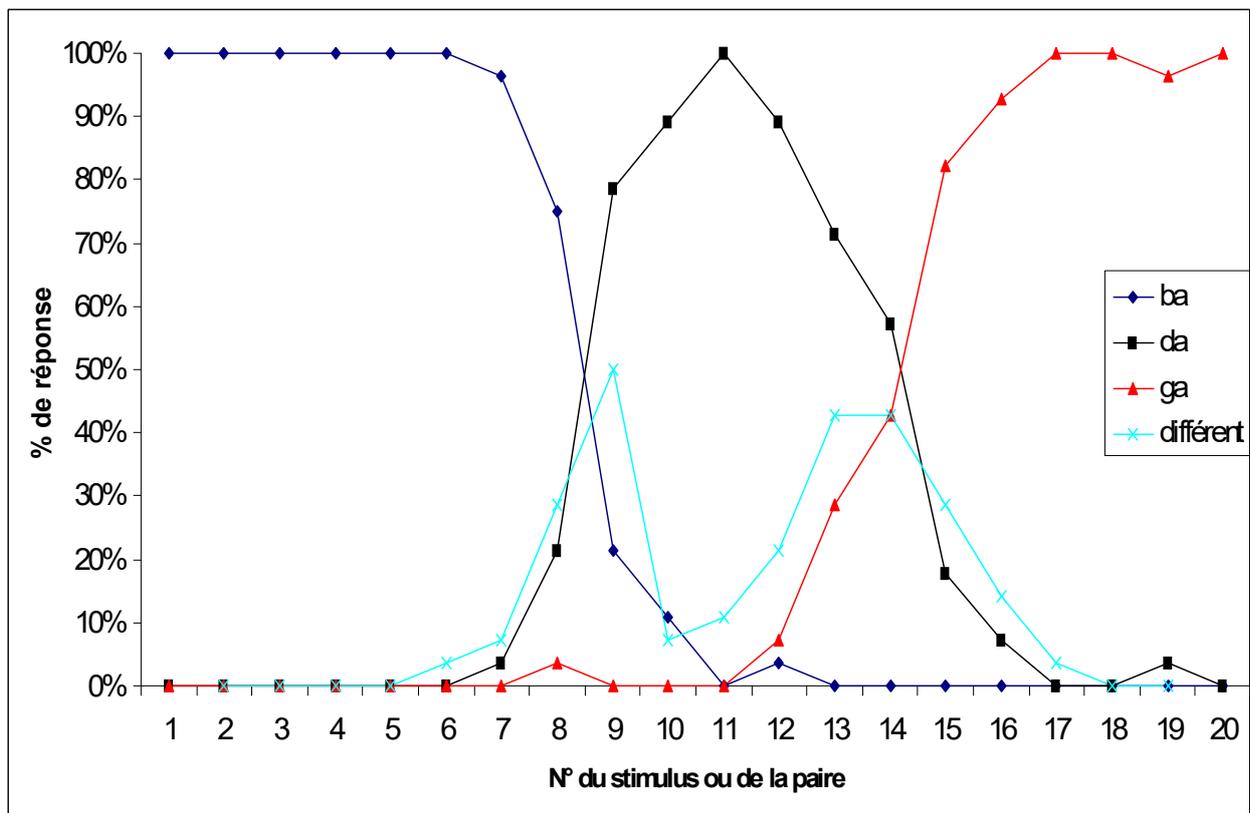


Figure 8 : Pourcentage de réponses en fonction du numéro du stimulus pour le groupe T

Ce groupe T a permis d'établir le comportement normal d'individus francophones jeunes et otologiquement sains. Nous utiliserons ce résultat par la suite comme point de comparaison.

4. Groupe des patients non appareillés

Les données individuelles pour ce groupe sont accessibles en Annexes 8 et 9.

4.1. Caractéristiques audiométriques

La population NA est caractérisée par les données audiométriques suivantes :

	Fréquences testées (Hz)	250	500	750	1000	1500	1500	2000	2500	3000	4000
OD	seuils auditifs moyens (dB HL)	33	40	43	47	53	52	52	54	58	66
	Ucl moyen (dB HL)		112		117			117			117
OG	seuils auditifs moyens (dB HL)	35	43	46	48	53	52	55	57	62	65
	Ucl moyen (dB HL)		113		114,5			115			117

Tableau 8 : Caractéristiques audiométriques moyennes du groupe NA

La perte auditive moyenne calculée selon les recommandations du BIAP est de 51 dB HL à droite et de 53 dB HL à gauche.

En audiométrie vocale au casque, le maximum d'intelligibilité s'étend de 50 à 100 % avec une moyenne de 85 % sur l'oreille droite et de 88 % sur l'oreille gauche ; le seuil d'intelligibilité moyen est de 54 dB HL à droite ($\sigma = 9,3$) et de 55 dB HL à gauche ($\sigma = 10,2$).

4.2. Sélectivité fréquentielle et Q_{10dB}

Sur les douze sujets testés du groupe NA, cinq (les n°3, 4, 8, 9 et 10) ont une bonne sélectivité fréquentielle sur les trois fréquences testées ($Q_{10dB} \geq 4,3$). Les autres sujets ont une bonne sélectivité à 500 Hz, mis à part le sujet 1, et une mauvaise sélectivité fréquentielle aux autres fréquences ($Q_{10dB} \leq 4,3$). La population NA n'a pas un comportement homogène pour ce qui est de la sélectivité fréquentielle : les valeurs de Q_{10dB} s'étendent de 1,5 à 8,5.

Fréquences testées (Hz)	500	1600	2500
Q_{10dB} moyen OD	5,6	4,1	4,8
Ecart type σ	0,77	1,81	1,33
Q_{10dB} moyen OG	5,9	4,8	4,8
Ecart type σ	1,1	1,74	1,74

Tableau 9 : Q_{10dB} moyen du groupe NA

4.3. Test de PC

Les résultats ont été étudiés participant par participant dans un premier temps. Il en ressort que seuls les sujets 3 et 9 montrent une PC du lieu d'articulation des consonnes présentées.

Le sujet 7 a un comportement particulier : il n'identifie que la syllabe /ba/ et ne fait aucune discrimination entre les sons qui lui ont été présentés.

Les autres sujets ont des réponses très variables d'une personne à l'autre (ce que soulignent les écarts-type, Tableau 10 et 11) et il n'apparaît de lien entre les protocoles d'identification et de discrimination pour aucun d'entre eux (Annexe 9 et Figure 9).

N° du stimulus		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
nb de réponses	ba	0,88	0,81	0,85	0,83	0,77	0,79	0,77	0,6	0,6	0,48	0,4	0,29	0,25	0,25	0,15	0,17	0,17	0,1	0,1	0,13
σ		0,16	0,21	0,24	0,21	0,33	0,29	0,26	0,37	0,39	0,35	0,36	0,37	0,37	0,37	0,28	0,28	0,29	0,28	0,28	0,28
nb de réponses	da	0,08	0,1	0,1	0,06	0,13	0,15	0,15	0,29	0,21	0,29	0,27	0,35	0,42	0,29	0,31	0,31	0,13	0,13	0,13	0,23
σ		0,12	0,19	0,22	0,15	0,19	0,24	0,22	0,32	0,25	0,27	0,19	0,31	0,37	0,22	0,23	0,23	0,16	0,16	0,22	0,26
nb de réponses	ga	0,04	0,08	0,04	0,1	0,1	0,06	0,08	0,1	0,19	0,23	0,33	0,35	0,33	0,46	0,54	0,52	0,71	0,77	0,75	0,65
σ		0,14	0,16	0,09	0,19	0,19	0,11	0,16	0,12	0,25	0,28	0,26	0,28	0,34	0,3	0,29	0,31	0,35	0,3	0,32	0,36

Tableau 10 : Identification, moyenne du groupe NA

N° de la paire	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
nb de réponses 'différent'	0,25	0,08	0,1	0,1	0,25	0,21	0,19	0,38	0,4	0,29	0,23	0,25	0,31	0,27	0,21	0,17	0,08	0,08
σ	0,31	0,16	0,19	0,24	0,27	0,29	0,25	0,35	0,3	0,34	0,26	0,27	0,32	0,35	0,32	0,24	0,21	0,12

Tableau 11 : Discrimination, moyenne du groupe NA

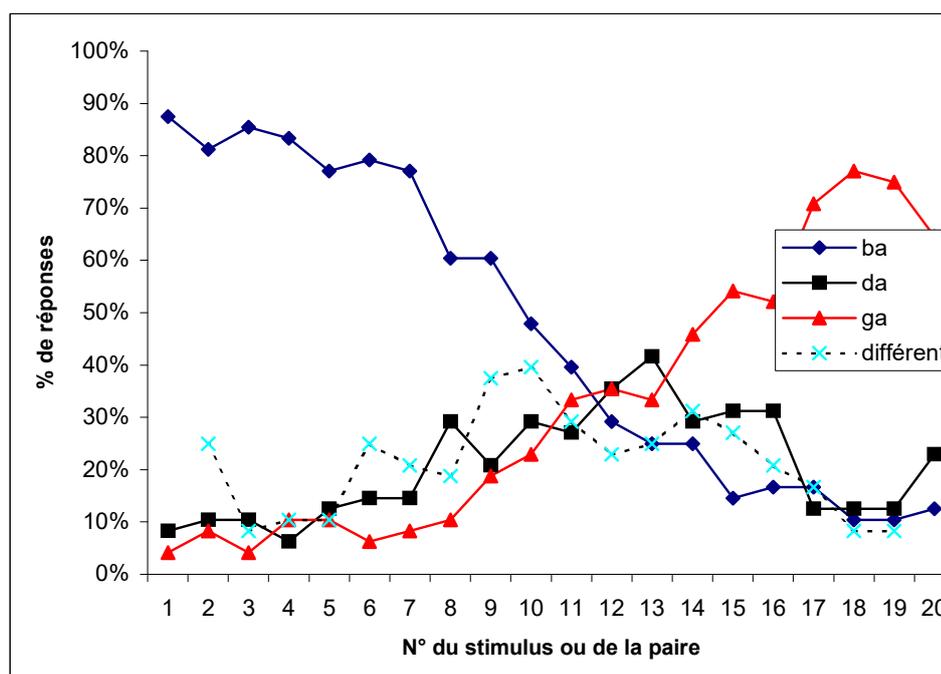


Figure 9 : Pourcentage de réponses en fonction du numéro du stimulus pour le groupe NA

5. Groupe des patients appareillés

Les données individuelles pour ce groupe se trouvent en Annexe 10 et 11.

5.1. Caractéristiques audiométriques

La population A est caractérisée par les données audiométriques suivantes :

	Fréquences testées (Hz)	250	500	750	1000	1500	1500	2000	2500	3000	4000
OD	seuils auditifs moyens (dB HL)	35	44	48	49	55	55	57	56	58	61
	Ucl moyen (dB HL)		114		115			117			118
OG	seuils auditifs moyens (dB HL)	37	46	49	51	56	56	59	57	60	62
	Ucl moyen (dB HL)		114		115			117			118

Tableau 12 : Caractéristiques audiométriques moyennes du groupe A

La perte auditive moyenne selon les recommandations du BIAP est de 53 dB HL à droite et de 49 dB HL à gauche.

En audiométrie vocale au casque, le maximum d'intelligibilité s'étend de 50 à 100 % avec une moyenne de 85 % sur l'oreille droite et de 88 % sur l'oreille gauche.

En audiométrie vocale en champ libre, le seuil d'intelligibilité moyen est de 57 dB SPL ($\sigma = 9,1$) oreilles nues et de 39 dB SPL ($\sigma = 6,2$) oreilles appareillées.

5.2.Sélectivité fréquentielle et Q_{10dB}

Il y a une grande variabilité des valeurs du Q_{10dB} selon les sujets. Les sujets 2, 7, 10, 11, 12, 14, 16, 22, 24 et 25 ont des Q_{10dB} supérieurs ou égaux à 4,3 sur 5 à 6 fréquences (trois fréquences testées par oreille) ce qui indiquent une bonne sélectivité fréquentielle. Les sujets 1, 3, 5, 13 et 19 ont des Q_{10dB} inférieurs ou égaux à 4,3 sur 5 à 6 fréquences, indice d'une mauvaise sélectivité fréquentielle. Les autres sujets à savoir les n°4, 6, 8, 9, 15, 17, 18, 20, 21 et 23 ont une bonne sélectivité fréquentielle sur 2 à 3 fréquences, le plus souvent à 500 Hz sur chaque oreille, et une mauvaise sélectivité fréquentielle sur les fréquences restantes. Les résultats sont très disparates et il est difficile de corréler une bonne sélectivité fréquentielle avec l'âge ou le degré de perte auditive.

Fréquences testées (Hz)	500	1600	2500
Q _{10dB} moyen OD	5	4	4,2
Ecart type σ	1	1,7	0,9
Q _{10dB} moyen OG	5	4,2	4,4
Ecart type σ	1	1,4	1,3

Tableau 13 : Q_{10dB} moyen du groupe A

5.3. Test de PC

5.3.1. Test réalisé oreilles nues

Le groupe A a répondu au test de PC dans un premier temps oreilles nues. Aucun des participants n'a réalisé le test en faisant preuve d'une PC : on observe un « étiquetage » incorrect du continuum acoustique par comparaison avec la référence établie au cours de la partie identification du test, il n'y a aucune discrimination entre les stimuli ou bien il y a plus de deux pics de discrimination selon les cas dans la seconde partie, et il n'existe pas de corrélation entre les protocoles d'identification et de discrimination. Il en ressort un comportement global très hétérogène aux fonctions d'identification et de discrimination (cf. les valeurs des écarts-type, Tableaux 14 et 15).

On notera aussi que la figure 10 montre une fonction de discrimination presque plate, sans aucun pic et gardant des valeurs inférieures à 20 % de réponses. En d'autres termes, les sujets ne discriminent pas les stimuli qui leur ont été présentés.

N° du stimulus		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
nb de réponses	ba	0,81	0,76	0,78	0,76	0,75	0,7	0,63	0,47	0,33	0,29	0,18	0,12	0,1	0,11	0,05	0,09	0,07	0,04	0,04	0,05
		0,29	0,33	0,34	0,29	0,31	0,32	0,34	0,31	0,29	0,25	0,24	0,17	0,16	0,14	0,1	0,16	0,11	0,12	0,09	0,12
σ																					
nb de réponses	da	0,13	0,11	0,14	0,09	0,17	0,22	0,24	0,39	0,48	0,53	0,56	0,51	0,47	0,53	0,48	0,32	0,36	0,25	0,22	0,26
		0,21	0,17	0,28	0,21	0,27	0,28	0,27	0,4	0,47	0,52	0,43	0,46	0,55	0,59	0,67	0,37	0,44	0,36	0,3	0,34
σ																					
nb de réponses	ga	0,06	0,13	0,08	0,15	0,08	0,08	0,13	0,14	0,19	0,18	0,26	0,37	0,43	0,36	0,47	0,59	0,57	0,71	0,74	0,69
		0,13	0,25	0,17	0,21	0,17	0,17	0,2	0,19	0,2	0,19	0,28	0,36	0,3	0,32	0,33	0,36	0,37	0,31	0,32	0,3
σ																					

Tableau 14 : Identification, moyenne du groupe A oreilles nues

N° de la paire	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
nb de réponses 'différent'	0,13	0,18	0,13	0,21	0,18	0,12	0,19	0,2	0,16	0,17	0,13	0,15	0,18	0,16	0,06	0,12	0,19	0,13
σ	0,24	0,23	0,21	0,3	0,26	0,14	0,19	0,28	0,19	0,22	0,2	0,19	0,27	0,25	0,13	0,24	0,29	0,19

Tableau 15 : Discrimination, moyenne du groupe A oreilles nues

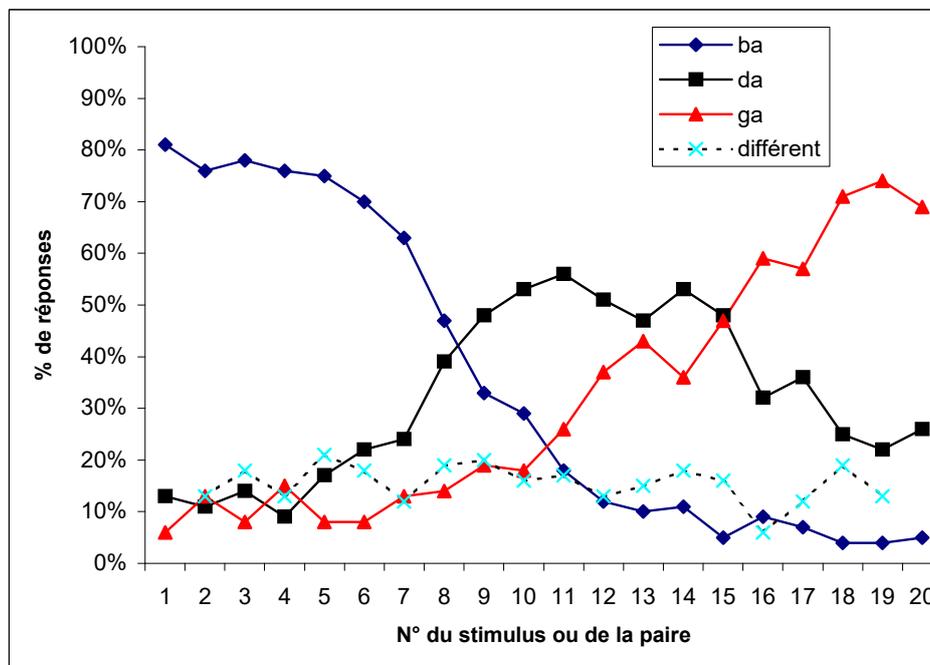


Figure 10 : Pourcentage de réponses en fonction du numéro du stimulus pour le groupe A oreilles nues

5.3.2. Test réalisé oreilles appareillées

Les sujets du groupe A ont également passé le test de PC avec leurs appareils auditifs en place et en fonctionnement. Les données ont d'abord été analysées séparément pour chaque sujet. Sur les 25 individus de ce groupe, onze ont eu des réponses indiquant une PC : il s'agit des sujets 2, 10, 12, 13, 14, 15, 17, 18, 23, 24 et 25 ; dix personnes (les sujets 1, 3, 5, 6, 7, 8, 11, 16, 21 et 22) ont correctement répondu au protocole d'identification, en classifiant les syllabes en trois catégories distinctes mais les réponses données à la partie discrimination ne répondent pas aux critères de la PC, à savoir la présence de deux pics de discrimination coïncidant avec les frontières perceptives. Les autres individus (n°4, 9, 19 et 20) ont des résultats éloignés de la référence de PC établie.

N° du stimulus		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
nb de réponses	ba	0,9	0,92	0,96	0,9	0,95	0,92	0,88	0,78	0,47	0,25	0,18	0,01	0,02	0,01	0,03	0,02	0	0,01	0,01	0
σ		0,19	0,17	0,12	0,17	0,14	0,17	0,2	0,29	0,32	0,25	0,22	0,05	0,07	0,05	0,08	0,07	0	0,05	0,05	0
nb de réponses	da	0,05	0,06	0,02	0,06	0,03	0,05	0,09	0,17	0,46	0,67	0,69	0,81	0,61	0,5	0,36	0,31	0,18	0,13	0,13	0,17
σ		0,12	0,16	0,07	0,13	0,11	0,12	0,16	0,22	0,32	0,29	0,29	0,28	0,35	0,34	0,32	0,36	0,29	0,22	0,2	0,26
nb de réponses	ga	0,05	0,02	0,02	0,04	0,02	0,03	0,03	0,05	0,07	0,08	0,13	0,18	0,37	0,49	0,61	0,67	0,82	0,86	0,86	0,81
σ		0,12	0,07	0,07	0,12	0,1	0,08	0,11	0,12	0,13	0,12	0,22	0,28	0,35	0,34	0,32	0,37	0,29	0,22	0,2	0,27

Tableau 16 : Identification, moyenne du groupe A oreilles appareillées

N° de la paire		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
nb de réponses 'différent'		0,19	0,09	0,11	0,09	0,1	0,15	0,27	0,43	0,32	0,23	0,18	0,26	0,28	0,18	0,09	0,09	0,11	0,09
σ		0,31	0,17	0,21	0,2	0,17	0,21	0,31	0,32	0,29	0,25	0,29	0,29	0,29	0,22	0,21	0,14	0,24	0,19

Tableau 17 : Discrimination, moyenne du groupe A oreilles appareillées

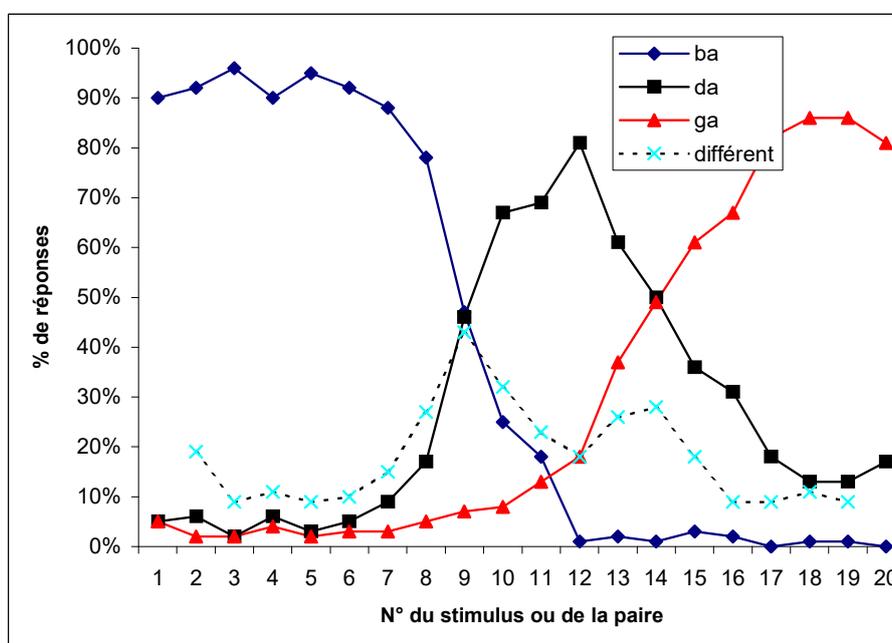


Figure 11 : Pourcentage de réponses en fonction du numéro du stimulus pour le groupe A oreilles appareillées

5.3.3. Sous-groupe des sujets ayant une PC oreilles appareillées

Si l'on regroupe les réponses données par les sujets du groupe A faisant preuve de PC avec leurs appareils auditifs (sujets n°2, 10, 12, 13, 14, 15, 17, 18, 23, 24 et 25) vis à vis des stimuli étudiés, on obtient les résultats suivants (tableau 18 et 19). Le comportement global de ce sous-groupe est relativement homogène et répond aux trois critères marqueurs d'une PC.

La figure 12 permet de situer la frontière perceptive à 9 (1400 Hz) entre /ba/ et /da/ et entre 14 et 15 (1900-2000 Hz) pour la limite /da/-/ga/ ce qui correspond aux valeurs établies pour la population témoin.

N° du stimulus		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
nb de réponses	ba	0,93	0,98	1	0,95	1	1	0,95	0,89	0,52	0,23	0,16	0	0	0	0,05	0,02	0	0	0	0
σ		0,15	0,07	0	0,14	0	0	0,14	0,22	0,27	0,22	0,19	0	0	0	0,1	0,07	0	0	0	0
nb de réponses	da	0,07	0,02	0	0,02	0	0	0,05	0,11	0,45	0,73	0,82	0,84	0,7	0,59	0,34	0,32	0,2	0,16	0,09	0,09
σ		0,15	0,07	0	0,07	0	0	0,14	0,22	0,28	0,22	0,19	0,29	0,37	0,36	0,34	0,37	0,33	0,24	0,19	0,22
nb de réponses	ga	0	0	0	0,02	0	0	0	0	0,02	0,05	0,02	0,16	0,3	0,41	0,61	0,66	0,8	0,84	0,91	0,86
σ		0	0	0	0,07	0	0	0	0	0,07	0,1	0,07	0,29	0,37	0,36	0,33	0,39	0,33	0,24	0,19	0,25

Tableau 18 : Identification, moyenne du sous-groupe de sujets A avec PC oreilles appareillées

N° de la paire		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
nb de réponses 'différent'		0,05	0	0	0	0	0,11	0,34	0,52	0,43	0,27	0,2	0,25	0,45	0,14	0,05	0,07	0,02	0,02
σ		0,1	0	0	0	0	0,17	0,36	0,33	0,3	0,27	0,34	0,32	0,33	0,17	0,1	0,11	0,08	0,08

Tableau 19 : Discrimination, moyenne du sous-groupe de sujets A avec PC oreilles appareillées

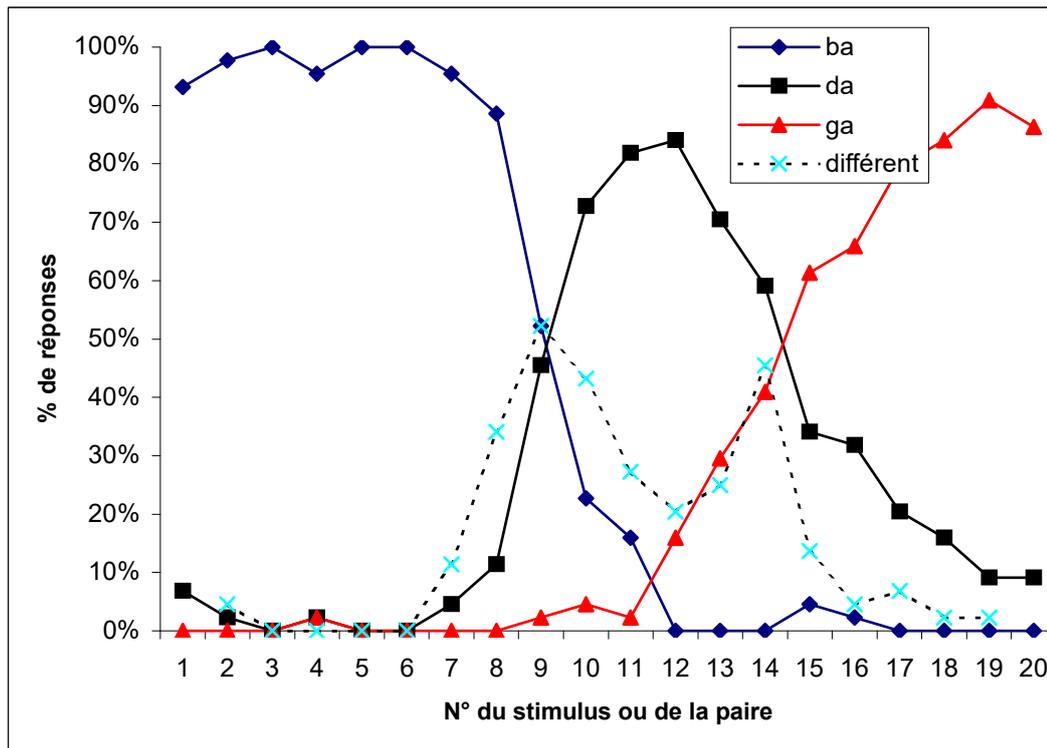


Figure 12 : Pourcentage de réponses en fonction du numéro du stimulus pour le sous-groupe de sujets A avec PC oreilles appareillées

Il s'agit à présent de tenter de comprendre pourquoi nous trouvons ces résultats, et quels sont les intérêts et les limites d'une telle étude.

Discussion

Avant toute chose, on notera que les résultats établis dans cette étude sont à prendre avec prudence compte-tenu des faibles effectifs étudiés.

La passation du test de PC chez les sujets de la population Témoin a permis de confirmer que le continuum testé amenait des résultats catégoriels : les sujets jeunes, normo-entendants et otologiquement sains, faisaient comme si la seule information décisive était la catégorie phonétique de chaque stimulus (c'est à dire l'appartenance à l'une des catégories /b/, /d/ ou /g/) et ignoraient les différences acoustiques existant entre les stimuli qu'ils considéraient comme appartenir à des catégories différentes. Nous démontrons ainsi la validité de ce test vis à vis d'une population francophone.

Au sein de la population Test malentendante, les sujets testés ne répondent correctement ni au protocole d'identification, ni à celui de discrimination. Ces résultats indiquent l'absence de PC chez les sujets malentendants, appartenant au groupe NA comme au groupe A testés sans appareil de correction auditive. La déficience auditive est l'élément commun aux personnes de cette population, elle doit sûrement être à l'origine de cette absence de catégorisation.

Plusieurs paramètres imbriqués peuvent donner des éléments de réponse à cette observation : l'âge, le degré de surdité, la pente de la courbe tonale, la durée de privation auditive, ... sans que ce travail n'ait pu mettre en évidence le rôle prépondérant de l'un d'entre eux. Prenons l'exemple de la sélectivité fréquentielle qui a été testée en pensant qu'elle pourrait justifier la présence ou non de PC. Il s'avère que les sujets malentendants, qu'ils aient ou non une mauvaise sélectivité fréquentielle, n'ont pas une PC des consonnes étudiées à l'exception de 5 % de la population (ces 5 % n'ont pas une meilleure sélectivité fréquentielle que les autres).

L'hypothèse initiale de l'absence de PC chez les malentendants est confirmée mais il semble que la surdité n'explique pas à elle seule ce résultat. On relèvera aussi que l'appareillage n'induit pas de différences dans le comportement perceptif des sujets testés oreilles nues par rapport à ceux n'ayant jamais porté d'appareil.

En ce qui concerne le groupe A de la population malentendante testé avec les deux appareils auditifs en fonctionnement, 84 % d'entre eux (21 sujets sur 25) classifient les stimuli de façon cohérente en trois catégories mais seuls 44% (11 sur 25) ont des réponses au protocole de discrimination qui permettent de conclure à une PC des sons de parole étudiés. Il est important de remarquer que 0 % de ces sujets, sans appareils auditifs, ont répondu de façon correcte aux parties identification et discrimination du test de PC. Autrement dit, l'appareillage auditif rétablit un « étiquetage » correct des sons de parole dans la majorité des cas et une perception catégorielle dans presque la moitié des cas.

Il est certain que les appareils auditifs jouent un rôle vis à vis de la PC mais les résultats au test de discrimination infirment en partie l'hypothèse de départ : tous les malentendants appareillés depuis un certain temps et portant leurs appareils régulièrement ne font pas preuve d'une PC . Les variables pouvant avoir un impact sur ces résultats sont :

- les stimuli utilisés,
- les capacités perceptives générales des personnes testées vis à vis de ces sons modifiés par le traitement du signal des appareils de correction auditive,
- le traitement lui-même de ces sons par les prothèses auditives.

Un tel test est dépendant de la qualité et des caractéristiques des stimuli utilisés. Ce test utilise notamment de la parole synthétique comme cela a déjà été le cas dans de précédentes études sur la PC (Medina, 2004 ; Serniclaes, 2003 ; Kuhl, 1987 ; Liberman, 1957), mais pour d'autres, «il est important d'utiliser des enregistrements de parole naturelle afin de nous mettre dans les conditions optimales d'analyse de la perception catégorielle» (Laguitton, 1997). On notera qu'il aurait été difficile de procéder autrement pour faire varier les transitions formantiques (tandis que l'étude du voisement et de la durée du VOT peut se faire par excision de sons de parole naturelle enregistrés – Laguitton, 1997)

Un test de PC des sons de parole dépend également de la population étudiée. Ce travail soulève plusieurs questions à propos de la perception de la parole chez des malentendants avec appareils auditifs. On peut se demander pour quelles raisons certains sujets appareillés présentent un déficit de PC (protocole de discrimination) malgré un score de 100% de mots répétés correctement à voix normale, avec les aides auditives.

Un début d'explication peut se trouver dans la pente de la perte auditive tonale des malentendants testés : ceux qui montrent une PC correcte ont des courbes tonales avec une faible inclinaison, ceux qui ont de mauvaises réponses à la partie discrimination ont des différences plus significatives entre les seuils auditifs aux fréquences graves et aux fréquences aiguës. Les fréquences extrêmes testées étant 250 et 4000 Hz, la différence des seuils auditifs mesurés à ces fréquences est de 17 dB pour le sous-groupe ayant une PC, de 30 dB pour les autres.

Il n'a pas été trouvé de rapport entre sélectivité fréquentielle et PC. Tous ceux qui ont une correcte PC n'ont pas forcément une bonne sélectivité fréquentielle. Inversement, parmi ceux qui ont une bonne sélectivité fréquentielle, il y en a qui n'ont pas donné des réponses correctes au protocole de discrimination tandis que d'autres ont une PC correcte.

De la même façon, aucune corrélation n'a été déduite entre la PC et l'âge, l'exposition aux bruits, la présence d'acouphènes, le degré de surdité, l'audiométrie vocale.

Peut-être s'agit-il de problèmes d'acuité auditive, les différences acoustiques impliquées dans les tests de PC étant beaucoup plus fines qu'en audiométrie vocale. Il aurait été intéressant de rapprocher les résultats présents avec les différences acoustiques justes perceptibles (JND pour Just Noticeable Difference en anglais) ou seuils différentiels, en fréquence et en intensité : en effet, « des sons différents par moins d'un JND sont perçus comme similaires » (Calliope, 1989) et « les variations de seuil différentiel en fréquence induites par les lésions cochléaires [...] peuvent venir modifier les processus de catégorisation phonétiques » (Virole, 1999).

Les réponses au test de PC font appel aux capacités auditives, psychoacoustiques mais aussi cognitives (facultés attentionnelles, de mémorisation, rôle de l'apprentissage...). « L'effet important de l'apprentissage sur tous les effets de frontières phonétiques incite à penser qu'ils mettent en œuvre la capacité des auditeurs à se concentrer sur les aspects pertinents du stimulus par rapport à la tâche qui leur est demandée » (Calliope, 1989). Massaro parle de « the well-known contribution of memory limitations in the discrimination task » (Massaro, 1989 et 1975) et précise que « the failure to discriminate two sounds may simply reflect a limitation in short-term auditory memory in the discrimination task ». La mauvaise discrimination observée au test de PC peut donc s'expliquer par la diminution des facultés cognitives liés à l'âge : l'âge moyen de la population malentendante avec une PC des consonnes étudiées est de 72 ans ; l'âge moyen de la population malentendante qui a une mauvaise discrimination et une bonne identification est de 80 ans. Les réponses données au protocole de discrimination peuvent être faussées par une mauvaise mémorisation de la paire entendue, de la première syllabe notamment.

En outre, dans le cadre de cette étude, une variable supplémentaire par rapport aux précédents tests de PC vient s'ajouter entre la production des stimuli et leur perception par les sujets : le traitement des sons par les aides auditives. Au vu des conclusions de Madame Guibert-Blanchard (1992) cité par Virole (1999), « dans le cas de fonctionnement linéaire, (la transition du F2) est bien transmis. Par contre, si la montée rapide du niveau de signal de la voyelle adjacente déclenche les systèmes de compression ou de limitation de niveau de sortie alors, il est possible que cet indice soit altéré physiquement et que la plosive ne soit discriminée perceptivement ». S'ajoutent à cela les systèmes actuels de reconnaissance et de traitement de la parole. Il aurait été intéressant d'analyser les signaux étudiés en sortie d'aide auditive. D'autre part, la présente étude n'a pas montré de corrélation entre la PC et le type d'appareils auditifs, le modèle, le gain prothétique vocal ou la date de premier appareillage. Un relevé des réglages aurait quant à eux pu fournir quelques explications des résultats.

L'étude menée ici permet de tirer des conclusions vis à vis des consonnes plosives orales voisées /b/, /d/ et /g/ et de leur perception au travers des aides auditives ce que peu de travaux ont étudié jusque là, encore moins chez des sujets francophones. Une telle étude aurait plus de valeur pour conclure à la PC ou non du lieu d'articulation des consonnes avec un appareillage auditif si d'autres groupes de consonnes avait été étudié selon le même protocole (par exemple, les consonnes /p/, /t/ et /k/) chez les mêmes sujets. Il serait également intéressant d'insérer dans le mode opératoire un test psychologique évaluant la capacité de mémorisation ainsi qu'un test de discrimination fréquentielle pour savoir si les réponses au protocole de discrimination dépendent de l'acuité auditive ou d'une baisse des facultés cognitives. Un complément à cette étude pourrait être de tester une population jeune et malentendante pour étudier l'impact de l'âge sur la PC.

Conclusion

L'objet d'étude de ce travail était la perception catégorielle des consonnes plosives, orales, voisées /b/, /d/ et /g/, consonnes se distinguant par leur lieu d'articulation. L'objectif était de rendre compte de l'influence de la surdité et du rôle de l'appareillage auditif vis à vis de cette stratégie de perception des sons de parole.

Au travers de ce mémoire, nous avons établi d'une part la réponse standard au test de PC utilisé avec des sujets jeunes normo-entendants francophones.

D'autre part, l'utilisation de ce test chez une population francophone avec une surdité moyenne bilatérale symétrique permet de conclure que :

- la surdité s'accompagne d'une absence de perception catégorielle du lieu d'articulation, ce qui peut expliquer les confusions phonétiques observées chez une population similaire par Monsieur Lefèvre (2005).*
- l'appareillage joue un rôle certain dans l'identification des consonnes étudiées mais seule la moitié des sujets testés avec les appareils auditifs font preuve d'une perception catégorielle de ces sons.*
- la sélectivité fréquentielle n'est pas un facteur explicatif de la présence ou non d'une perception catégorielle correcte.*
- le déséquilibre tonal grave-aigu peut être à l'origine d'une mauvaise perception catégorielle*

D'autres facteurs peuvent apporter des éléments de réponses. Beaucoup sont cependant indissociables et il est difficile quand l'objet d'étude est l'être humain de ne faire varier qu'un seul paramètre à la fois.

Cette étude demande donc à être approfondie ou complétée afin de mieux comprendre comment l'audioprothésiste joue un rôle vis à vis de ce processus de perception de la parole et comment il peut l'améliorer.

Références

Bornstein, M. H. (1987). Perceptual categories in vision and audition. In S. Harnads (Ed.), *Categorical perception – The groundwork of cognition* (pp. 287-300). Cambridge : Cambridge Press University.

Calliope (1989) *La parole et son traitement automatique*. Paris : Masson.

Cooper, F.S., Delattre, P., Liberman, A., Borst & J.M., Gertsman, L.J. (1952). Some experiments on the perception of synthetic speech sounds. *JASA*, 24, 597-606 et 151-173.

Delattre, P.C. (1958). Les indices acoustiques de la parole, Premier Rapport. *Phonetica*, 2, 108-118 et 226-251.

Eriksson A. (2006). *Re : Categorical Perception* [courrier électronique]. Destinataire : Charlotte BALET. 7 janvier 2006. Communication personnelle.

Eriksson A. (1999). <http://www.ling.gu.se/~anders/KatPer>.

Gelis, C. (1993). *Bases techniques et principes d'application de la prothèse auditive*. Montpellier : Sauramps médical.

Guibert-Blanchard, M.S. (1992). Transmission des indices acoustiques de la parole par la prothèse auditive : approche d'une méthode d'essais techniques. Thèse, Université de Montpellier I, Faculté de Pharmacie.

Harnads, S. (1987). Category induction and representation. In *Categorical perception – The groundwork of cognition* (pp. 535-565). Stavan Harnads, Ed., Cambridge : Cambridge Press University.

Hébert, Y. (1966). *Mathématiques, probabilités et statistique : cours et exercices*. Paris : Vuibert, 305-331.

Kuhl, P.K. & Padden, D.M. (1983). Enhanced discriminability at phonetic boundaries for the place feature in macaques. *JASA*, 73, 1003-1010.

Laguitton, V., De Graaf, J.B., Cazals, Y., Marquis, P., Chauvel & P., Liégeois-Chauvel, C. (1997). Traitement d'un indice acoustique de la parole naturelle : le délai de voisement..In J. Lambert & J.-L. Nespoulous, *Perception auditive et compréhension du langage : état initial, état stable et pathologie* (pp. 99-113). Marseille : Solal.

Landercy, A.& Renard R. (1977). *Éléments de phonétique*. Bruxelles : Didier, 124-130.

Lane, H. (1965). Motor theory of speech perception : a critical review. *Psychological Review*, 72, 275-309.

Lefevre, F. (2006). Confusions phonétiques induites par la surdité neurosensorielle périphérique. *Société Française d'Audiologie News*, n°3, 2-3.

Leon, P. R. (1992). *Phonétisme et prononciation du français*. Paris : Nathan, 51-63.

Liberman, A.M., Harris, K.S, Hoffman, H.S. & Griffith, B.C. (1957). The discrimination of speech sounds within and across phoneme boundaries. *Journal of Experimental Psychology*, 54, 358-368.

Liberman, A.M., Cooper, E.S., Shankweiler, D.P. & Studdert-Kennedy, M. (1967). Perception of the speech code. *Psychological Review*, 74, 431-461.

Massaro, D.W. (1975). *Understanding language : An information processing analysis of speech perception, reading and psycholinguistics*. New York : Academic Press.

Massaro, D.W. (1987). Categorical partition : A fuzzy-logical model of categorization behavior. In S. Harnads (Ed.), *Categorical perception – The groundwork of cognition* (pp. 254-283). Cambridge : Cambridge Press University.

Medina, V., Lundon, N., Busquet, D., Petroff, N. et Serniclaes, W. (2004). *Perception catégorielle des sons de parole chez des enfants avec implant cochléaire*. [Version électronique] Actes des XV^e journées d'étude sur la parole. Récupéré le 10 janvier 2006 de <http://www.lpl.univ-aix.fr/jep-taln04/proceed/actes/jep2004/Medina.pdf> .

Meunier, C. (2005). Invariants et Variabilité en Phonétique [Version électronique]. In N. Nguyen, S. Wauquier-Gravelines & J. Durand, *Phonologie et phonétique (Traité IC2, série Cognition et Traitement de l'Information)* (Chap. 13, pp. 350-374). Paris : Hermes science. Récupéré le 22 décembre 2005 de http://www.lpl.univ-aix.fr/~meunier/publi/PetP13_Meunier.pdf .

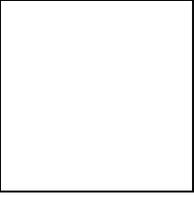
Miller, J.D., Pastore, R.E., Weir, C.C., Kelly, W.J., Dooling, R.J. (1976). Discrimination and labeling of noise-buzz sequences with varying noise-lead time: An example of categorical perception. *JASA*, 60, 410-417.

Pastore, R.E., Ahroon, W.A., Baffuto, K.J., Friedman, C., Puleo, J.S., & Fink, E.A. (1977). Common-factor of categorical perception. *Journal of Experimental Psychology : Human Perception and Performance*, 3, 686-696.

Peissak, C. & Voisin, I. (1993). *Les Mots de l'audioprothésiste*, Mémoire du D.E. d'Audioprothèse, Université de Montpellier.

Serniclaes, W., Bogliotti, C. & Carré, R. (2003). Perception of consonant place of articulation: phonological categories meet natural boundaries. In M.J.Solé, D.Recaesens & J.Romero (Eds.). Proc. 15th Int.Cong. Phonetic Sciences, 391-394.

Virole, B. (1999, 24 Mars). Phonétique acoustique appliquée en audioprothèse. Récupéré le 22 décembre 2005 de <http://perso.orange.fr/virole/DA/DATABASE.htm> .



Annexes