



Université de RENNES 1

Faculté de Médecine

Ecole d'audioprothèse JE Bertin de  
Fougères



**Etude comparative des appareils BTE/RIC  
basée sur l'audiométrie tonale, l'audiométrie vocale,  
les mesures in vivo et le questionnaire APHAB,  
chez des patients déjà appareillés**

Mémoire soutenu  
en vue de l'obtention  
du diplôme d'état d'audioprothèse

Par GOBBÉ Solenne

Année 2011

Sous la direction de M. BERAHA ;  
Maître de mémoire

## REMERCIEMENTS

---

Je tiens à remercier très chaleureusement M. BERAHA Jean-Paul pour l'enseignement apporté ainsi que pour son savoir faire, son expérience et son professionnalisme transmis. Et surtout, je le remercie de sa confiance et de l'autonomie qu'il m'a accordées.

Je tiens à remercier :

- M. MACCIONI Philippe pour son accompagnement lors de mon arrivée. La confiance qu'il m'a témoignée en me permettant de suivre ses patients dans le cadre de ce mémoire. Je mesure le bénéfice recueilli lors de nos nombreuses discussions.
- Mme BERAHA Geneviève pour son soutien, sa bienveillance et son implication dans toutes les situations.
- Toute l'équipe, les assistantes, Ludivine, Virginy, Virginie et le technicien, Emmanuel pour leur gentillesse, leurs conseils, leur disponibilité et leur aide dans la réalisation de ce mémoire.
- Les patients pour leur adhésion à ma démarche, leur disponibilité, et les échanges si fructueux.
- Mes professeurs et toute l'équipe de l'école J E BERTIN pour leur accompagnement tout au long de mon parcours universitaire.
- Ma promotion qui a su conjuguer avec réalisme le verbe s'apprécier.
- Mme PHILIBERT Bénédicte qui m'a permis d'appréhender les statistiques.

Je terminerai par un très grand merci :

- À mes parents pour leur dévouement et leur collaboration tout au long de ces années d'études.
- À mon ami Éric qui a su avec bonheur m'encourager et me soutenir.
- À mes 3 plus proches amies, qui tout au long de mes études ont su me proposer des plages de détente si nécessaires pour mieux ensuite s'investir.

# TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION .....	- 1 -	
ÉTUDE THÉORIQUE .....	- 3 -	
<b>CHAPITRE I :</b>		
<b>Le RIC .....</b>		<b>- 4 -</b>
I. Description des appareils de correction auditive .....	- 4 -	
II. Historique .....	- 5 -	
III. Les chiffres .....	- 6 -	
IV. Le RIC .....	- 7 -	
A. Amplification .....	- 7 -	
B. Pics de résonance .....	- 8 -	
C. Larsen .....	- 9 -	
D. Effet d'autophonation .....	- 9 -	
E. Gain avant larsen .....	- 10 -	
F. Dimension .....	- 10 -	
G. Bande passante .....	- 11 -	
H. Facteurs physiques .....	- 13 -	
<b>CHAPITRE II :</b>		
<b>Moyen d'évaluation des appareils de correction auditive ..</b>		<b>- 15 -</b>
V. Audiométrie vocale : test d'identification phonémique par logatomes .....	- 15 -	
A. Explication schématique .....	- 16 -	
B. DRT = Diagnostic Rhyme Test .....	- 17 -	
C. Test de diagnostic par paires minimales .....	- 17 -	
D. Application au domaine de l'audioprothèse .....	- 18 -	
E. Test d'identification phonémique par logatomes .....	- 18 -	
VI. Mesure In-Vivo (MIV) ou REM (Real Ear Measure).....	- 19 -	
A. Matériel .....	- 19 -	
B. Etalonnage .....	- 19 -	
C. Les mesures .....	- 20 -	
VII. APHAB .....	- 21 -	
ÉTUDE CLINIQUE .....	- 24 -	
I. Rappel de la problématique .....	- 25 -	
II. Matériel et Méthode .....	- 25 -	

A.	Matériel .....	- 25 -
B.	Calendrier.....	- 26 -
C.	L'échantillon.....	- 28 -
D.	Étude croisée.....	- 29 -
E.	Les sujets .....	- 29 -
F.	Méthodes statistiques.....	- 32 -
III.	Résultats expérimentaux.....	- 34 -
A.	Audiométrie tonale .....	- 34 -
B.	Audiométrie vocale.....	- 39 -
C.	Mesure in-vivo .....	- 40 -
D.	Questionnaire APHAB : approche globale .....	- 41 -
E.	Questionnaire APHAB : approche par catégories.....	- 43 -
F.	Analyse statistique suivant la perte d'audition .....	- 49 -
<b>INTERPRÉTATION ET DISCUSSION.....</b>		<b>- 58 -</b>
I.	Tonale .....	- 59 -
II.	Vocale.....	- 61 -
III.	In vivo.....	- 62 -
IV.	APHAB .....	- 64 -
A.	Globale.....	- 64 -
B.	Par catégorie .....	- 65 -
V.	L'absence de différences significatives .....	- 67 -
VI.	L'avis des patients.....	- 67 -
VII.	Difficulté.....	- 70 -
VIII.	Ouverture .....	- 70 -
<b>CONCLUSION .....</b>		<b>- 71 -</b>

## BIBLIOGRAPHIE

## TABLE DES ILLUSTRATIONS

## TABLE DES ANNEXES

- Annexe 1 : Test d'Identification Phonémique par Logatomes
- Annexe 2 : Questionnaire APHAB
- Annexe 3 : Table des rangs signés de Wilcoxon
- Annexe 4 : Exemple du traitement d'APHAB sous Excel
- Annexe 5 : Données patients

## INTRODUCTION

L'audioprothésiste est un professionnel de la protection et de la correction auditive. Les progrès technologiques ont permis une amélioration en matière de miniaturisation. Ainsi, depuis quelques années l'audioprothésiste dispose d'un plus grand choix d'appareils de correction auditive. Il espère ainsi toucher une plus large population de malentendants, mieux répondre aux attentes de ses patients et présenter des appareils plus *attractifs*.

J'ai pu remarquer lors de mes précédents stages, la place importante de l'appareil RIC (Receiver In The Canal), aussi bien dans le cas de renouvellement que de première adaptation.

Les indications en sa faveur sont (liste non exhaustive):

- Une perte auditive non sévère
- Un conduit suffisamment large
- Une sécrétion de cérumen et de sueur qui ne soit pas trop excessive
- Une demande de discrétion de la part du patient
- Un patient minutieux
- Un patient ayant une aisance de manipulation suffisante

Toutes ces indications sont, bien entendu, à prendre en considération. Mais l'appareil RIC donne-t-il de meilleurs résultats audiolinguistiques que l'appareil BTE (Behind The Ear), à réglage logiciel identique et comment le patient, déjà appareillé, ressent-il ces deux appareils ?

Pour tenter d'y répondre, nous étudierons dans une première partie quelques données générales concernant le RIC que nous compléterons d'une comparaison théorique BTE/RIC. Et enfin nous passerons en revue les différents tests utilisés dans le cadre de cette étude.

Puis, la seconde partie sera consacrée à l'étude clinique avec des données sur le matériel et le protocole ainsi que l'échantillon recruté, pour finir sur l'analyse statistique des résultats.

Et enfin, nous clôturerons sur une interprétation et une discussion de cette étude.

# ÉTUDE THÉORIQUE

# CHAPITRE I :

## Le RIC

### I. Description des appareils de correction auditive

Le fonctionnement des appareils de correction auditive (ACA) repose sur quatre composants électroniques :

- Le ou les microphones. Ce sont des transducteurs qui transforment un signal acoustique en un signal électronique.
- Le microprocesseur qui comprend l'amplificateur, les filtres, le CAN (convertisseur analogique/numérique), le DSP (Digital Sound Processeur).
- L'écouteur. C'est également un transducteur qui transforme un signal électronique en un signal acoustique.
- La pile qui est la source d'alimentation. C'est un dispositif électrochimique qui transforme l'énergie d'une réaction chimique en énergie électrique.

Ces éléments peuvent être disposés différemment au sein de l'oreille externe ce qui nous donne trois concepts d'appareil :

- Intras : toute l'électronique est placée dans la conque et/ou le conduit auditif externe (CAE).
- BTE (Behind The Ear) ou RITA (Receiver-In-The-Aid). Cette catégorie regroupe les contours tubes fins et tubes standards (un tube de diamètre de 1.9mm).
- RITE (Receiver In The Ear) ou RIC (Receiver In The Canal) ou CRT (Canal Receiver Technology). L'écouteur est placé dans le conduit auditif externe (CAE) et il est relié par un câble à l'ensemble microphone(s)/microprocesseur.



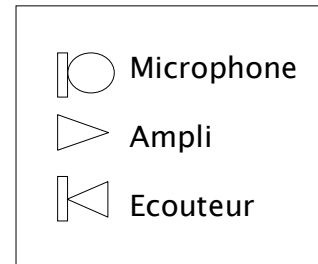
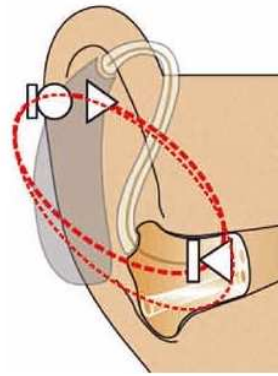


Figure 1 : schéma d'un RIC [1]

Cette « catégorisation » se base sur l'électronique de l'ACA et non sur l'acoustique de l'embout. En effet, nous ne parlons pas des Opens.

## II. Historique

Dès les années 1970, les premiers instruments à écouteur externe, placés dans le CAE sont créés en Australie [1].

Le RIC, tel qu'on le connaît de nos jours, a connu un grand essor à la suite du PAC (Post Auricular Canal ou Processeur Auditif Canal) de SeboTek. Ce dernier est distribué en France par Biotone et présenté au congrès des audioprothésistes en 2005. [2]

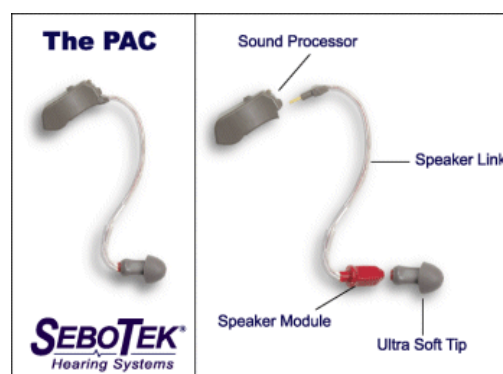


Figure 2 : le PAC de Sebotek [2]

Deux ans plus tôt (2003), le Freestyle (du fabricant Sonic Innovation) distribué en France par ISO SONIC, est présenté en ce même lieu. [3][4]

Il est composé d'un tube en titane contenant l'écouteur et une bague anti-cérumen qui se positionne dans le CAE et d'un coude flexible à mémoire de forme.



Figure 3 : le RIC Freestyle de Sonic innovation [4]

### III. Les chiffres<sup>1</sup>

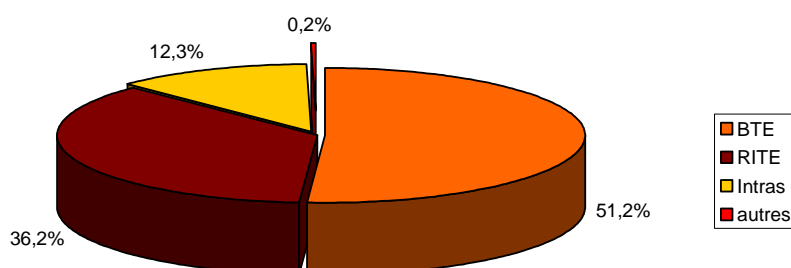


Figure 4 : part de marché des différents ACA, au 1<sup>er</sup> trimestre 2011

Le BTE est toujours l'appareil le plus vendu, mais le RIC représente tout de même un tiers des ventes.

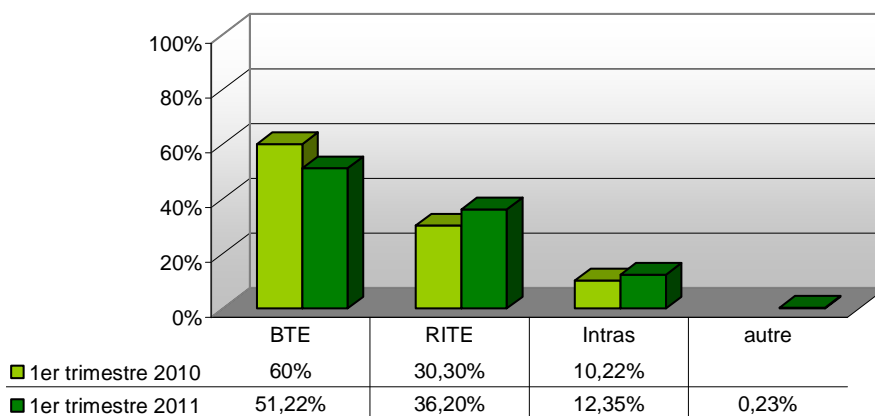


Figure 5 : % des ventes des différents ACA sur 2 trimestres

Entre le premier trimestre 2010 et celui de 2011, nous pouvons souligner une baisse du BTE en faveur du RIC et de l'Intra de 8.78 points.

<sup>1</sup> Chiffre du SNITEM « syndicat national de l'industrie des technologies médicales »

## IV. Le RIC

De nombreuses idées, plus ou moins exactes, circulent sur le RIC par rapport au BTE. Nous allons commencer par les énumérer pour ensuite les analyser plus en détail.

### *Avantages :*

- Il est plus discret grâce au câble et à ses petites dimensions
- Il possède une bande passante plus large
- Il permet d'appareiller également des pertes importantes
- Il possède une plus grande distance microphone/écouteur ce qui diminue l'effet Larsen
- La courbe de réponse en fréquences présente moins de pics de résonance
- A réglage identique, il apporte plus de gain car il y a une diminution du volume résiduel, dans le CAE.

### *Inconvénients :*

- Il n'est pas adapté à tous les conduits auditifs externes (diamètre+sécrétion)
- Il est moins solide
- Il présente des problèmes de manipulation pour certains sujets
- Il est moins fiable
- Il ne possède pas de bobine

## A. Amplification

Le niveau de sortie d'un appareil auditif est directement lié à l'écouteur. Comme nous l'avons déjà indiqué, l'écouteur est un transducteur. Pour assurer cette fonction, il possède une membrane qui transforme les impulsions électriques en variations de pression d'air. L'écouteur a donc une limite imposée par l'amplitude maximale des mouvements physiques de la membrane.

Si on désire augmenter cette amplitude, il existe deux solutions :

- La première réside dans l'augmentation de taille du boîtier de l'écouteur. Or il ne peut pas être trop important car il devra être placé dans le conduit auditif externe.
- La deuxième passe par une alimentation plus importante et donc une pile de volume supérieur, ce qui va augmenter la taille du boîtier du contour. Le RIC risque alors de perdre en discrétion. [1] [5]

Au vu de ces restrictions d'amplification, le RIC ne semble pas être préconisé dans l'appareillage des pertes importantes. [5] *Ceci serait à étudier avec les derniers RIC à écouteur surpuissant mis sur le marché.*

Une plus grande amplification peut être obtenue par l'intermédiaire du volume résiduel du conduit auditif externe.

L'une des idées reçues sur les RIC est que son insertion, par rapport au BTE, est plus profonde dans le CAE. Ainsi, il y a une diminution du volume résiduel et donc une augmentation du niveau de pression acoustique. [1]

Ceci est exact, mais les auteurs KUK et BAEKGAARD [5], apportent un correctif. En effet, l'insertion profonde du RIC peut très bien être reproduite avec l'embout d'un BTE. Le RIC ne permet donc pas, « en soi », d'appareiller des pertes plus importantes.

## **B. Pics de résonance**

Dans un RIC, le son est délivré directement dans le conduit auditif externe, tandis que pour un BTE, le son est acheminé via un tube. Des pics de résonance apparaissent alors en sortie du tube, ce qui altère la qualité sonore et donc la compréhension. [1].

Cette notion est confirmée par KUK et BAEKGAARD [5]. Dans un montage BTE, la courbe de réponse présente 3 pics caractéristiques (1000, 3000 et 5000 Hz). Tandis que dans un montage RIC la courbe est lissée.

## **C. Larsen**

« L'effet larsen est une oscillation du son créée par la fuite des sons amplifiés au niveau de l'écouteur vers le microphone. Ce son est ré-amplifié en une boucle sans fin, provoquant un sifflement particulièrement fort et gênant dans l'aide auditive ».

L'effet larsen peut être dû aux pics de résonance et à la présence d'un tube, qui peut provoquer des fuites du son. [1]

Mais surtout, le gain et la faible distance microphone/écouteur sont les deux principales causes. [1] Le problème de la distance semble donc être écarté avec le RIC. [6].

Or, comme le souligne KUK et BAEKGAARD [5], la distance microphone/ouverture écouteur est égale à la distance microphone/ouverture de l'embout. Donc, on ne peut pas nécessairement conclure sur une diminution du larsen induite par le montage RIC, surtout si on admet que certains RIC présentent une bande passante étendue.

De plus, les algorithmes de suppression de l'effet larsen, dont bénéficient les BTE, sont de plus en plus puissants et permettent une augmentation du gain disponible avant larsen.

## **D. Effet d'autophonation**

« L'autophonie (en anglais : occlusion effect) est le résultat de la création d'énergie acoustique par la vibration des parois du conduit auditif externe, en réponse à un signal en conduction osseuse » [7]

Quand nous parlons, l'énergie est transmise au crâne par conduction osseuse et une partie des basses fréquences sont transmises aux tissus fibreux et cartilagineux du CAE. Ces 2 sources d'oscillations vibrent en opposition de phase, ce qui entraîne une pression acoustique plus ou moins importante dans le CAE. Or, si ce dernier est bouché par un embout, les variations de pressions acoustiques vont se diriger vers le tympan d'où une augmentation du volume sonore.

Pour remédier à cet effet, l'une des solutions est d'insérer plus profondément l'embout dans CAE. De plus, un RIC présente différentes tailles d'écouteur, qui peuvent, peut être, influencer l'autophonation.

VASIL-DILAJ et CIENKOWSKI [8] ont testé cet effet avec différentes tailles d'écouteur de RIC. Les 30 testeurs prononçaient le phonème / *i* /. La comparaison, avec et sans ACA, passait par la mesure REM (Real Ear Measure) et par l'utilisation d'une échelle subjective pour connaître le ressenti des patients. L'autophonation mesurée acoustiquement confirme qu'elle est plus importante pour les écouteurs de grande taille. Mais il y a peu ou pas de corrélation entre ces mesures et le ressenti des testeurs. Et dans les deux types de mesures, l'autophonation a été mineure. Les auteurs en ont donc conclu qu'en absence de relation significative, il peut ne pas y avoir de lien entre les mesures acoustiques de l'autophonation et le ressenti patient.

## **E. Gain avant larsen**

Selon HOEN et FABRY [1], cette notion est dépendante de 4 facteurs: autophonation, larsen, gain et événement.

Pour diminuer l'autophonation, l'écouteur est inséré assez profondément, ce qui réduit le volume résiduel et par conséquent augmente le gain. [1] Selon ces auteurs, le RIC permet un gain plus important avant larsen.

Ceci est confirmé par une étude de ALWORTH, PLYLER, REBER et HOHNSTONE datée de 2010 [6]. Elle compare RIC et BTE (mais en appareillage Open) et met en évidence que le gain maximum avant larsen est significativement plus élevé dans la gamme 4000-6000 Hz avec le RIC.

## **F. Dimension**

Dans le RIC, l'écouteur est hors du boîtier, cela permet de gagner de la place et donc de diminuer ses dimensions [1] Cette affirmation est de moins en

moins vraie depuis l'apparition des mini-contours. Bon nombre d'entre eux, ne possèdent plus de bobine, ou de bouton poussoir ce qui a permis de réduire leur dimension. Certains vont même plus loin et utilisent une pile 10. [5]

Pour que le boîtier d'un RIC présente des dimensions inférieures à un mini-contour, il faudrait diminuer la taille du microprocesseur, et/ou repenser l'organisation des éléments. [5]

Mais, n'oublions pas que les mini-contours peuvent être montés avec un tube traditionnel. A ce niveau de l'appareil, le RIC gagne donc en discrétion.

### G. Bande passante

Les appareils RIC ont la particularité de présenter une bande passante plus large. [1]. Si la comparaison se porte sur un même fabricant, alors cette idée est valable. Mais les auteurs KUK et BAEKGAARD nous font remarquer que si on compare les fabricants, il y a des nuances à apporter. [5]

	Manufacturer #1			Manufacturer #2			
	A	B	C	A	B	C	D
BTE power			100-6200				100-6300
BTE			100-6800	100-8000			130-6900
Open			100-7900				130-6900
RITE	100-7900	100-6900	100-7900	100-9000	100-7800	100-6000	
ITE			100-6400	100-8500			100-7300
CIC			100-6400	100-9200			100-7300
Manufacturer #3				Manufacturer #4			
	A	B		A	B	C	D
BTE power	100-5000	150-6000		100-5900	100-5790		
BTE	130-5800	100-6300		100-6200			
Open		110-6500		100-5900			100-7600
RITE	100-5800					160-6500	
ITE		130-6000		100-6330			
CIC		130-6000		100-5740			
Manufacturer #5			Manufacturer #6				
	A	B	C	A	B		
BTE power				200-6400	80-4400		
BTE	200-5100		200-6500	200-5000	200-6400		
Open		200-5600		200-5800			
RITE				200-7600			
ITE	200-5400		200-7500	200-6000			
CIC	200-5600		200-7500	200-7000			

Figure 6 : réponses en fréquence des différents modèles d'aides auditives de fabricants. [5]

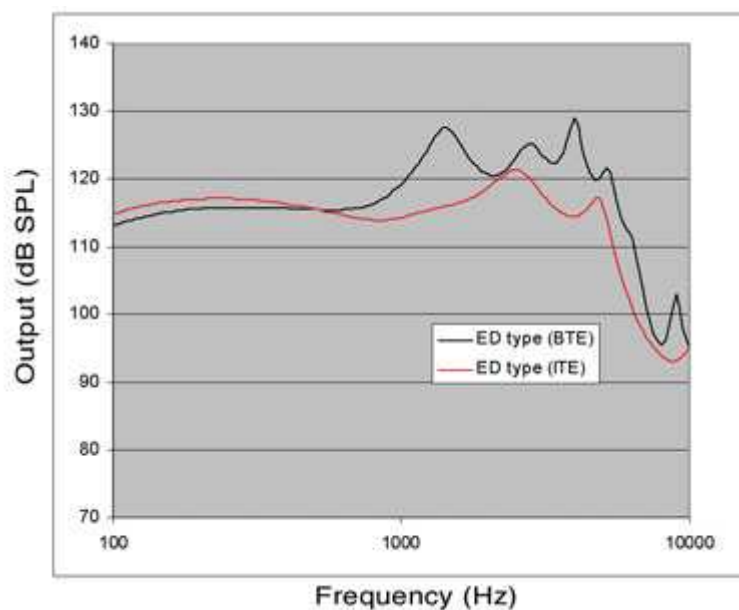
Pour le fabricant #6 par exemple, le RITE dispose bien d'une bande passante plus large que les autres ACA.

En revanche, ce même RIC présente une bande passante inférieure au RIC du fabricant #2, elle même inférieure à la bande passante de l'ensemble des produits du fabricant #2.

*(Cette étude n'apporte pas de précision sur les chiffres de ce tableau ; nous ignorons la norme des mesures et nous ne savons pas s'il s'agit des données fabricants.)*

Ils ont poursuivi leur recherche à l'aide d'un écouteur Knowles ED (écouteur type BTE) en utilisant le même microprocesseur et la même amplification, sur 2 montages différents :

- Dans le premier, l'écouteur est monté sur un ACA type BTE avec un tube
- Dans le deuxième, il est monté sur un ACA ITE (In The Ear = intras). Ce montage imite l'écouteur directement dans l'oreille, et donc le RIC.



**Figure 7 : Différences entre l'écouteur ED configuré comme un contour et le même configuré comme un appareil auditif ITE. [5]**

Les résultats illustrent l'absence de différence sur les largeurs de bande. Les auteurs concluent que l'utilisation d'un écouteur, initialement prévu pour le BTE, en montage ITE (pour simuler le RIC) n'induit pas une augmentation de largeur de bande passante. Ainsi, le RIC ne « garantit » pas une augmentation de la bande passante. Un écouteur avec bande passante plus large, doit être conçu spécifiquement pour le RIC.



## H. Facteurs physiques

A ce niveau, le RIC présente des limites. En effet, il n'est pas adapté à tous les volumes de CAE. Il faut également vérifier la production de cérumen sécrété par le patient. [6]. Un soin doit être apporté au nettoyage des embouts des RIC ainsi qu'à l'écouteur, pour limiter son endommagement. [5] Mais, le changement pour les RIC, d'un écouteur endommagé est facilement réalisable dans les centres d'audioprothèse.

---

Pour terminer, il peut être intéressant de revenir sur l'étude de ALWORTH, PLYLER, REBER et HOHNSTONE [6], qui par certaines grandes lignes, se rapproche de l'étude clinique qui suit.

Elle a comparé, à l'aide de tests audiométriques et du questionnaire APHAB, le BTE et RIC. Cette enquête diffère de ce travail car le montage des appareils est de type Open (et non sur des embouts sur mesure).

Les auteurs ont souhaité tester l'autophonation, le gain maximum avant larsen, la perception de la parole dans le bruit et dans le calme. Et pour finir, ils se sont basés sur le questionnaire APHAB pour connaître les performances subjectives et les préférences des testeurs.

25 sujets, présentant une surdité de perception de légère à moyenne dans les hautes fréquences, ont été recrutés. 15 personnes n'avaient pas d'expérience avec l'appareillage Open, et 10 personnes en avaient déjà une. L'expérience était bilatérale. Pendant 6 semaines, l'essai se faisait avec un des types d'ACA (BTE ou RIC) puis le test se poursuivait pendant 6 autres semaines avec l'autre catégorie d'appareil.

Les appareils étaient programmés d'après NAL-NL 1, les traitements du signal étaient identiques, et enfin réducteur de bruit et microphone directionnel ont été désactivés.

Concernant les 4 tests de la parole utilisés (HINT<sup>2</sup> HFWL<sup>3</sup> CST<sup>4</sup> ANL test<sup>5</sup>), les différences entre le RIC et le BTE ne sont pas significatives.

Le test APHAB, n'a pas donné de différences significatives dans la comparaison des deux ACA. Mais les auteurs ont indiqué « une cote de satisfaction » significativement plus élevée pour le RIC. En effet, les patients déjà appareillés ont préféré l'apparence, le maintien, le confort et la clarté du discours avec le RIC. Quant aux patients nouvellement appareillés, ils soulignent une plus grande satisfaction avec ce même ACA.

---

<sup>2</sup> HINT=the hearing in noise test

<sup>3</sup> HFWL=the high frequency word list

<sup>4</sup> The connected speech test

<sup>5</sup> The acceptable noise level

## **CHAPITRE II :**

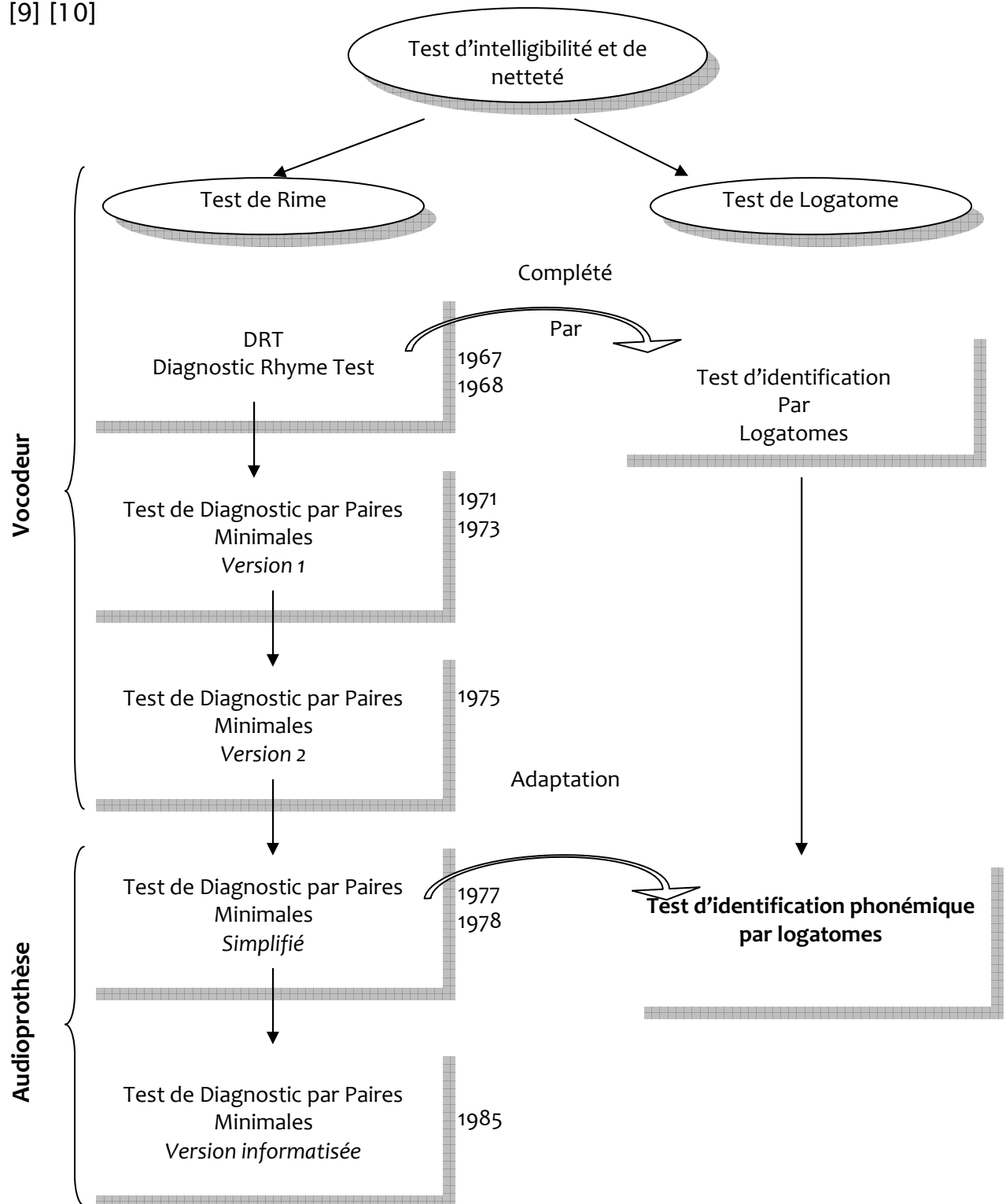
### **Moyen d'évaluation des appareils de correction auditive**

---

#### **V. Audiométrie vocale : test d'identification phonémique par logatomes**

## A. Explication schématique

[9] [10]



## **B. DRT = Diagnostic Rhyme Test**

Cet examen permet de tester la netteté d'un vocodeur<sup>6</sup> et a été élaboré par W.D VOIERS. Il permet l'évaluation de la parole de synthèse. Ce test se base sur les traits distinctifs : les premières consonnes de chaque mot diffèrent par leurs traits phonétiques. Le but est donc de vérifier si l'auditeur identifie correctement les consonnes initiales. Il choisit entre deux mots qui riment. Cette épreuve utilise huit voyelles et comptabilise 192 mots. [11]

Les traits distinctifs testés sont :

- Voisé/non voisé
- Grave/aigu
- Compact/diffus
- Interrompu/non interrompu
- Vocalique/non vocalique
- Nasal/oral
- Strident/mat

Ce système, adopté par VOIERS, correspond à la matrice taxinomique de JAKOBSON<sup>7</sup>.

## **C. Test de diagnostic par paires minimales**

### *Version 1*

Il s'agit de l'adaptation au français du DRT par ROSSI et PECKELS. Ce protocole permet d'établir un diagnostic et ne se limite pas à un pourcentage de réponse. L'objectif final est d'essayer d'améliorer le circuit d'un vocodeur au vu des résultats.

---

<sup>6</sup> Dans un système informatique, organe d'analyse des sons permettant la synthèse de réponses vocales. *Le Petit Larousse 1998*, p1073

<sup>7</sup> Jakobson R., Fant C. G. M., Halle M., 1952., *Preliminaries to speech analysis*. Cambridge, MA: MIT Press

Le trait strident/mat a été supprimé. En effet, ce n'est pas une caractéristique phonétique essentielle de la langue française. [12]. Le test présente 432 mots en choix forcé à l'auditeur.

#### *Version2*

Dans cette version, la distinction vocalique/non vocalique est supprimée.

### **D. Application au domaine de l'audioprothèse**

Les tests phonétiques et notamment le test cochléaire de LAFON, sont basés sur le phonème. Cet examen manque de justesse car la mesure est basée sur le phonème et non sur les traits distinctifs. Pour pallier cette limite, ROSSI a proposé d'adapter le Test de Diagnostic par Paire Minimale. Ainsi, l'audioprothésiste disposerait, pour plus de précisions, d'un test de mesure des composantes du phonème, à savoir les traits distinctifs et non plus seulement le phonème. Cette transposition a été réalisée par BERAHA et FONTANEZ.

Cette version du test comporte 60 mots. Suite à de nombreuses expériences et études statistiques, le nombre de mots s'est réduit à 40. C'est cette version, qui en 1985, a été informatisée.

### **E. Test d'identification phonémique par logatomes**

Logatome, définition: « association inséparable de sons prononçables d'une seule émission de voix » [11]. C'est un mot de structure syllabique identique à la langue d'origine mais non chargé de sens.

Les listes de logatomes sont, au départ, issues des recommandations du CCITT<sup>8</sup> et découlent de l'Espéranto. Elles sont utilisées pour compléter le DRT car le test d'identification par logatomes présente une meilleure sensibilité.

En 1985, ROSSI et BERAHA, combinaient le test de logatomes et la dernière version du Test de Diagnostic par Paire Minimale pour mettre en place le Test d'Identification Phonémique par Logatomes. C'est ce test qui est utilisé pour l'audiométrie vocale dans cette étude. [Annexe 1]

---

<sup>8</sup> CCITT : Comité Consultatif International Télégraphie et Téléphonique

## VI. Mesure In-Vivo (MIV) ou REM (Real Ear Measure)

Les premières méthodes d'in-vivo utilisaient un support rigide, ce qui présentait un risque pour le patient testé. Dans le milieu des années 80, les premières sondes en silicones flexibles sont apparues. Cette évolution technique a permis une expansion de cette méthode. [13]

La technique REM est une méthodologie objective. Elle permet de mesurer, directement devant le tympan, la pression acoustique en y associant la morphologie du CAE et celle de l'embout (comme sa longueur, son évent...)

### A. Matériel

Il est composé de 4 principaux éléments illustrés sur cette figure

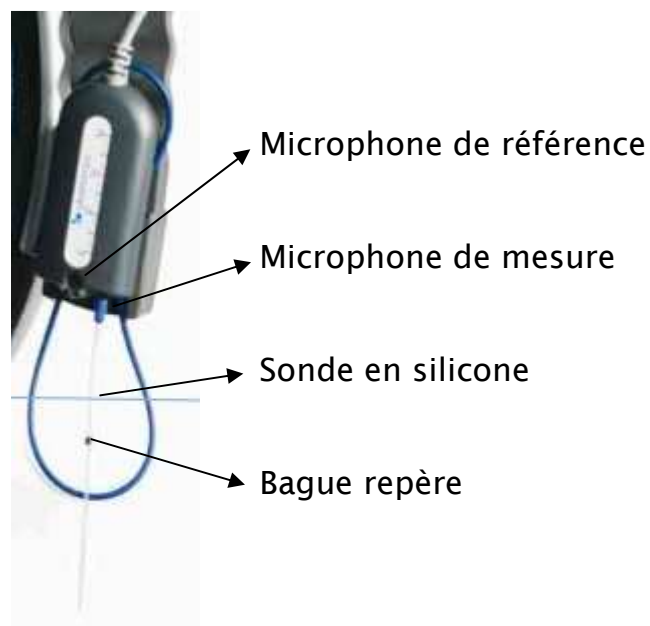


Figure 8 : matériel REM

### B. Etalonnage

La sonde est placée directement dans le CAE entraînant une atténuation des fréquences aiguës qui se corrige par la procédure d'étalonnage. Cette action doit accompagner chaque changement de sonde. Or, pour des raisons d'hygiène évidente, la sonde doit être changée à chaque patient. L'étalonnage doit donc être refait systématiquement.

## C. Les mesures

La compréhension des mesures REM s'appuie sur 4 points

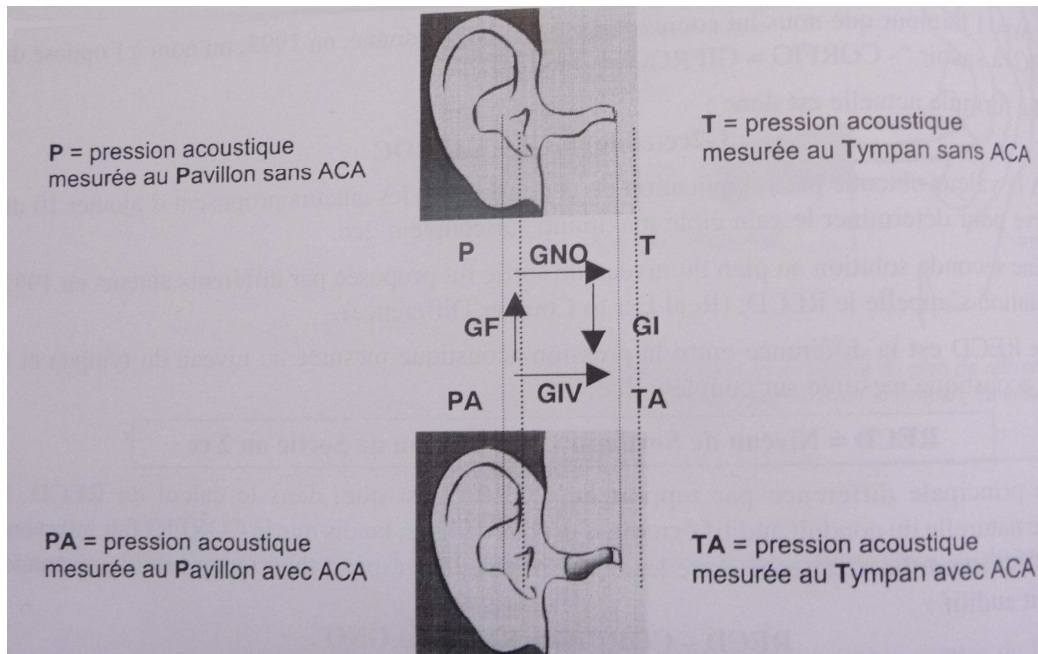


Figure 9 : illustration des 4 points de mesures [13]

De là, il est aisé de saisir les valeurs utilisées en REM.

Terminologie française	Abréviation et valeurs	Terme anglo-saxon
Gain Natural de l'Oreille	$GNO = T - P$	REUR=Real Ear Unaided Response
Gain In Vivo Gain Prothétique In Vivo	$GIV = GPIV = TA - PA$	REAR=Real Ear Aided Response
Gain d'Insertion	$GI = TA - T$	REIR=Real Ear Insertion Response
	$REOR = TA \text{ (sans piles) - PA}$	REOR=Real Ear Occluded Response
Gain Fonctionnel	$GF = P - PA$	FG=Functional Gain

Pour obtenir ces données, le praticien doit placer la sonde à environ 5mm après la sortie de l'embout et entre 3 et 5 mm du tympan.



De plus, « pour un même patient, des mesures in vivo ne sont comparables que si elles sont réalisées avec des courbes de GNO identiques » [DODELÉ L., 1999]

## VII. APHAB

APHAB est l'initial de « Abbreviate Profile of Hearing Aid Benefit ». Il a été mis au point au laboratoire de recherche sur la correction auditive de l'université de Memphis (USA), par l'équipe de Robyn M. COX en 1995. [14] [annexe 2]

C'est un questionnaire d'auto évaluation comportant 24 questions. Il permet de fournir une standardisation, dans le but de quantifier les difficultés d'un patient souffrant d'une perte d'audition.

Il est issu de précédents travaux :

- Nous trouvons tout d'abord, en 1990, le questionnaire PHAP (Profile of Hearing Aid Performance). Ce test se base sur l'expérience d'un patient appareillé. Il comporte 66 items divisés en 7 catégories que l'on peut regrouper en 2 grands groupes. Le premier porte sur les difficultés à communiquer et le second, sur les sons gênants du quotidien.
- Puis, ce questionnaire a évolué pour devenir PHAB (Profile of Hearing Aid Benefit) [14] [15] en 1991. Dans cette version, on s'intéresse toujours au patient portant ces aides auditives mais aussi à l'aspect sans appareil auditif. Ainsi, il est possible de faire une comparaison sans/avec pour aboutir à une vision plus globale de l'apport (ou non) des ACA.
- Et enfin, en 1995, pour faciliter la pratique quotidienne du clinicien, l'équipe n'a gardé que 24 points, donnant ainsi naissance au questionnaire APHAB.

Comme nous venons de le dire, APHAB comporte 24 affirmations, regroupées en 4 catégories, soit 6 questions pour une catégorie, rangées de manière aléatoire dans le questionnaire.

Les catégories sont :

- **Facilité de communication**, (on note FC) ; version anglaise, EC=Ease of Communication. Cette catégorie est relative aux situations de communications favorables
- **Réverbération** (RV) ; RV=Reverberation. Ce point aborde la communication dans une pièce réverbérante
- **Bruits ambiants** (BA) ; BN=Background Noise. On s'intéresse à la compréhension dans un environnement présentant un bruit de fond
- **Sons indésirables** (SI) ; AV=Aversiveness. Cet item porte sur les sons gênants du quotidien

Pour chaque question, le patient dispose de 7 réponses possibles, suivies d'un pourcentage pour le guider.

- A** Toujours (99%)
- B** Presque Toujours (87%)
- C** En général (75%)
- D** La moitié du temps (50%)
- E** Parfois (25%)
- F** Rarement (12%)
- G** Jamais (1%)

Figure 10 : réponses possibles au questionnaire APHAB [11]

Certaines questions sont inversées. Pour comprendre, prenons un exemple.

« Les bruits de la circulation sont trop forts. » si le patient répond A, cela signifie « toujours » ; il a donc des difficultés.

« Quand je suis dans un supermarché plein de monde et que je parle avec la caissière, j'arrive à suivre la conversation. » si le patient répond à nouveau A, il se trouve dans une situation favorable. Nous avons donc bien à faire à une question inversée. Ceci permet de maintenir le testeur dans une situation de concentration et d'attention.

Ce questionnaire permet quatre applications possibles :

- Prévoir les résultats prothétiques grâce aux réponses « sans appareil »
- Comparer différents ACA
- Evaluer l'appareillage
- Quantifier le bénéfice

La deuxième application a été utilisée pour ce mémoire. Nous allons donc la détailler.

L'équipe de Memphis préconise de laisser le sujet porter un premier ACA pendant une « période raisonnable (2 semaines par exemple) » [14]. Puis le sujet remplit la partie *avec ACA* du questionnaire. Et on renouvelle avec le deuxième appareil que l'on souhaite tester.

Cette comparaison doit répondre à certains critères pour aboutir à une différence significative et n'est valable que pour un même patient, avec appareils. Les 2 règles énumérées ci dessous, nous donnent un risque d'erreur de 10%.

1) Il est possible de comparer une même catégorie pour deux ACA. Par exemple la catégorie BA entre l'appareil X et l'appareil Y. Dans ce cas, la différence sera significative si, pour cette catégorie, la différence entre les deux ACA est au moins supérieure à 22 points (ou supérieur à 31 points pour la catégorie SI).

2) Si l'étude est plus globale, alors, la différence sera significative, si, avec un des appareils, les catégories FC, RV et BA, sont supérieures d'au moins 5 points. Lorsque la différence est de 10 points, le risque d'erreur passe à 4%

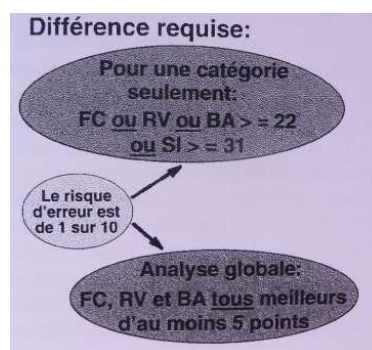


Figure 11 : règles de comparaison des scores APHAB avec appareil pour un même patient [11]

# ÉTUDE CLINIQUE

## I. Rappel de la problématique

Cette étude est basée sur la comparaison entre le BTE et le RIC et a pour finalité le bénéfice patient. Dans cet objectif, nous allons utiliser les mesures Tonales, Vocales, In-Vivo et le questionnaire APHAB. Nous cherchons à montrer la présence, ou l'absence, de différences significatives à chacun de ces tests, pour ces 2 ACA.

Pour ce faire, le réglage des ACA au logiciel fabricant, l'embout, le traitement du signal et le microprocesseur sont tous identiques.

## II. Matériel et Méthode

### A. Matériel

Les tests ont été réalisés au laboratoire de M. BERAHA (270 av Maréchal Foch 83000 TOULON). Toutes les mesures ont été réalisées dans une cabine insonorisée aux normes (selon le décret n° 2004-802 du 29 juillet 2004). Le volume de la cabine est supérieur à 15m<sup>3</sup> et présente un temps de réverbération inférieur à 0,5 seconde à la fréquence de 500Hz, ainsi qu'un niveau de bruit n'excédant pas 40 dBA.

Les tests sont réalisés sur un PC LENOVO ThinkCentre

Il y a 3 types d'enceintes :

- Bose ; acoustimas 10
- Jamo
- Fostex

Les mesures tonales et vocales sont réalisées sous Aurical Plus et les mesures in-vivo avec Aurical Freefit du fabricant GN Otometrics. (*Ces tests, pour l'ensemble, passent par le Logiciel Amplifon « Noah Engine ».*)

Concernant les mesures vocales, le Test d'identification phonémique par logatomes (élaboré par BERAHA) a été utilisé. Ce test ne dispose pas de transcription sur support audio (type CD). Pour permettre à chaque patient de le passer dans les mêmes conditions, nous avons fait le choix de pratiquer un enregistrement sous Audacity 1.2.6.

L'oralisation des logatomes passe par un contrôle du VU-mètre (Volume Units meter) et par une correcte prosodie. Cette prosodie doit être identique à chaque logatome. Pour parvenir à ce but, un entraînement par phrase porteuse de type « il a dit [a s a] quand il a parlé » a été nécessaire.

## B. Calendrier

**Etape n°0** → Sélection des patients suivant les critères d'inclusions.

Envoi d'un courrier explicatif, dans un premier temps.

Appel téléphonique, dans un deuxième temps.

**Etape n°1** → Otoscopie

Explication de ma démarche

Audiométrie tonale oreilles nues : seuil d'audition (par émission croissante).

Audiométrie vocale (test d'identification par logatomes), oreilles nues

Empreintes

Choix des deux aca (A et B)

**Etape n°2** → Otoscopie

Réglages et mise en place de l'aca

Tests réalisés : -audiométrie tonale  
C'est à dire seuil liminaire  
-audiométrie vocale

REM : mesure de la REUR, REOR, REIR.

Remise du questionnaire APHAB

} ACA A

*Le patient teste pendant 1 semaine*

### **Etape n°3**→ Otoscopie

Réglages et mise en place de l'autre aca

Tests réalisés : - audiométrie tonale  
- audiométrie vocale

REM

Relever Data Logging de A

Remise du questionnaire APHAB pour ACA B

Reprise d'APHAB correspondant à ACA A

ACA B

*Le patient teste pendant 1 semaine*

### **Etape n°4**→ Reprise d'APHAB correspondant à l'ACA B

Relever Data Logging de B

Bilan général avec le patient.

**Etape n°5**→ Envoi d'un courrier de remerciement aux patients qui ont participé à cette étude.

### **Précision sur les rendez vous 2 et 3 :**

- L'audiométrie tonale est réalisée en champ libre, oreille séparée, avec les appareils, à l'aide de sons purs vobulés. L'unité est le dB HL.
- L'audiométrie vocale, avec le Test d'identification phonémique par logatomes, est effectuée en champ libre, bilatérale, oreilles appareillées, à un niveau de voix confortable soit 60dB SPL. La consigne donnée est toujours la même : « Vous allez entendre des mots sans signification, des mots qui ne veulent rien dire, veuillez répéter ce que vous avez entendu même si ce n'est qu'une partie du mot ». Ce test comporte 192 phonèmes. Pour la suite de l'étude, je me suis intéressée aux nombres de fautes avec les appareils. Une faute correspond à un phonème mal répété ou à une absence de réponse. Les phonèmes surnuméraires ne sont pas pris en compte. Initialement, ce test est une épreuve qualitative. Mais dans le cadre de ce mémoire, cette utilisation me semblait difficilement exploitable. En effet, l'absence de pourcentage, ne permet pas de tester statistiquement les différences.

- La REM est elle aussi à la même intensité, avec un signal ISTS (International Speech Test Signal) [16]
- Les rendez-vous des étapes 1 ,2 et 3 duraient 1 heure. Et celui de l'étape 4 durait 30 minutes.

Pour permettre une limitation des biais dans l'étude, certaines données sont identiques entre les deux appareils.

- L'embout sur mesure : il est le même pour les deux appareils. Il a simplement été retravaillé pour permettre l'insertion du tube standard ou de l'écouteur. Mais le diamètre de l'évent ou la longueur de l'embout ont été préservés.
- Les réglages logiciels : nous avons tenté de régler au plus près les deux ACA. Cela concerne le gain, la MPO, les traitements du signal, la compression...

## C. L'échantillon

### *Critères d'inclusion*

- patients appareillés entre le 01/01/2006 et le 31/12/2010.
- Patients porteurs d'un BTE ou d'un RIC en binaural
- Patients présentant une durée de port supérieure à 6h par jour.
- perte auditive : surdité de perception, sans limite ni supérieure, ni inférieure. L'objectif étant de tester l'ACA dans des conditions théoriquement limites d'utilisation.
- âge : adultes, seniors<sup>9</sup>, retraités.

### *Critères de non inclusion*

- Patient qui a porté l'ACA moins de 6h/jour
- Patient qui n'a pas (ou très peu) rempli le questionnaire APHAB
- Problème dans le réglage au logiciel : réglage identique entre les ACA impossible pour cause de larsen notamment.
- Patient qui n'a pas pu venir toutes les semaines

---

<sup>9</sup> « Personne âgée de plus de 50ans, jeune retraité. » ; Nouveau le Petit Robert, 1995, p 2071



## D. Étude croisée

=en anglais Cross-over Study

Le sujet teste un ACA A, exemple un RIC, pendant une semaine ; puis la semaine qui suit, il teste un ACA B, dans notre exemple un BTE. Cette alternance du dispositif auditif peut influencer les résultats. Pour y remédier, le protocole est basé sur le principe du cross-over.

Ainsi, l'échantillon total est divisé en deux groupes. L'alternance pour le premier groupe, que l'on nommera **groupe Orange**, sera BTE/RIC. Tandis que le deuxième groupe, **groupe Jaune**, ce sera RIC/BTE.

La désignation des patients dans chaque groupe provient d'un tirage aléatoire.

## E. Les sujets

70 sujets répondaient aux critères ci-dessus, ils ont donc reçu un courrier. La semaine suivante, je les ai contactés par téléphone pour répondre à leurs questions et connaître leurs réponses. A l'issue de cette étape, 33 patients ont accepté.

Parmi eux, 3 femmes sont venues au premier rendez-vous sans être finalement incluses au protocole, chacune pour des motifs différents :

- Mme G, patiente appareillée avec un RITE mais en montage Open
- Mme C ne pouvait pas se libérer toutes les semaines
- Mme B, patiente atteinte de troubles cognitifs

**Groupe Orange** (*alternance BTE/RIC*) n=15

- 4 femmes ; Moyenne d'âge = 76.7 ans
- 11 hommes ; Moyenne d'âge = 74.1 ans
- Moyenne d'âge de l'échantillon : 74.8 ans

**Groupe Jaune** (*alternance RIC/BTE*) n=15

- 7 femmes ; Moyenne d'âge = 65 ans
- 8 hommes ; Moyenne d'âge = 71.9 ans
- Moyenne d'âge de l'échantillon : 68.7 ans

Pour réaliser les statistiques de l'étude, 8 patients n'ont pas été comptabilisés, car je n'ai pas pu respecter le protocole avec eux.

**Groupe Orange** (5 patients non comptabilisés) :

- Avec 3 patients, lors de la mise en place du deuxième appareil ici le RITE (étape 3), nous avons un larsen important. Pour y remédier, je devais modifier les réglages, et ne plus respecter le critère *d'un réglage au logiciel fabricant identique* des 2 ACA.
- Avec une patiente, lors de la lecture du Data Logging à l'étape 3, le temps de port était de 3h/J à cause de douleurs avec l'embout nouvellement fabriqué.
- Et enfin, un dernier patient n'a pas été pris en compte dans les statistiques car lors des étapes 2 et 3, nous avons eu des problèmes techniques et notamment à la REM, un microphone de mesure défaillant.

**Groupe Jaune** (3 patients non comptabilisés)

- Suite à des changements de rendez-vous avec une patiente, nous n'avons pas pu finir avant la fin du stage.
- Avec 2 patients, comme précédemment, nous avons un problème de larsen lors de la mise en place du second appareil, ici le BTE.

**Comparaison des deux groupes :**

Les deux groupes sont comparables sur de nombreux points comme l'âge, le type d'ACA porté avant le test, la perte auditive. Les deux populations peuvent donc être cumulées, pour aboutir à n=22. Les tests statistiques sont ainsi plus puissants.

Ce qui nous donne de nouvelles données statistiques, détaillées dans ce tableau :

### Groupe cumulé n=22

- 6 femmes ; moyenne d'âge 74.8 ans
- 16 hommes ; moyenne d'âge 74.5ans
- 10 patients appareillés initialement avec un BTE
- 12 patients appareillés initialement avec un RIC

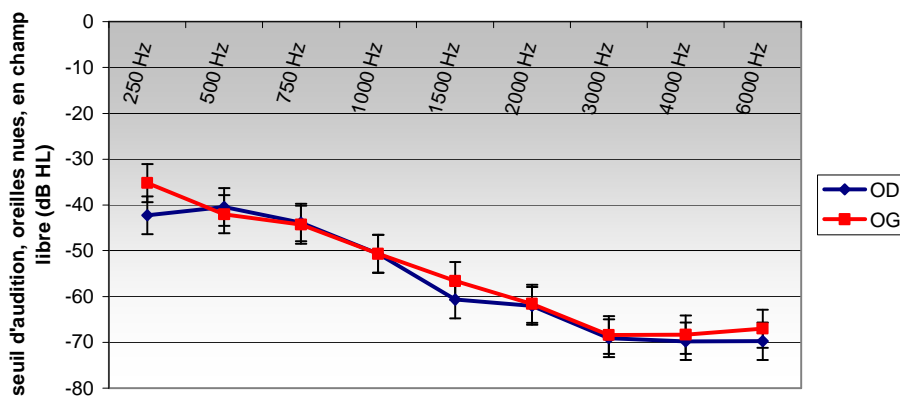
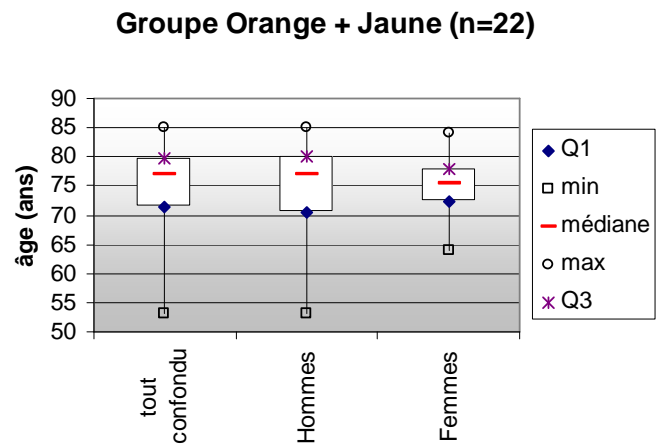


Figure 12 : seuil d'audition moyen

Nous constatons que la perte d'audition est à peu près identique entre l'oreille droite et l'oreille gauche et elle correspond à une surdité de perception bilatérale moyenne de groupe II selon le BIAP<sup>10</sup>.

NB : moyenne bilatérale = médiane bilatérale = 56dB HL

<sup>10</sup> BIAP =bureau international d'audiophonologie.

## F. Méthodes statistiques

L'ensemble des épreuves statistiques de cette étude sont testées pour un risque  $\alpha=0.05$ . Cette valeur alpha signifie : si l'effet est significatif (si on rejette  $H_0$ ), il y a 95% de chance qu'il ne soit pas dû au hasard.

Les calculs ont été effectués à l'aide de *macro free Excel*.

### 1) Boîtes à moustaches

Les « boîtes à moustaches »<sup>11</sup> également nommées Box Plot, nous renseignent sur 5 données :

- Q1 = 1<sup>er</sup> quartile =  $\frac{1}{4}$  de l'effectif à des valeurs  $<$  à Q1
- Min = minimum = Plus petite valeur obtenue
- Médiane = Valeur qui partage une série statistique en 2 parties de même effectif.
- Max = maximum = Plus grande valeur obtenue
- Q3 = 3<sup>ème</sup> Quartile =  $\frac{3}{4}$  de l'effectif à des valeurs  $<$  à Q3

Le calcul Max-Min nous donne l'étendue de la série statistique. Et Q3-Q1 équivaut à l'écart interquartile. Cet écart contient 50% des valeurs de la série. Sur les graphiques, cela correspond à la longueur des boîtes à moustache.

Légende : ♦ Q1 □ min — médiane ◻ max × Q3

### 2) Shapiro-Wilk

Ce test a été publié en 1965 par SHAPIRO et WILK. Il est utilisé pour vérifier si un échantillon suit une distribution normale. L'hypothèse nulle,  $H_0$ , est « l'échantillon est normalement distribué ». Connaître la distribution d'une population est essentielle car cela oriente le choix des tests à utiliser. En effet, si  $H_0$  est rejetée, alors on ne peut pas utiliser les tests paramétriques.

---

<sup>11</sup> John Tukey, 1977

J'ai testé la distribution des mesures Tonale et In-vivo. Pour de nombreuses fréquences, et sur les deux oreilles, l'échantillon n'est pas normalement distribué. Je me suis alors tournée vers les tests non paramétriques.

### 3) Approche des tests statistiques utilisés :

- Nombre d'échantillons : 2
- Type de variable : ordinale
- Type d'échantillon : apparié (=dépendant), c'est le cas lorsque nous procédons à des mesures répétées sur les mêmes sujets
- Type de tests : non paramétriques ; la distribution n'a pas besoin d'être normale et est adaptée aux petits échantillons.

### 4) Test de Wilcoxon

Le test de Wilcoxon est une adaptation à la comparaison de 2 moyennes, pour 2 échantillons appariés. Ce test permet de comparer deux mesures d'une variable quantitative effectuées sur les mêmes sujets. Il calcule les différences (positives et négatives), le traduit en rang, puis compare la distribution de la somme des rangs pour les deux échantillons, et estime la différence observée.

Dans ce test, l'hypothèse  $H_0$  est « la différence entre les 2 mesures est nulle »  
 $H_1$  est « la différence entre les 2 mesures diffère »

#### (a) Données du test :

- $n_{\min}=6$
- $\alpha$ : risque d'erreur
- $Sr^+$  : Somme des rangs positifs
- $Sr^-$  : Somme des rangs négatifs
- $T_{calculé}$ : Valeur test calculée à l'issue du test de Wilcoxon
- $T_{tableau théorique}$ : Valeur critique donnée par la table de Wilcoxon en dessous de laquelle on rejette  $H_0$  [Annexe 3]

- $p$  : « risque exact de se tromper », c'est le risque  $\alpha$  min qu'il aurait fallu fixer pour rejeter  $H_0$

Suivant les auteurs, la donnée  $T$  est aussi appelée  $W$ .

Si  $W$  calculé  $<$   $W$  tableau théorique



Alors on rejette  $H_0$  ; c'est-à-dire, il y a une différence significative.

### (b) Règle des ex-æquo

Comme nous l'avons dit précédemment, le test de Wilcoxon traduit en rang les données numériques. Si 2 données sont de même valeur, alors le rang sera attribué d'après une moyenne.

Exemple :

Valeurs rangées	7.96	8	8	8.07
Place	1	2	3	4
Rang moyen	1	2.5	2.5	4

Autre exemple :

Une valeur, (exemple 15.7) occupe les places 5, 6 et 7. En appliquant la règle des ex-æquo, on obtient le rang moyen de  $(5+6+7)/3=6$ .

Les ex-æquo jouent un rôle dans la taille de l'échantillon. En effet ils modifient la valeur  $n$ . Par exemple, dans un échantillon comprenant 20 sujets si le nombre d'ex-æquo est de 2 alors  $n_{\text{final}}=18$ .

## III. Résultats expérimentaux

### A. Audiométrie tonale

Les valeurs données pour le BTE et le RIC correspondent à la moyenne de la mesure tonale, à chaque fréquence et ce pour chaque ACA. L'unité est le dBHL. Les valeurs de  $p$  ont été tronquées. Une valeur négative=résultat BTE>résultat RIC

## 1) Oreille droite

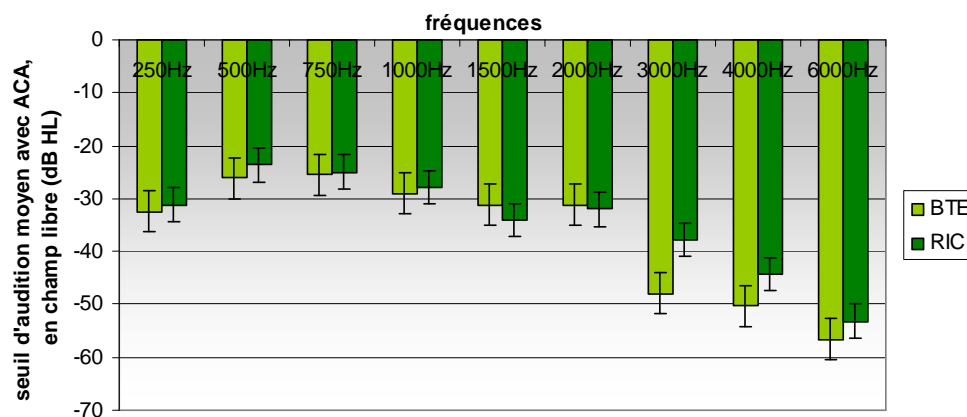


Figure 13 : audiométrie tonale moyenne, en champ libre, oreille droite appareillée (unité dB HL)

$f = 250\text{Hz}$

$n=8$

Nous constatons une différence entre le RIC et le BTE de 1.36 dB

BTE = -32.50

RIC = -31.14

Analyse d'après Wilcoxon :

W calculé= 8      donc

$p = 0.1520$

W calculé > W tableau théorique

On ne rejette pas  $H_0$ , la différence n'est pas significative.

$f = 500\text{Hz}$

$n=8$

Nous constatons une différence de 2.50dB entre le RIC et le BTE.

BTE = -26.14

RIC = -23.64

Analyse d'après Wilcoxon :

W calculé= 0      donc

$p = 0.0060$

W calculé > W tableau théorique

On rejette  $H_0$ , **la différence est significative.**

$f = 750\text{Hz}$

$n=16$

BTE = -25.45

Nous ne constatons aucune différence entre le RIC et

RIC = -25 le BTE de 0.45dB.

p = 0.8252

Analyse d'après Wilcoxon :

W calculé= 63.5 donc

W calculé > W tableau théorique

On ne rejette pas  $H_0$ , la différence n'est pas significative.

**f= 1000Hz**

n=12

Nous constatons une différence de 1.14dB entre le RIC et le BTE.

BTE = -29.09

RIC = -27.95

Analyse d'après Wilcoxon :

W calculé= 25 donc

W calculé > W tableau théorique

On ne rejette pas  $H_0$ , la différence n'est pas significative.

p = 0.2655

**f= 1500Hz**

n=14

Nous constatons une différence de -2.95dB entre le RIC et le BTE.

BTE = -31.14

RIC = -34.09

Analyse d'après Wilcoxon :

W calculé= 16.5 donc

W calculé < W tableau théorique

On rejette  $H_0$ , **la différence est significative.**

p = 0.0199

**f= 2000Hz**

n=13

Nous constatons une différence de -0.91dB entre le RIC et le BTE.

BTE = -31.14

RIC = -32.05

Analyse d'après Wilcoxon :

W calculé= 36 donc

W calculé < W tableau théorique

p = 0.5195



On ne rejette pas  $H_0$ , la différence n'est pas significative.

**$f = 3000\text{Hz}$**

$n=19$

Nous constatons une différence de 10.22dB entre le RIC et le BTE.

BTE = -47.95

RIC = -37.73

$p = 0.0005$

Analyse d'après Wilcoxon :

W calculé= 9      donc

W calculé < W tableau théorique

On rejette  $H_0$ , ***la différence est significative.***

**$f = 4000\text{Hz}$**

$n=16$

Nous constatons une différence de 5.91dB entre le RIC et le BTE.

BTE = -50.23

RIC = -44.32

$p = 0.0058$

Analyse d'après Wilcoxon :

W calculé= 15      donc

W calculé < W tableau théorique

On rejette  $H_0$ , ***la différence est significative.***

**$f = 6000\text{Hz}$**

$n=18$

Nous constatons une différence de 3.41dB entre le RIC et le BTE.

BTE = -56.59

RIC = -53.18

$p = 0.1563$

Analyse d'après Wilcoxon :

W calculé= 53      donc

W calculé > W tableau théorique

On ne rejette pas  $H_0$ , la différence n'est pas significative.

Cette description détaillée a permis une bonne compréhension de la méthodologie de Wilcoxon. Mais pour faciliter le raisonnement et la lecture,

la suite se fera sous forme de tableau, et nous ne garderons que la valeur de  $p$ .

## 2) Oreille gauche

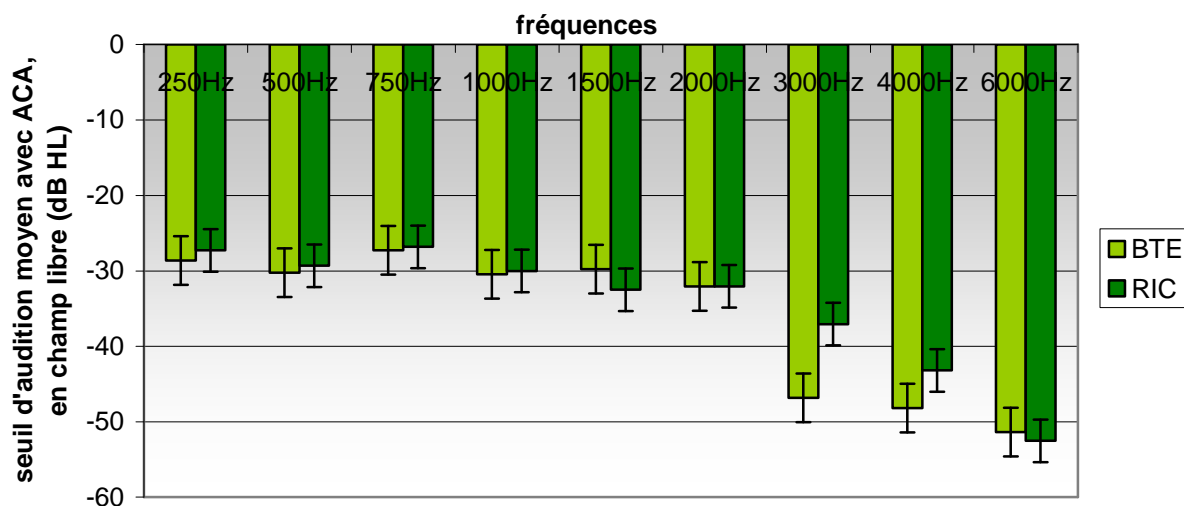


Figure 14 : audiométrie tonale moyenne, en champ libre, oreille gauche appareillée (unité dB HL)

Fréquences (Hz)	250		500		750		1000	
	BTE	RIC	BTE	RIC	BTE	RIC	BTE	RIC
Moyennes	-28,64	-27,27	-30,23	-29,32	-27,27	-26,82	-30,45	-30,00
p=	0.2479		0.4320		0.8300		0.8187	
Différences significatives	non		non		non		non	

1500		2000		3000		4000		6000	
BTE	RIC	BTE	RIC	BTE	RIC	BTE	RIC	BTE	RIC
-29,77	-32,50	-32,05	-32,05	-46,82	-37,05	-45,91	-43,18	-51,36	-52,50
0.0229		0.8163		0.0005		0.0385		0.7142	
<i>oui</i>		non		<i>oui</i>		<i>oui</i>		non	

## B. Audiométrie vocale

Initiales patients	BTE	RIC	écart
JM	25	12	13
CO	41	53	-12
WA	20	31	-11
KE	53	99	-46
LA	28	41	-13
MJY	29	36	-7
GT	22	15	7
ME	54	39	15
BJ	37	48	-11
PY	51	29	22
GR	15	14	1
AE	22	20	2
SDe	24	33	-9
DAF	24	19	5
GM	36	42	-6
IP	29	29	0
CR	27	28	-1
EY	20	11	9
DT	27	24	3
SDa	32	23	9
DG	21	30	-9
LPY	21	25	-4
<b>moyenne</b>	29,91	31,86	-1,95
<b>médiane</b>	27,00	29,00	-0,50
<b>Ecart type</b>	11,11	18,81	

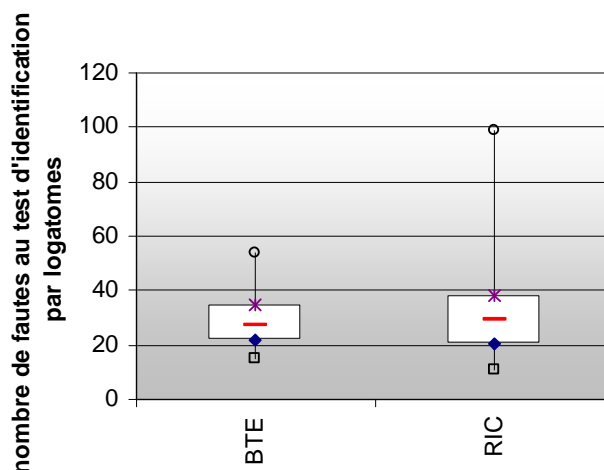


Figure 15 : Box Plot correspondant au nombre de fautes à l'audiométrie vocale, oreilles appareillées, en champ libre.

Nombre de fautes, avec chaque appareil. Une valeur négative indique que le patient a fait plus de fautes avec le RIC.

- 11 patients (soit 50%) ont obtenu de meilleurs résultats avec le BTE
- 10 patients (soit 45%) ont obtenu de meilleurs résultats avec le RIC
- 1 patient (soit 5%) a fait autant d'erreurs avec le BTE qu'avec le RIC

Analyse des différences à l'aide des statistiques :

Analyse d'après Wilcoxon :

n=21

$$W_{\text{calculé}} = 102,5 \quad \text{donc} \quad W_{\text{calculé}} > W_{\text{tableau théorique}}$$

On ne rejette pas  $H_0$ , la différence n'est pas significative.

p= 0.6636 ; il aurait fallu prendre un risque de 66.36% pour obtenir une différence significative.

## C. Mesure in-vivo

Les valeurs des données qui vont suivre correspondent à la moyenne de la REIR, à chaque fréquence et ce pour chaque ACA. L'unité est le dB.

Les valeurs de  $p$  ont été tronquées. Une valeur négative = résultat BTE > résultat RIC

### 1) Oreille droite

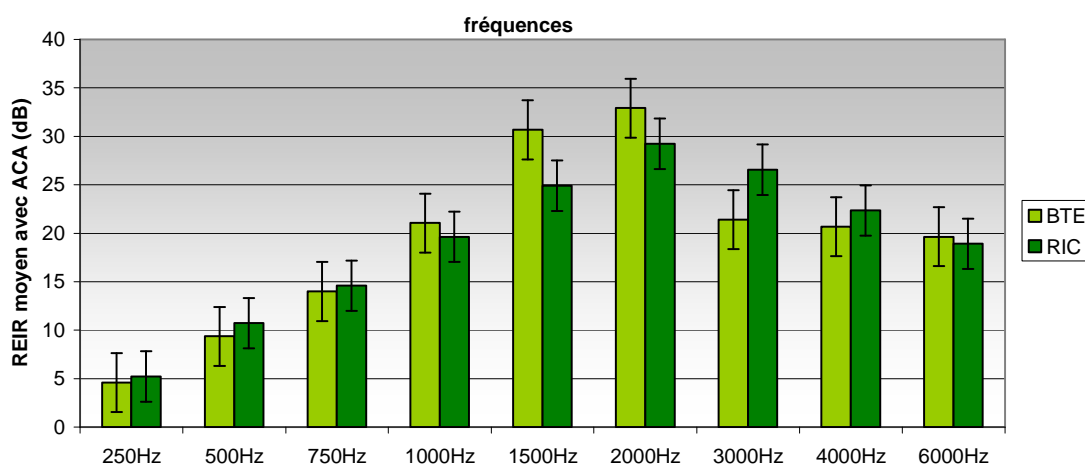


Figure 16 : REM moyenne, oreille droite appareillée (unité dB)

Fréquences (Hz)	250		500		750		1000	
	BTE	RIC	BTE	RIC	BTE	RIC	BTE	RIC
Moyennes	4,59	5,23	9,36	10,73	14,00	14,59	21,05	19,64
p=	0,8758		0,3672		0,9305		0,2864	
Différences significatives	non		non		non		non	

1500		2000		3000		4000		6000	
BTE	RIC	BTE	RIC	BTE	RIC	BTE	RIC	BTE	RIC
30,68	24,91	32,91	29,23	21,41	26,55	20,68	22,36	19,64	18,91
0,0018		0,0281		0,0070		0,2231		0,5318	
<i>oui</i>		<i>oui</i>		<i>oui</i>		non		non	

## 2) Oreille gauche

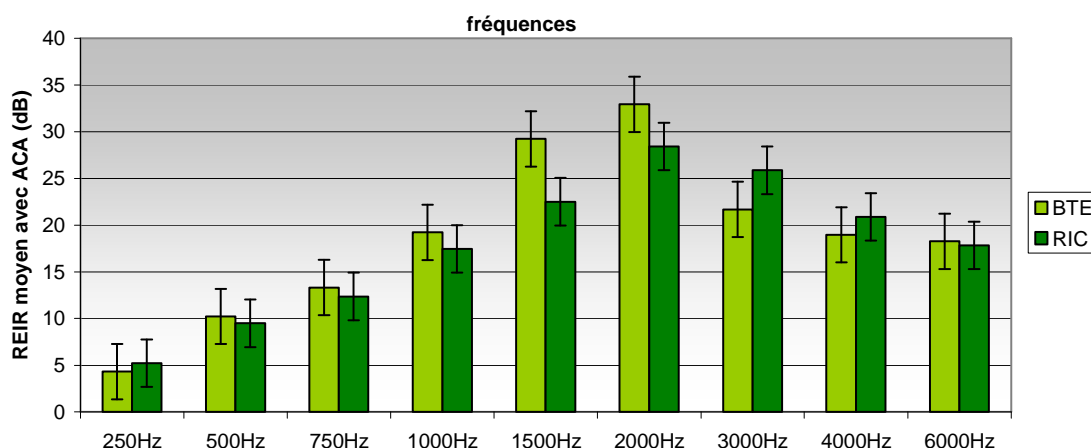


Figure 17 : REM moyenne, oreille gauche appareillée (unité dB)

Fréquences (Hz)	250		500		750		1000	
	BTE	RIC	BTE	RIC	BTE	RIC	BTE	RIC
Moyennes	4,32	5,23	10,23	9,50	13,32	12,36	19,23	17,45
p=	0,4808		0,3859		0,4586		0,3215	
Différences significatives	non		non		non		non	

1500		2000		3000		4000		6000	
BTE	RIC	BTE	RIC	BTE	RIC	BTE	RIC	BTE	RIC
29,23	22,50	32,91	28,41	21,68	25,86	18,95	20,86	18,27	17,82
0,0021		0,0056		0,0275		0,2224		0,8275	
<i>oui</i>		<i>oui</i>		<i>oui</i>		non		non	

### D. Questionnaire APHAB : approche globale

Le traitement du questionnaire APHAB a été réalisé sous Excel (notamment à l'aide de la fonction RECHERCHE V). [Annexe 4]

Rappel des annotations :

- **Facilité de communication**, (noté FC) ;
- **Réverbération** (RV) ;
- **Bruits ambiants** (BA) ;
- **Sons indésirables** (SI) ;

## 1) Illustration :

Groupe Jaune, M. SDe:

Ce patient a porté pendant 1 semaine un RIC et a rempli un questionnaire APHAB « Avec appareils » durant cette même période. Puis ce même test s'est enchaîné avec le BTE.

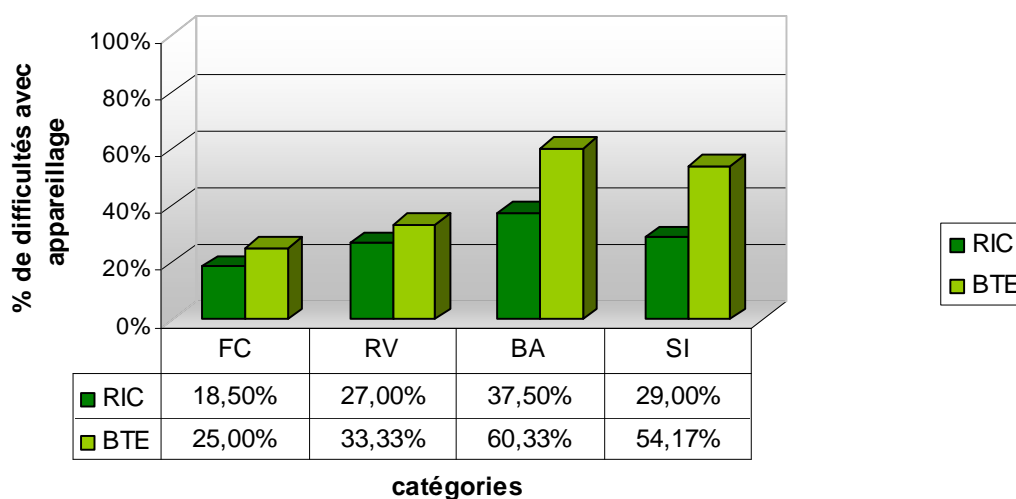


Figure 18 : résultat obtenu pour M. SDe du groupe Jaune avec 2 appareils

Au vu des résultats au questionnaire APHAB, nous pouvons dire que ce patient a plus de difficulté avec l'appareil type BTE, pour les 4 situations de communication. Maintenant, demandons-nous si ces différences sont significatives au risque de 10%.

Comme nous l'avons dit dans la partie théorique, l'approche globale s'intéresse aux catégories FC, RV et BA. Il faut qu'elles soient toutes les 3 supérieures d'au moins 5 points pour un des appareils

Cherchons les différences numériques entre les appareils :

	FC	RV	BA
Différences(en points)			
Valeurs BTE	6,50	6,33	22,83
-			
Valeur RIC			

Il y a donc respect de la règle énumérée ci dessus. Nous pouvons donc en conclure que pour ce patient, M. SDe, l'appareil RIC est supérieur à l'appareil BTE et ce de manière significative.

## 2) Données du groupe n=22

→ 4 patients présentent une différence significative en faveur du RIC

→ 1 patient présente une différence significative en faveur du BTE

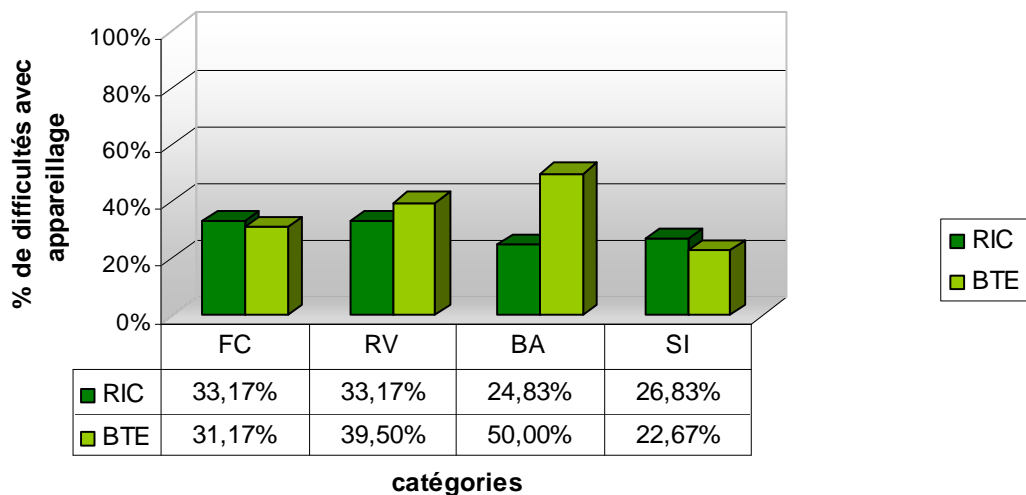
		FC	RV	BA	SI
M. SDe	RIC	18,50%	27,00%	37,50%	29,00%
	BTE	25,00%	33,33%	60,33%	54,17%
M. IP	RIC	12,33%	54,00%	24,83%	45,83%
	BTE	33,00%	74,67%	54,00%	45,83%
M. SDa	RIC	27,00%	29,00%	25,17%	70,33%
	BTE	66,33%	39,50%	64,50%	82,83%
M. CO	RIC	4.67%	2.83%	6.50%	54%
	BTE	10.5%	14.17%	14.50%	70.67%
M. CR	RIC	45,83%	43,50%	35,17%	82,83%
	BTE	31,17%	31,17%	29,33%	53,83%

## E. Questionnaire APHAB : approche par catégories

### 1) Illustration

Le protocole est bien sûr le même que dans le cas de l'étude globale, seule l'analyse des résultats diffère. Ici la différence sera significative si pour les catégories :

- FC ou RV ou BA, la différence entre les deux ACA est au moins supérieure à 22 points.
- Ou pour la catégorie SI la différence entre les deux ACA est au moins supérieure à 31 points



**Figure 19 : résultat obtenu pour Mme GM du groupe Jaune, avec 2 appareils**

	FC	RV	BA	SI
Différence (en points)				
Valeurs BTE	-2,00	6,33	25.17	-4.16
-				
Valeur RIC				

Au vu des règles énumérées ci-dessus, on peut dire que pour cette patiente, dans les environnements bruyants, l'appareil RIC est supérieur à l'appareil BTE et ce de manière significative.

## 2) Données du groupe n=22



### (a) Facilité de communication

- 12 patients (soit 54%) ont obtenu de meilleurs résultats avec le RIC
- 9 patients (soit 41%) ont obtenu de meilleurs résultats avec le BTE
- 1 patient (soit 5%) obtient le même résultat avec les 2 ACA

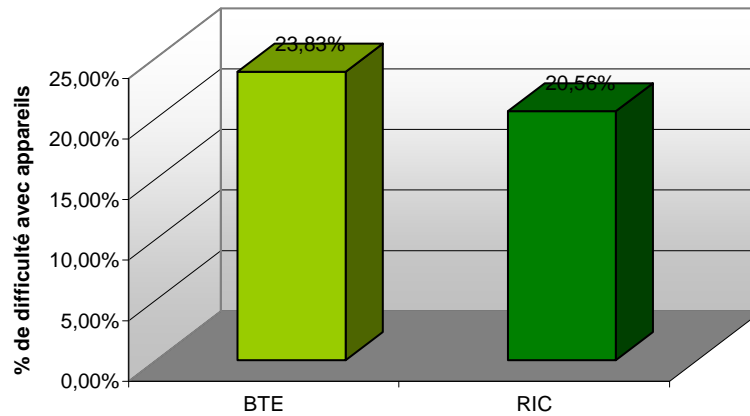


Figure 20 : résultat moyen au questionnaire APHAB, pour la catégorie FC, avec 2 appareils

### Analyse de la significativité

1 patient obtient :

Une différence de 39.33points

Résultat > 22 points

La différence est significative et est en faveur du RIC

L'étude sur la significativité des différences est celle préconisée par l'équipe de Robyn M. COX, qui regarde les différences au cas par cas. Il pourrait être intéressant d'étudier ces différences à la lumière de Wilcoxon, en prenant  $\alpha=10\%$ .

*D'après Wilcoxon*

n=21

$$W_{\text{calculé}} = 79.5$$

$$W_{\text{calculé}} > W_{\text{tableau théorique}}$$

On ne rejette pas  $H_0$ , il n'y a pas de différence significative.

p = 0.2302. Il aurait fallu prendre un risque de 23.02% pour obtenir une différence significative.

### (b) Réverbération

- 12 patients (soit 54 %) ont obtenu de meilleurs résultats avec le RIC
- 9 patients (soit 41%) ont obtenu de meilleurs résultats avec le BTE
- 1 patient (soit 5%) obtient le même résultat avec les 2 ACA

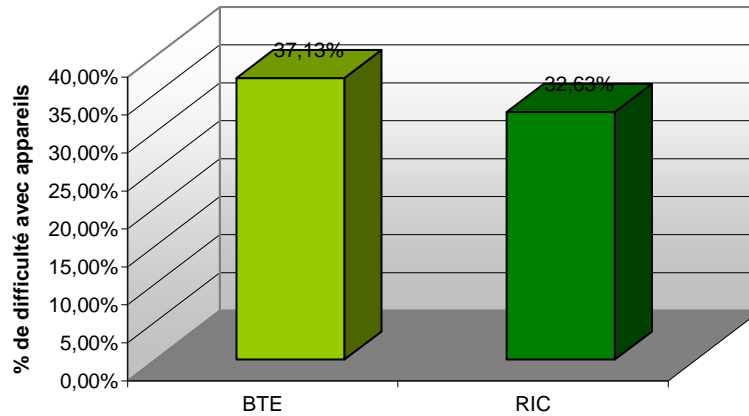


Figure 21 : résultat moyen au questionnaire APHAB, pour la catégorie RV, avec 2 appareils

### Analyse de la significativité

*D'après Robyn M. COX*

3 patients obtiennent :

Des différences de 31.50 points, 29 points, 22.17 points

Résultats > 22 points

La différence est significative et est en faveur du RIC

*D'après Wilcoxon*

n=20

$$W_{\text{calculé}} = 48$$

$$W_{\text{calculé}} < W_{\text{tableau théorique}}$$

On rejette  $H_0$ , ***il y a une différence significative.***

$$p = 0.0348.$$

### (c) *Bruits ambiants*

- 11 patients (soit 50%) ont obtenu de meilleurs résultats avec le RIC
- 8 patients (soit 36%) ont obtenu de meilleurs résultats avec le BTE
- 3 patients (soit 14%) obtiennent le même résultat avec les 2 ACA

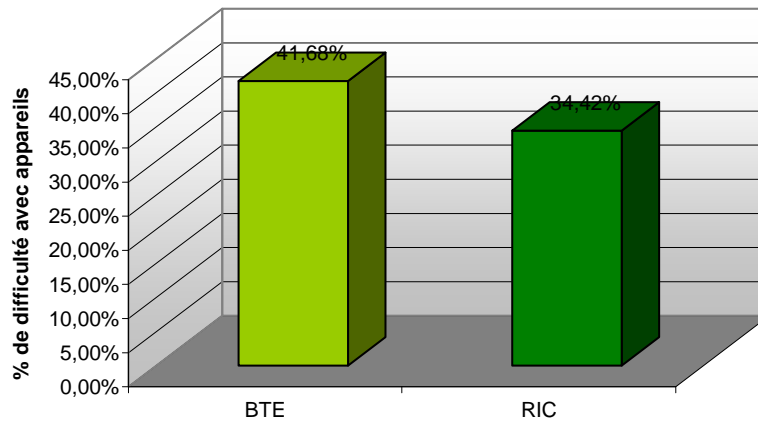


Figure 22 : résultat moyen au questionnaire APHAB, pour la catégorie BA, avec 2 appareils

### Analyse de la significativité

*D'après Robyn M. COX*

5 patients obtiennent :

Des différences de 22.83points, 25.17 points, 39.33 points, 39.33 points, 55.67 points

Résultats > 22 points

La différence est significative et est en faveur du RIC

*D'après Wilcoxon*

n=19

$$W_{\text{calculé}} = 56.5$$

$$W_{\text{calculé}} > W_{\text{tableau théorique}}$$

On ne rejette pas  $H_0$ , il n'y a pas de différence significative.

$$p = 0.1261$$

**(d) Son indésirable**

- 12 patients (soit 55%) ont obtenu de meilleurs résultats avec le RIC
- 8 patients (soit 36%) ont obtenu de meilleurs résultats avec le BTE
- 2 patients (soit 9 %) ont obtenu le même résultat avec les 2 ACA

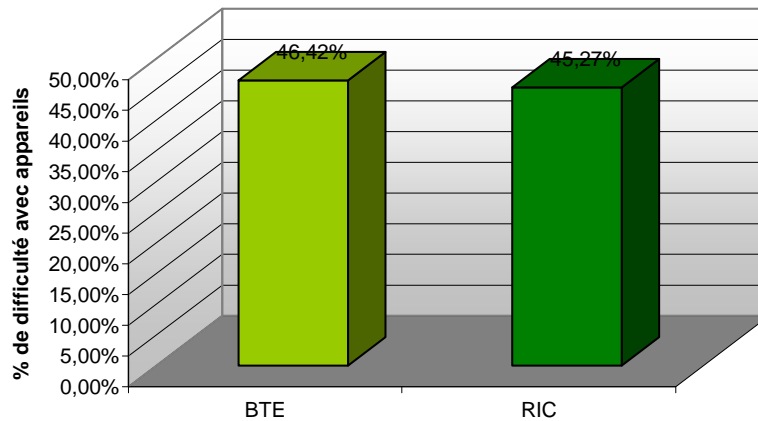


Figure 23 : résultat moyen au questionnaire APHAB, pour la catégorie SI, avec 2 appareils

Analyse de la significativité

*D'après Robyn M. COX*

1 patient obtient :

Une différence de 59.5points

Résultat > 22 points

La différence est significative et est en faveur du BTE

*D'après Wilcoxon*

n=20

$$W_{\text{calculé}} = 79.5$$

$$W_{\text{calculé}} < W_{\text{tableau théorique}}$$

On ne rejette pas  $H_0$ , il n'y a pas de différence significative.

$$p = 0.3409$$

## F. Analyse statistique suivant la perte d'audition

Cette partie va tenter de répondre à la question : « est ce que le degré de surdité influence les résultats ? »

C'est-à-dire, obtient-on des différences significatives, identiques ou non à celles trouvées précédemment, suivant le degré de perte auditive ?

Pour cela, nous avons divisé notre effectif total en deux groupes. Cette division est influencée par les recommandations du Bureau International d'Audiophonologie (BIAP) et plus précisément de la recommandation BIAP 02/1 bis nommé « Classification audiométrique des déficiences auditives ».

Ainsi, le calcul du degré de perte auditive est :

$$\frac{\text{Somme de la perte aux fréquences}}{\text{500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz et 4000 Hz}}$$

4

Il précise également :

- Que toute fréquence non perçue est notée à 120 dB de perte
- En cas de surdité asymétrique, le niveau moyen de perte en dB est multiplié par 7 pour la meilleure oreille et par 3 pour la plus mauvaise oreille. La somme est divisée par 10.
- Déficience auditive moyenne
  - Premier degré : la perte tonale moyenne est comprise entre 41 et 55 dB.
  - Deuxième degré : la perte tonale moyenne est comprise entre 56 et 70 dB.

Dans notre étude, nous avons pris comme limite la valeur 55dB car elle est très proche de la valeur médiane moyenne de la perte d'audition qui est de 56dB HL. Ainsi le premier groupe présente une perte  $\leq 55$ dB HL (n=13) et le second groupe présente une perte  $\geq 56$ dB HL (n=9).

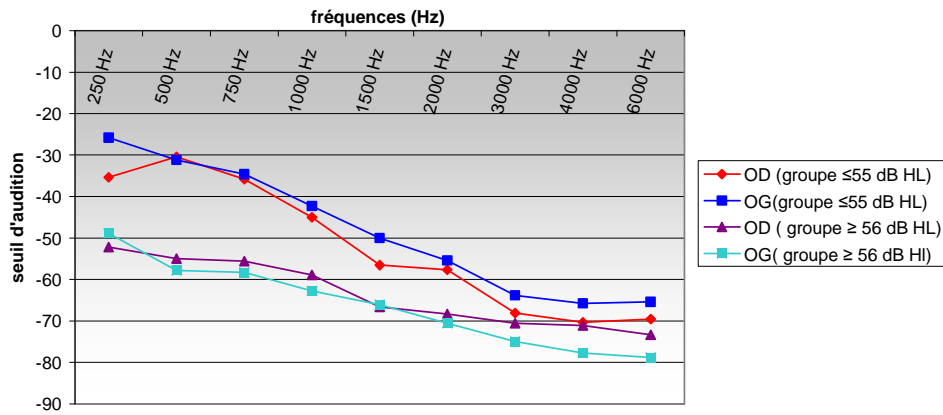


Figure 24 : seuil d'audition moyen, OD et OG, des deux groupes, en champ libre (dB HL).

### 1) Tonale

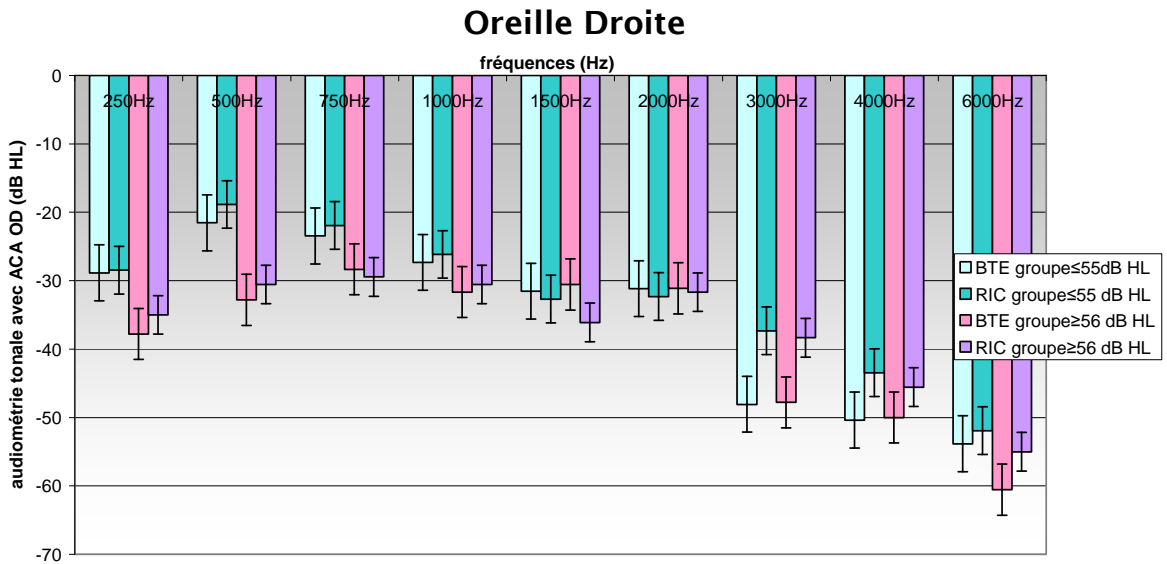


Figure 25 : audiométrie tonale des 2 groupes pour l'Oreille Droite

## Oreille Gauche

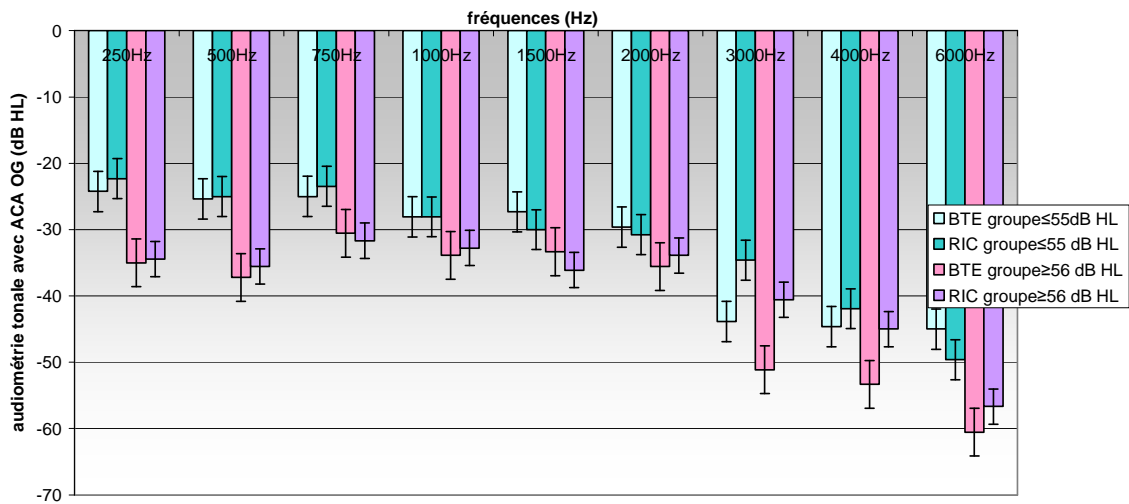


Figure 26 : audiométrie tonale des 2 groupes pour l'Oreille Gauche

### (a) Groupe ≤ 55dB HL

#### Oreille Droite

Fréquences (Hz)	250		500		750		1000	
	BTE	RIC	BTE	RIC	BTE	RIC	BTE	RIC
Moyennes	-28,85	-28,46	-21,54	-18,85	-23,46	-21,92	-27,31	-26,15
p=	0,7728		0,0533		0,4911		0,4536	
Différences significatives	non		non		non		non	

1500		2000		3000		4000		6000	
BTE	RIC	BTE	RIC	BTE	RIC	BTE	RIC	BTE	RIC
-31,54	-32,69	-31,15	-32,31	-48,08	-37,31	-50,38	-43,46	-53,85	-51,92
0,5877		0,6295		0,0080		0,0509		0,5574	
non		non		<i>oui</i>		non		non	

#### Oreille Gauche

Fréquences (Hz)	250		500		750		1000	
	BTE	RIC	BTE	RIC	BTE	RIC	BTE	RIC
Moyennes	-24,23	-22,31	-25,38	-25,00	-25,00	-23,46	-28,08	-28,08
p=	0,1874		0,8604		0,5483		1	
Différences significatives	non		non		non		non	

1500		2000		3000		4000		6000	
BTE	RIC	BTE	RIC	BTE	RIC	BTE	RIC	BTE	RIC
-27,31	-30,00	-29,62	-30,77	-43,85	-34,62	-44,62	-41,92	-45,00	-49,62
0,0862		0,3883		0,0053		0,1135		0,2425	
non		non		<i>oui</i>		non		non	

**(b) Groupe  $\geq 56$  dB HL**

**Oreille Droite**

Fréquences (Hz)	250		500		750		1000	
	BTE	RIC	BTE	RIC	BTE	RIC	BTE	RIC
Moyennes	-37,78	-35,00	-32,78	-30,56	-28,33	-29,44	-31,67	-30,56
p=	0,2030		0,0718		0,4840		0,5862	
Différences significatives	non		non		non		non	

1500		2000		3000		4000		6000	
BTE	RIC	BTE	RIC	BTE	RIC	BTE	RIC	BTE	RIC
-30,56	-36,11	-31,11	-31,67	-47,78	-38,33	-50,00	-45,56	-60,56	-55,00
0,0192		0,8501		0,0330		0,0305		0,1434	
<i>oui</i>		non		<i>oui</i>		<i>oui</i>		non	

**Oreille Gauche**

Fréquences (Hz)	250		500		750		1000	
	BTE	RIC	BTE	RIC	BTE	RIC	BTE	RIC
Moyennes	-35,00	-34,44	-37,22	-35,56	-30,56	-31,67	-33,89	-32,78
p=	0,8302		0,4070		0,6653		0,7127	
Différences significatives	non		non		non		non	

1500		2000		3000		4000		6000	
BTE	RIC	BTE	RIC	BTE	RIC	BTE	RIC	BTE	RIC
-33,33	-36,11	-35,56	-33,89	-51,11	-40,56	-53,33	-45,00	-60,56	-56,67
0,1874		0,5716		0,0544		0,0234		0,2882	
non		non		non		<i>oui</i>		non	



## 2) Vocale

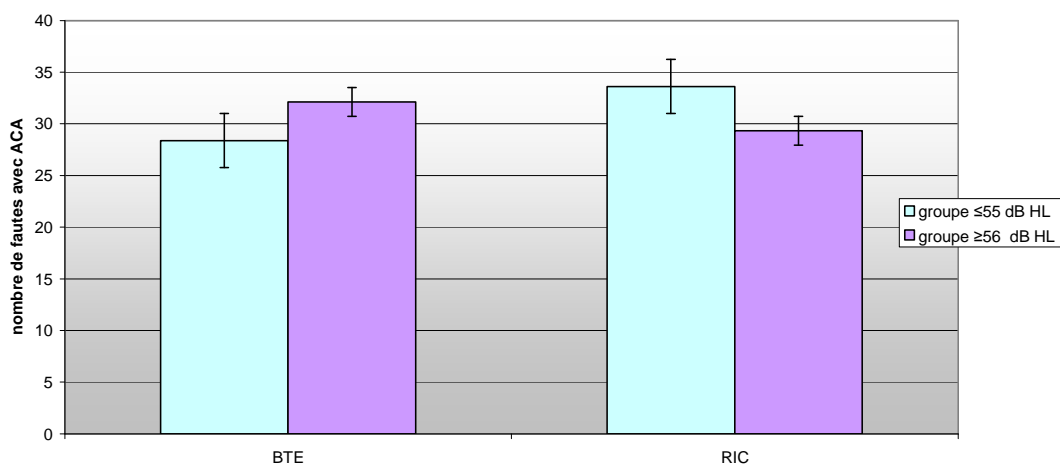


Figure 27 : nombre de fautes à l'audiométrie vocale avec ACA

### (a) Groupe $\leq 55$ dB HL

audiométrie vocale	nombre de fautes	
	BTE	RIC
Moyennes	28,38	33,62
p=	0.2342	
Différence significative	non	

### (b) Groupe $\geq 56$ dB HL

audiométrie vocale	nombre de fautes	
	BTE	RIC
Moyennes	32,11	29,33
p=	0.5744	
Différence significative	non	

### 3) REM.

#### Oreille Droite

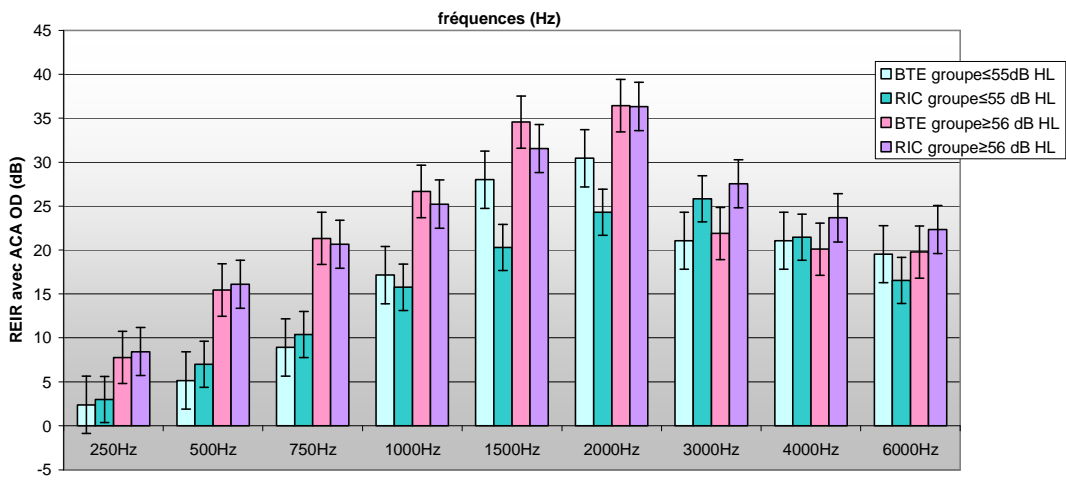


Figure 28 : REIR pour les 2 groupes, avec ACA OD

#### Oreille Gauche

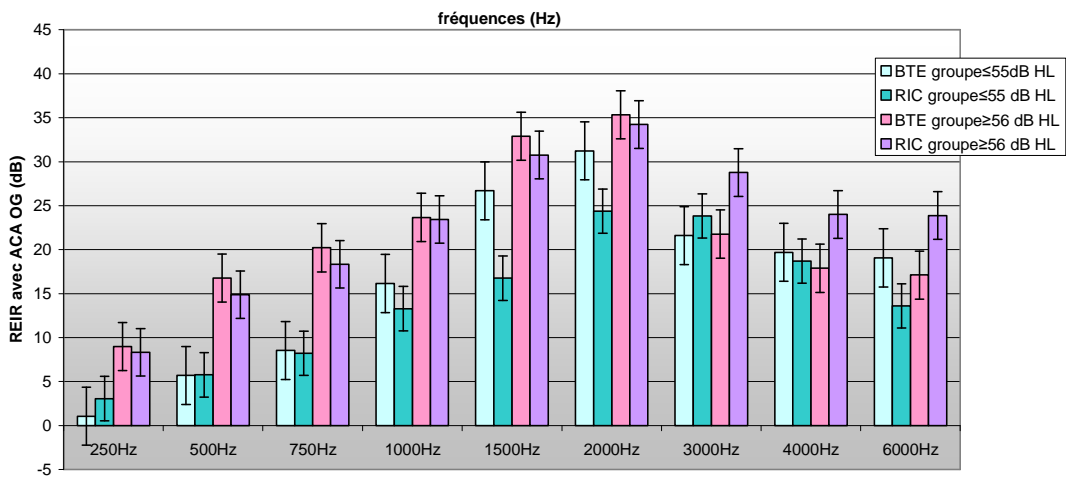


Figure 29 : REIR pour les 2 groupes, avec ACA OD

(a) *Groupe ≤ 55dB HL*

**Oreille droite**

Fréquences (Hz)	250		500		750		1000	
	BTE	RIC	BTE	RIC	BTE	RIC	BTE	RIC
Moyennes	2,38	3,00	5,15	7,00	8,92	10,38	17,15	15,77
p=	1		0,5291		0,7253		0,5298	
Différences significatives	non		non		non		non	

1500		2000		3000		4000		6000	
BTE	RIC	BTE	RIC	BTE	RIC	BTE	RIC	BTE	RIC
28,00	20,31	30,46	24,31	21,08	25,85	21,08	21,46	19,54	16,54
0,0098		0,0324		0,0405		0,5995		0,1681	
<i>oui</i>		<i>oui</i>		<i>oui</i>		non		non	

**Oreille Gauche**

Fréquences (Hz)	250		500		750		1000	
	BTE	RIC	BTE	RIC	BTE	RIC	BTE	RIC
Moyennes	1,08	3,08	5,69	5,77	8,54	8,23	16,15	13,31
p=	0,2839		0,8238		0,8237		0,2339	
Différences significatives	non		non		non		non	

1500		2000		3000		4000		6000	
BTE	RIC	BTE	RIC	BTE	RIC	BTE	RIC	BTE	RIC
26,69	16,77	31,23	24,38	21,62	23,85	19,69	18,69	19,08	13,62
0,0051		0,0057		0,3074		1		0,0840	
<i>oui</i>		<i>oui</i>		non		non		non	

**(b) Groupe  $\geq 56$  dB HL**

**Oreille Droite**

Fréquences (Hz)	250		500		750		1000	
	BTE	RIC	BTE	RIC	BTE	RIC	BTE	RIC
Moyennes	7,78	8,44	15,44	16,11	21,33	20,67	26,67	25,22
p=	0,8330		0,5701		0,7249		0,3979	
Différences significatives	non		non		non		non	

1500		2000		3000		4000		6000	
BTE	RIC	BTE	RIC	BTE	RIC	BTE	RIC	BTE	RIC
34,56	31,56	36,44	36,33	21,89	27,56	20,11	23,67	19,78	22,33
0,1057		1		0,0796		0,2059		0,4460	
non		non		non		non		non	

**Oreille Gauche**

Fréquences (Hz)	250		500		750		1000	
	BTE	RIC	BTE	RIC	BTE	RIC	BTE	RIC
Moyennes	9,00	8,33	16,78	14,89	20,22	18,33	23,67	23,44
p=	0,8321		0,3258		0,2701		1	
Différences significatives	non		non		non		non	

1500		2000		3000		4000		6000	
BTE	RIC	BTE	RIC	BTE	RIC	BTE	RIC	BTE	RIC
32,89	30,78	35,33	34,22	21,78	28,78	17,89	24,00	17,11	23,89
0,2930		0,7998		0,0496		0,0796		0,0360	
non		non		<i>oui</i>		non		<i>oui</i>	

**4) APHAB**

**(a) Global**

Parmi les différences significatives mises en évidence précédemment, d'après la méthodologie de l'équipe de Robyn M. COX:

→ 2 sujets appartiennent au groupe  $\leq 55$ dB HL

→ 3 sujets appartiennent au groupe  $\geq 56$ dB HL

**(b) Par catégories**

Parmi les différences significatives mises en évidence précédemment, d'après la méthodologie de l'équipe de Robyn M. COX, nous avons pour chaque catégorie :

Groupe $\leq 55$ dB HL	Groupe $\geq 56$ dB HL
<b>FC</b> : aucun patient	<b>FC</b> : 1 patient
<b>RV</b> : 2 patients	<b>RV</b> : 1 patient
<b>BA</b> : 2 patients	<b>BA</b> : 3 patients
<b>SI</b> : 1 patient	<b>SI</b> : aucun patient

**INTERPRÉTATION  
ET  
DISCUSSION**

**Nous allons commencer par récapituler les données significatives pour tenter de répondre à la question « avec quel ACA, le patient obtient-t-il le meilleur résultat à chaque test ?».**

## **I. Tonale**

Ce test permet un contrôle immédiat, c'est « la première étape de la mesure globale de l'efficacité de l'appareillage » [17]. Il ne permet pas l'analyse de la qualité sonore mais celle de la perception sonore. Il s'agit d'un test subjectif, les résultats sont donc dépendants du patient.

### **Résultats pour n=22**

OD		OG	
Fréquences(Hz)	ACA qui donne le meilleur résultat	Fréquences(Hz)	ACA qui donne le meilleur résultat
500	RIC		
1500	BTE	1500	BTE
3000	RIC	3000	RIC
4000	RIC	4000	RIC

### **Résultats des 2 groupes divisés suivant la perte d'audition**

	OD		OG	
	Fréquences(Hz)	ACA qui donne le meilleur résultat	Fréquences(Hz)	ACA qui donne le meilleur résultat
Groupe $\leq 55$ dB HL	3000	RIC	3000	RIC
Groupe $\geq 56$ dB HL	1500	BTE		
	3000	RIC		
	4000	RIC	4000	RIC

Au sein de chaque tableau, il n'y a pas une parfaite symétrie car seule 5 fréquences sur 8 sont présentes à la fois sur les deux oreilles.

La mesure tonale a été faite dans l'idée de voir si un des ACA apportait de meilleurs résultats. Or nous constatons que suivant les fréquences, ce n'est pas le même type d'appareil auditif qui est mis en avant. Il semble donc difficile de répondre de façon tranchée à la question. Mais, nous pouvons avancer l'idée que l'appareil BTE, pour la fréquence médium 1500Hz, apporte de meilleurs résultats à l'audiométrie tonale, et ce de manière significative. Dans ce même principe, l'appareil RIC, pour les fréquences aiguës de 3 et 4kHz, apporte de meilleurs résultats à l'audiométrie tonale, et ce de manière significative.

2 hypothèses peuvent être mises en avant :

- Soit le BTE, à réglage logiciel identique, permet plus de gain dans les médiums
- Soit le RIC, à réglage logiciel identique, permet plus de gain dans les aiguës
- Soit le RIC, à réglage logiciel identique, apporte une meilleure qualité sonore, notamment dans les fréquences aiguës, grâce à une meilleure restitution sonore. En effet, la présence d'un tube rempli d'air, dans le cas du BTE peut altérer le signal

Nous constatons que quelle que soit l'importance de la perte, le RIC donne de meilleurs résultats sur les fréquences aiguës. Et pour les pertes plus importantes, cet avantage va jusqu'à la fréquence de 4000Hz. Les mesures tonales semblent donc indiquer un bénéfice avec le RIC pour les pertes moyennes de catégorie II dans les aiguës.

Mais, nous pouvons nous interroger sur l'absence de symétrie entre les 2 oreilles :

→ à 500Hz.

*Rappel pour n=22* : OD  $p=0.0060$ . Il aurait fallu prendre un risque alpha minimum de 0.60% pour rejeter  $H_0$ . Cette valeur indique une très grande significativité.



OG  $p=0.4320$ . Il aurait fallu prendre un risque alpha minimum de 43.2% pour rejeter  $H_0$ . Cette valeur indique très peu de significativité.

Pour  $n=22$ , sur l'oreille droite nous observons 9 différences, toutes en faveur de RIC. Tandis que sur l'oreille gauche, il y a 14 différences dont 9 (soit 64%) en faveur du RIC. Ceci peut, peut être, expliquer l'absence de différence significative sur l'OG.

→ A 1500Hz

Comme précédemment, pour le groupe  $\geq 56$ dB HL, sur l'oreille droite nous observons 7 différences, toutes en faveur de BTE. Tandis que sur l'oreille gauche, il y a 7 différences dont 5 (soit 71%) en faveur du BTE. Ceci peut, peut être, expliquer l'absence de différence significative sur l'OG.

→ A 3000Hz

La différence est très proche du seuil alpha 5%.  $p=0.05447$ . Il aurait fallu prendre un risque de 5.45% pour obtenir une différence significative

## II. Vocale

Bien que ce test n'ait montré aucune différence significative, quelques points concernant le nombre d'erreurs sont à souligner.

- Pour l'étude  $n=22$ , la moyenne des fautes est de 30 avec le BTE et de 32 avec le RIC.
- Pour le groupe  $\leq 55$ dB HL, la moyenne des fautes est de 28 avec le BTE et de 34 avec le RIC.
- Pour le groupe  $\geq 56$ dB HL, la moyenne des fautes est de 32 avec le BTE et de 29 avec le RIC.

Comme les différences ne sont pas significatives, nous ne pouvons pas conclure sur la supériorité d'un des ACA. Mais, nous constatons que suivant l'importance de la perte, le maximum de fautes à ce test n'est pas réalisé avec le même appareil.

### III. In vivo

#### Résultats pour n=22

OD		OG	
Fréquences(Hz)	ACA qui donne le meilleur résultat	Fréquences(Hz)	ACA qui donne le meilleur résultat
1500	BTE	1500	BTE
2000	BTE	2000	BTE
3000	RIC	3000	RIC

#### Résultats des 2 groupes divisés suivant la perte d'audition

	OD		OG	
	Fréquences(Hz)	ACA qui donne le meilleur résultat	Fréquences(Hz)	ACA qui donne le meilleur résultat
Groupe ≤ 55dB HL	1500	BTE	1500	BTE
	2000	BTE	2000	BTE
	3000	RIC		
Groupe ≥ 56dB HL			3000	RIC
			6000	RIC

Là encore, il est difficile de trancher en faveur d'un appareil. Et dans le second tableau, la symétrie n'est pas respectée. En revanche, il semble y avoir une cohérence, pour l'étude n=22, entre la tonale et la REM car nous retrouvons certaines mêmes fréquences. Dans le test précédent, les patients obtiennent une meilleure mesure tonale, à la fréquence de 1500Hz, en faveur du BTE. Ceci peut s'expliquer par un gain d'insertion significativement plus important. L'appareil BTE apporte donc plus de gain dans les fréquences médiums. Cette observation peut être appliquée au RIC à la fréquence 3000Hz. Ceci valide les deux premières hypothèses énoncées précédemment, tout en conservant la seconde.

Concernant l'étude sur les 2 groupes, la cohérence avec la tonale semble plus difficile. En effet, nous ne retrouvons ni les mêmes fréquences ni les mêmes ACA. L'audiométrie tonale est améliorée sur les fréquences aiguës avec le RIC, mais cela ne semble pas être induit par un gain d'insertion significativement plus élevé. Nous pouvons dire que pour les pertes moyennes comprises sous 56dB HL, le BTE apporte plus de gain sur les fréquences médiums 1500 et 2000Hz.

Il peut être intéressant de rappeler quelques valeurs de p :

- Pour le groupe  $\leq 55$ dB HL, sur la fréquence 3000Hz à l'oreille gauche,  $p=0.3074$ . Quand je reprends les résultats pour le groupe  $\leq 56$ dB HL, sur l'oreille gauche la différence des moyennes entre le BTE et le RIC est de 2. Tandis que sur l'oreille droite elle est de 5. Ceci peut, peut être, expliquer l'absence de différence significative sur l'OG.
- Pour le groupe  $\geq 56$ dB HL, sur la fréquence 3000Hz à l'oreille droite,  $p=0.0796$ . Malgré l'absence de différence significative, nous remarquons que cette valeur est assez proche du risque  $\alpha = 0.05$  choisi initialement.

## Limite

Ces mesures in vivo peuvent présenter quelques limites. [10]

Tout d'abord, la sonde doit être correctement placée et surtout, elle doit être suffisamment insérée dans le CAE pour limiter les erreurs de mesure, notamment sur la fréquence de 4000Hz environ. De plus, le placement doit être parfaitement géré pour permettre une reproductibilité optimale.

Selon ROHWEDER (1990), les erreurs liées à la mesure in vivo existent :

- Jusqu'à 800Hz, les erreurs sont liées à l'effet de l'évent
- De 800 à 2000Hz, s'il y a un bon étalonnage, cette mesure est assez fiable
- Au delà de 2000Hz, l'imprécision augmente avec la fréquence.

Et enfin, à l'aide d'une grande rigueur de la part du testeur, la mesure in vivo permet une reproductibilité acceptable.

Les résultats de la REM peuvent donc être discutés : nous comparons 2 séries de mesure, réalisées à une semaine d'intervalle. Donc, malgré la plus grande rigueur de ma part, le positionnement de la sonde n'est pas parfaitement identique.

## IV. APHAB

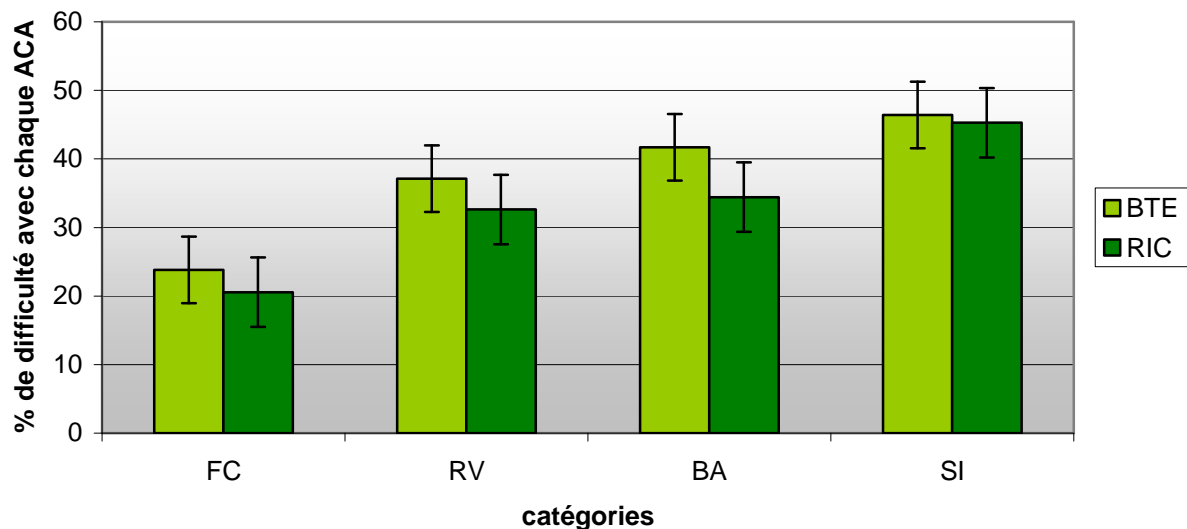


Figure 30 : résultat moyen au questionnaire APHAB, à chaque catégorie, avec 2 appareils

### A. Globale

#### Résultats pour n=22

Seul 23% des patients obtiennent un résultat significatif.

Parmi eux, 80% ont moins de difficulté avec le RIC.

L'appareil RIC semble donc supplanter l'appareil BTE.

#### Résultats des 2 groupes divisés suivant la perte d'audition

Groupe  $\leq 55$ dB HL = 2 patients. L'un est en faveur du BTE et l'autre en faveur du RIC. Nous ne pouvons donc pas conclure sur la prépondérance de l'un des ACA.

Groupe  $\geq 56$ dB HL = 3 patients. Et ces 3 patients présentent un pourcentage de difficulté amoindrie avec les RIC.

## B. Par catégorie

### Résultats pour n=22

Catégories	Nombre de patients	ACA avec lequel le % de difficulté est le plus faible
FV	1	RIC
RV	3	RIC
BA	5	RIC
SI	1	BTE

### Résultats des 2 groupes divisés suivant la perte d'audition

	Catégories	Nombre de patients	ACA avec lequel le % de difficulté est le plus faible
Groupe ≤55dB HL	FC	0	
	RV	2	RIC
	BA	2	RIC
	SI	1	BTE
Groupe ≤55dB HL	FC	1	RIC
	RV	1	RIC
	BA	3	RIC
	SI	0	

Au vu de ces tableaux, nous pouvons dire que les patients ont plus de difficultés avec l'appareil BTE dans 3 catégories sur 4 (selon l'analyse des différences significatives, avec  $\alpha=10\%$ , des critères de l'équipe de Robyn M. COX).

Lors de l'étude des 2 groupes, nous remarquons que la répartition de patients présentant un pourcentage de difficulté plus faible avec le RIC est à

peu près identique. Le RIC ne semble donc pas être plus adapté à un certain type de perte.

### **Limite**

Toutes ces observations sont à relativiser. En effet, la catégorie Facilité de Communication, par exemple, n'a donné qu'une seule différence significative sur les 22 patients testés.

Ce questionnaire apporte une standardisation mais son utilisation présente quelques aspects négatifs :

Tout d'abord, il est plus adapté aux *coutumes et mœurs* de son pays de création. En effet, certaines questions, comme la question 21 « je peux suivre le sermon lors d'un service religieux » ne sont pas entièrement adaptées à un pays laïc comme la France.

De plus, avant d'être distribué au patient, il faut prendre quelques précautions. Comme nous l'avons déjà dit, il y a des questions inversées. Je devais donc informer le patient, à l'aide d'un exemple, avant la remise du questionnaire. Dans le cadre de cette étude, le questionnaire n'était pas rempli en ma présence. En effet, j'avais peur que ma présence influe sur les résultats. Par exemple, si un patient trouvait l'ACA testé très négatif dans son quotidien, je ne voulais pas qu'il se sente gêné de mal noter l'appareil.

De plus, je ne souhaitais pas lire les questions au patient. En effet, selon l'expérience de l'équipe de Robyn M. COX, cette méthode est « source de résultats anormaux » [11]. Ensuite, lors de la remise du questionnaire, il était important de préciser aux patients, que toutes les situations décrites ne seraient peut être pas vécues en une semaine d'essai. J'avais pour habitude de les rassurer sur ce point, l'objectif étant qu'ils ne se sentent pas dévalorisés. Dans ces cas de situation non vécue, le patient doit imaginer une circonstance similaire, et si vraiment il ne se sait pas comment répondre, il peut passer la question.

Avec toutes ces précautions, de nombreux patients ont répondu en intégralité au questionnaire.

## V. L'absence de différences significatives

Cherchons à expliquer les absences de différences significatives.

Tout d'abord, la tonale, la vocale et le questionnaire APHAB sont tous des tests subjectifs. Ils présentent donc une certaine variabilité, qui peut en être l'origine.

De plus, cette étude, pour des raisons techniques et d'organisation, n'a pas pu être réalisée en double aveugle. Il y a donc un biais induit par le testeur, c'est à dire moi, malgré mes efforts pour être la plus rigoureuse possible.

Par ailleurs l'audiométrie vocale n'a pas montré de différence significative, ni même de grands écarts entre le BTE et le RIC. Je pense que malgré l'utilisation de logatomes, ce test n'est pas assez contraignant. Une audiométrie vocale dans le bruit semblerait plus adaptée pour mettre en évidence des oppositions.

Et enfin, le nombre insuffisant de patients peut également être une des causes, notamment dans l'étude portant sur le groupe  $\geq 56$ dB HL où  $n=9$ .

## VI. L'avis des patients

Ces résultats, complétés des statistiques, sont ceux obtenus avec une rigueur scientifique. Mais, j'ai aussi voulu connaître l'avis des patients. A l'issue des 4 rendez-vous, j'ai interrogé les patients sur leurs préférences en leur posant une question toute simple « entre les 2 appareils lequel avez-vous préféré ? » Cette question minimaliste est complexe car la notion de *préférence* imbrique beaucoup de critères. Nous trouvons bien sûr (*liste non exhaustive*) le ressenti auditif, le bénéfice auditif, le confort physique, l'esthétique mais aussi l'expérience, car l'essai est basé sur des patients déjà appareillés.

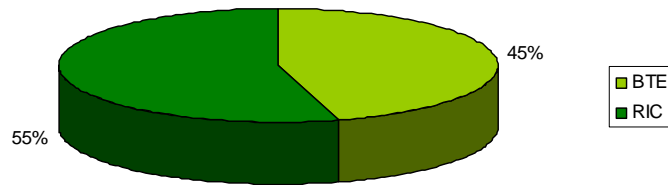


Figure 31 : part de réponse des patients à la question « entre les 2 ACA, lequel avez-vous préféré ? »

Au vu des pourcentages, les patients ont donc *préféré* l'appareil type RIC. (Cette donnée est à minimiser car en nombre, elle correspond à 12 patients contre 10.)

Or, comme nous le montre la figure 30 page 64, le pourcentage de difficultés avec appareil est plus important avec le BTE. Nos données se rejoignent donc.

Puis, nous avons regroupé dans un tableau de contingence, leur choix avec le type d'ACA qu'ils possèdent :

		Variable X=Leurs réponses	
		BTE	RIC
Variable Y= ACA qu'ils possèdent	BTE	5	5
	RIC	5	7

*Rappel : 10 patients possèdent un BTE et 12 un RIC*

Ce tableau nous donne quelques points de réflexion. Tout d'abord, les industriels mettent souvent l'argument esthétique du RIC en avant. Or nous constatons que parmi les 12 patients appareillés en RIC, 5 (soit 42%) ont tout de même opté pour le BTE. De même, nous pourrions penser qu'une majorité des patients appareillés en BTE, opterait pour le RIC. Or ils ne représentent que la moitié.



Aussi, je souhaiterais revenir sur la notion « d'attractivité » citée dans les pages d'introduction, en commençant par sa définition.

« Attractif : 1. qui a la propriété d'attirer. 2. qui présente un avantage ou un attrait ; attrayant. » [Le Petit Larousse, 1998, p97]

Ainsi, cette notion regroupe à la fois l'esthétique de l'appareil (c'est-à-dire sa taille, son design, sa couleur...) mais aussi ses fonctions (la télécommande, le chargeur, le Bluetooth...).

Même si les patients ont préféré le RIC à 55%, au vu de l'analyse du tableau, nous ne pouvons pas affirmer que le RIC attire plus et/ou présente un avantage par rapport à l'appareil BTE.

Ceci peut se concevoir pour des patients déjà équipés d'ACA. En effet, ils connaissent l'audioprothèse et surtout la majorité d'entre eux ont accepté leur perte auditive. Ainsi, ils veulent des résultats audiologiques dans leur quotidien et pas nécessairement un ACA plus attractif.

De plus, lors des discussions avec les patients, j'ai eu le sentiment que bon nombre de patients argumentaient en faveur du type de leur ACA. Je me suis alors demandé s'il y avait un lien entre leur choix et leur expérience prothétique. Il s'avère que 55% des patients ont opté pour leur type d'ACA.

Cette différence est-elle statistiquement significative ?

Pour y répondre, nous avons utilisé « le test exact de Fisher ». Ce test est utilisé pour évaluer un tableau dit « 2 x 2 » quand nous ne sommes pas dans des conditions d'utilisation du test de Chi<sup>2</sup> ( $\chi^2$ ). Ici nous sommes à la limite entre les 2 tests. En effet le test du Chi<sup>2</sup> n'est pas utilisable quand :

- l'effectif total n de la table est faible (inférieur à 20)
- le total n se situe entre 20 et 40, et une des cellules contient une valeur inférieure à 5

Mais il faut préciser que lorsqu'on se trouve dans les conditions où le test de  $\chi^2$  est valide, le test exact de Fisher donne des valeurs très similaires.

Soit  $H_0$  : les variables X et Y sont indépendantes.

Nous trouvons  $p=1$ . **La différence n'est absolument pas significative.** Nous ne pouvons donc pas dire que les patients préfèrent leur type d'ACA.

## VII. Difficulté

- Cette étude a demandé un certain nombre de rendez-vous d'une durée d'1 heure. La cabine était libre le mardi après midi et le jeudi toute la journée. Il fallait donc que les patients soient disponibles à ces dates. Mais, pour permettre une plus grande souplesse, j'ai été autorisée à faire les étapes 2, 3 et 4 le samedi, journée de fermeture du centre.
- Les réglages des seconds appareils, demandaient du temps, puisque tous les paramètres devaient être identiques au premier. Pour ne pas gêner l'organisation du centre, ils étaient effectués en dehors des heures d'ouverture du centre.
- Pour réaliser cette étude il a fallu commander auprès des fabricants de nombreux ACA. Cela nous a demandé, à moi et aux assistantes, une certaine organisation, gestion et communication.
- La sélection des patients a été assez délicate. En effet, le nombre et la durée des rendez vous ainsi que le fait de se passer de ses ACA pendant 2 semaines, a été un frein pour beaucoup de patients contactés par téléphone.

## VIII. Ouverture

Pour aller plus loin et compléter cette étude, deux axes seraient à étudier :

- Reprendre cette comparaison avec des patients nouvellement appareillés.
- Appliquer cette étude à des systèmes Opens.

## CONCLUSION

Cette étude a tenté de répondre à la question « les patients déjà appareillés obtiennent-ils de meilleurs résultats avec le BTE ou le RIC aux tests d'audiométrie tonale, vocale, in vivo et APHAB ? »

Tout d'abord, nous avons pu rappeler et moduler quelques fondamentaux concernant le RIC (comme par exemple sa largeur de bande passante).

Mais surtout, elle met en lumière l'impossibilité de trancher en faveur d'un des ACA, car sur un même test, suivant les fréquences, ce n'est pas le même ACA qui est mis en avant.

A l'audiométrie tonale, le BTE apporte de meilleurs résultats significatifs sur la fréquence 1500Hz. Ce constat se retrouve avec le RIC sur les fréquences de 3000Hz et 4000Hz.

Les mesures in vivo quant à elles, sont assez en lien avec la tonale car on observe un gain d'insertion significatif plus élevé en faveur du BTE sur 1500Hz et 2000Hz et en faveur du RIC sur 3000Hz.

Le questionnaire APHAB montre un pourcentage de difficulté moyen plus élevé avec le BTE. Et les patients eux mêmes ont une préférence pour le RIC.

Il faut bien sûr moduler ces conclusions car le nombre de fréquences et de questionnaires APHAB présentant une différence significative sont faibles. Mais surtout, le test de l'audiométrie vocale ne présente pas de différences significatives. Dans les cas de communication dans un environnement calme, il n'y a pas de bénéfice supplémentaire avec l'un des appareils.

Pour terminer cette conclusion, je souhaite exposer l'aspect le plus positif de ce travail de mémoire. Comme je l'ai déjà énoncé, cette étude était assez contraignante pour les patients. De ce fait, ceux qui ont accepté, en étaient parfaitement conscients. J'ai ainsi été en contact avec des patients motivés, consciencieux et cléments avec qui j'ai pu partager et apprendre.

## BIBLIOGRAPHIE

---

- [1] HOEN M., FABRY D. Hearing aids with external receivers: can they offer power and cosmetics? H J, Janv 2007; Volume 60: Issue 1, p 28-34.
- [2] FAGGIANO R., Nouveautés congrès 2005. Biotone. Cahier de l'Audition, mars/avril 2005 ; vol 18 : n°2, p40-41
- [3] FAGGIANO R., Veille technologique. Freestyle Isosonic. Les Cahiers de l'Audition, Vol 16 n°5 sept/oct 2003 p39
- [4] FAGGIANO R., Veille technologique. Isosonic. la performance technologique au service des audioprothésistes. Les Cahiers de l'Audition, Vol 17 n°1 janv : fév. 2004 p19-21
- [5] KUK F., BAEKGAARD L. Fitting Tips and Research: Fitting Tips Hearing Aid Selection and BTEs: Choosing Among Various "Open-ear" and "Receiver-in-canal" Options. The Hearing Review, mars 2008. Traduit et publié dans audio info n°135 - 136 - 137
- [6] ALWORTH LN. , PLYLER PN. , REBER MB. , HOHNSTONE PM. The effects of receiver placement on probe microphone, performance, and subjective measures with open canal hearing instruments. J Am Acad Audiol, avril 2010; vol 21 : issue 4, p249-266.
- [7] DAGAIN C., NICOT-MASSIAS M., DODELÉ L., GERBAUD G. L'appareillage de l'adulte, le contrôle d'efficacité prothétique, Précis d'Audioprothèse, tome III. Chapitre VIII : Questionnaire immédiat du patient; comment gérer les phénomènes d'autophonation, de résonance et de tolérance. p209-216. 2007. Les Editions du Collège National d'Audioprothèse.

- [8]. VASIL-DILAJ KA., CIENKOWSKI KM. The Influence of Receiver Size on Magnitude of Acoustic and Perceived Measures of Occlusion. AJA, juin 2011; vol 20: issue 1, p61-68.
- [9] MACCIONI P. Le test d'identification phonémique par paires minimales et par logatomes. Application, utilisation en audioprothèse. Mémoire de fin d'étude du DE d'audioprothèse, 1988 ; université de Montpellier I.
- [10] CALLIOPE. La Parole et Son Traitement Automatique. Chapitre 16. p455-489. 1989. MASSON collection technique et scientifique des télécommunications.
- [11] CARTIER M., VOIERS W.D., PECKELS J.P., ROSSI M. Journée d'étude sur la parole. Groupement des acousticiens de langue française, avril 1971 ; B/b-B/h/4.
- [12] LEFEVRE F., DEHAUSSY J., PEIX G., RENGLLET T., VIROLE B. L'appareillage de l'adulte, le bilan d'orientation prothétique, Précis d'Audioprothèse, tome I. Chapitre V : Epreuves vocales rappel des données générales. p174. 2007. Les Editions du Collège National D'audioprothèse.
- [13] DODELE L., ESTOPPEY P., SCHWOB C., DODELE D. L'appareillage de l'adulte, le contrôle d'efficacité prothétique, Précis d'Audioprothèse, tome III. Chapitre II : le contrôle immédiat d'efficacité prothétique A.mesure objectives. p38-39 ; p46-57.2007. Les Editions du Collège National d'Audioprothèse.
- [14] COX R M. The Abbreviation Profile of Hearing Aid Benefit (APHAB)-administration and application. Phonak Focus 1996; n°21.
- [15] COX R M., ALEXANDER G C. The Abbreviated Profile of Hearing Aid Benefit (APHAB). Ear Hear, Avril 1995; vol 16: issue 2, p176- 186.

- [16] HOLUBE I, FREDELAKE S, VLAMING M, KOLLMEIER B. Development and analysis of an International Speech Test Signal (ISTS). Int J Audiol. Déc 2010; volume 49:issue 12, p891-903
- [17] BIZAGUET E. L'appareillage de l'adulte, le contrôle d'efficacité prothétique, Précis d'Audioprothèse, tome III. Chapitre III : le contrôle immédiat d'efficacité prothétique; mesure subjectives: audiométrie tonale. p 65 -81. 2007. Les Editons du Collège National d'Audioprothèse.

## TABLE DES ILLUSTRATIONS

<b>Figure 1</b> : schéma d'un RIC [1] .....	- 5 -
<b>Figure 2</b> : le PAC de Sebotek [2] .....	- 5 -
<b>Figure 3</b> : le RIC Freestyle de Sonic innovation [4].....	- 6 -
<b>Figure 4</b> : part de marché des différents ACA, au 1 <sup>er</sup> trimestre 2011 .....	- 6 -
<b>Figure 5</b> : % des ventes des différents ACA sur 2 trimestres .....	- 6 -
<b>Figure 6</b> : réponses en fréquence des différents modèles d'aides auditives de fabricants. [5] .....	- 11 -
<b>Figure 7</b> : Différences entre l'écouteur ED configuré comme un contour et le même configuré comme un appareil auditif ITE. [5].....	- 12 -
<b>Figure 8</b> : matériel REM.....	- 19 -
<b>Figure 9</b> : illustration des 4 points de mesures [13].....	- 20 -
<b>Figure 10</b> : réponses possibles au questionnaire APHAB [11].....	- 22 -
<b>Figure 11</b> : règles de comparaison des scores APHAB avec appareil pour un même patient [11].....	- 23 -
<b>Figure 12</b> : seuil d'audition moyen .....	- 31 -
<b>Figure 13</b> : audiométrie tonale moyenne, en champ libre, oreille droite appareillée (unité dB HL) .....	- 35 -
<b>Figure 14</b> : audiométrie tonale moyenne, en champ libre, oreille gauche appareillée (unité dB HL) .....	- 38 -
<b>Figure 15</b> : Box Plot correspondant au nombre de fautes à l'audiométrie vocale, oreilles appareillées, en champ libre. ....	- 39 -
<b>Figure 16</b> : REM moyenne, oreille droite appareillée (unité dB) .....	- 40 -
<b>Figure 17</b> : REM moyenne, oreille gauche appareillée (unité dB) .....	- 41 -
<b>Figure 18</b> : résultat obtenu pour M. SDe du groupe Jaune avec 2 appareils.....	- 42 -
<b>Figure 19</b> : résultat obtenu pour Mme GM du groupe Jaune, avec 2 appareils .....	- 44 -
<b>Figure 20</b> : résultat moyen au questionnaire APHAB, pour la catégorie FC, avec 2 appareils .....	- 45 -
<b>Figure 21</b> : résultat moyen au questionnaire APHAB, pour la catégorie RV, avec 2 appareils .....	- 46 -
<b>Figure 22</b> : résultat moyen au questionnaire APHAB, pour la catégorie BA, avec 2 appareils .....	- 47 -
<b>Figure 23</b> : résultat moyen au questionnaire APHAB, pour la catégorie SI, avec 2 appareils .....	- 48 -
<b>Figure 24</b> : seuil d'audition moyen, OD et OG, des deux groupes, en champ libre (dB HL). ....	- 50 -
<b>Figure 25</b> : audiométrie tonale des 2 groupes pour l'Oreille Droite.....	- 50 -
<b>Figure 26</b> : audiométrie tonale des 2 groupes pour l'Oreille Gauche.....	- 51 -
<b>Figure 27</b> : nombre de fautes à l'audiométrie vocale avec ACA .....	- 53 -
<b>Figure 28</b> : REIR pour les 2 groupes, avec ACA OD.....	- 54 -
<b>Figure 29</b> : REIR pour les 2 groupes, avec ACA OD.....	- 54 -
<b>Figure 30</b> : résultat moyen au questionnaire APHAB, à chaque catégorie, avec 2 appareils .....	- 64 -
<b>Figure 31</b> : part de réponse des patients à la question « entre les 2 ACA, lequel avez-vous préféré ? » .....	- 68 -

## TABLE DES ANNEXES

---

Annexe 1 : Test d'Identification Phonémique par Logatomes

Annexe 2 : Questionnaire APHAB

Annexe 3 : Table des rangs signés de Wilcoxon

Annexe 4 : Exemple du traitement d'APHAB sous Excel

Annexe 5 : Données patients



## Annexe1 : test d'identification phonémique par logatomes

nom du patient:

date du test

		Voyelles(F2)		750	1250	1800	2200
				u	a	y	i
Consonnes							
continu non voisé	aigu	s					
	grave	f					
	compact	ʃ					
continu voisé	aigu	z					
	grave	v					
	compact	ʒ					
interrompu non voisé	aigu	t					
	grave	p					
	compact	k					
interrompu voisé	aigu	d					
	grave	b					
	compact	g					
nasal	aigu	n					
	grave	m					
vocalique continu	aigu	l					
	compact	r					

chaque logatome est composé de deux voyelles identiques et d'une consonne selon la structure V-C-V (voyelle consonne voyelle)

pour chaque liste, le signe "+" indique une bonne réponse et toute autre valeur présente les confusions phonétiques ou les non identifications.

## Annexe 2 : questionnaire APHAB

### APHAB – FORMULAIRE A

	Non appareillé	Appareillé
1. Quand je suis dans un supermarché plein de monde et que je parle avec la caissière, j'arrive à suivre la conversation.	A B C D E F G	A B C D E F G
2. Quand j'écoute une conférence, beaucoup d'informations sont perdues pour moi.	A B C D E F G	A B C D E F G
3. Des bruits inattendus, tels qu'un détecteur de fumée ou une sonnerie d'alarme, me sont pénibles.	A B C D E F G	A B C D E F G
4. J'ai de la peine à suivre une conversation quand je suis chez moi, avec quelqu'un de ma famille.	A B C D E F G	A B C D E F G
5. J'ai de la peine à comprendre les dialogues au cinéma ou au théâtre.	A B C D E F G	A B C D E F G
6. Quand j'écoute les informations en voiture et que des membres de ma famille sont en train de parler, j'ai de la peine à entendre les nouvelles.	A B C D E F G	A B C D E F G
7. Quand je dîne avec plusieurs personnes et que j'essaie d'avoir une conversation avec l'une d'entre elles, j'ai de la peine à comprendre ce qu'elle dit.	A B C D E F G	A B C D E F G
8. Les bruits de la circulation sont trop forts.	A B C D E F G	A B C D E F G
9. Quand je parle avec quelqu'un à travers une grande pièce vide, je comprends ses paroles.	A B C D E F G	A B C D E F G
10. Quand je suis dans un petit bureau, en train de poser ou de me faire poser des questions, j'ai de la peine à suivre la conversation.	A B C D E F G	A B C D E F G
11. Quand je suis dans une salle de cinéma ou de théâtre et que les gens murmurent et froissent du papier autour de moi, j'arrive quand même à comprendre le dialogue.	A B C D E F G	A B C D E F G
12. Quand j'ai une conversation avec un ami et que nous parlons doucement, j'ai de la peine à comprendre.	A B C D E F G	A B C D E F G



13.	Les bruits d'eau courante, chasse d'eau ou douche par exemple, sont trop forts et me sont pénibles.	A B C D E F G	A B C D E F G
14.	Quand un orateur parle à un petit groupe et que tout le monde écoute calmement, je dois faire un effort pour comprendre.	A B C D E F G	A B C D E F G
15.	Lors d'une conversation tranquille avec mon médecin, dans son cabinet de consultation, il m'est difficile de suivre la conversation.	A B C D E F G	A B C D E F G
16.	Je comprends les conversations même quand plusieurs personnes sont en train de parler.	A B C D E F G	A B C D E F G
17.	Les bruits de chantier sont trop forts et me sont pénibles.	A B C D E F G	A B C D E F G
18.	J'ai de la peine à comprendre ce qui se dit lors de conférences ou de services religieux.	A B C D E F G	A B C D E F G
19.	J'arrive à communiquer avec les autres dans une foule.	A B C D E F G	A B C D E F G
20.	Le bruit de la sirène d'un camion de pompiers à proximité est si fort que je dois me boucher les oreilles.	A B C D E F G	A B C D E F G
21.	Je peux suivre le sermon, lors d'un service religieux.	A B C D E F G	A B C D E F G
22.	Les crissements de pneus sont trop forts et me sont pénibles.	A B C D E F G	A B C D E F G
23.	Dans des conversations en tête à tête, dans une pièce calme, je dois demander aux gens de répéter.	A B C D E F G	A B C D E F G
24.	J'ai du mal à comprendre les autres quand un système d'air conditionné ou un ventilateur est en marche.	A B C D E F G	A B C D E F G

### Annexe 3 : Table des rangs signés de Wilcoxon

**Table A-8** Valeurs critiques du  $T$  pour le test des rangs signés de Wilcoxon

$n$	$\alpha$			
	0,005 (une queue)	0,01 (une queue)	0,025 (une queue)	0,05 (une queue)
	0,01 (deux queues)	0,02 (deux queues)	0,05 (deux queues)	0,10 (deux queues)
5	*	*	*	1
6	*	*	1	2
7	*	0	2	4
8	0	2	4	6
9	2	3	6	8
10	3	5	8	11
11	5	7	11	14
12	7	10	14	17
13	10	13	17	21
14	13	16	21	26
15	16	20	25	30
16	19	24	30	36
17	23	28	35	41
18	28	33	40	47
19	32	38	46	54
20	37	43	52	60
21	43	49	59	68
22	49	56	66	75
23	55	62	73	83
24	61	69	81	92
25	68	77	90	101
26	76	85	98	110
27	84	93	107	120
28	92	102	117	130
29	100	111	127	141
30	109	120	137	152

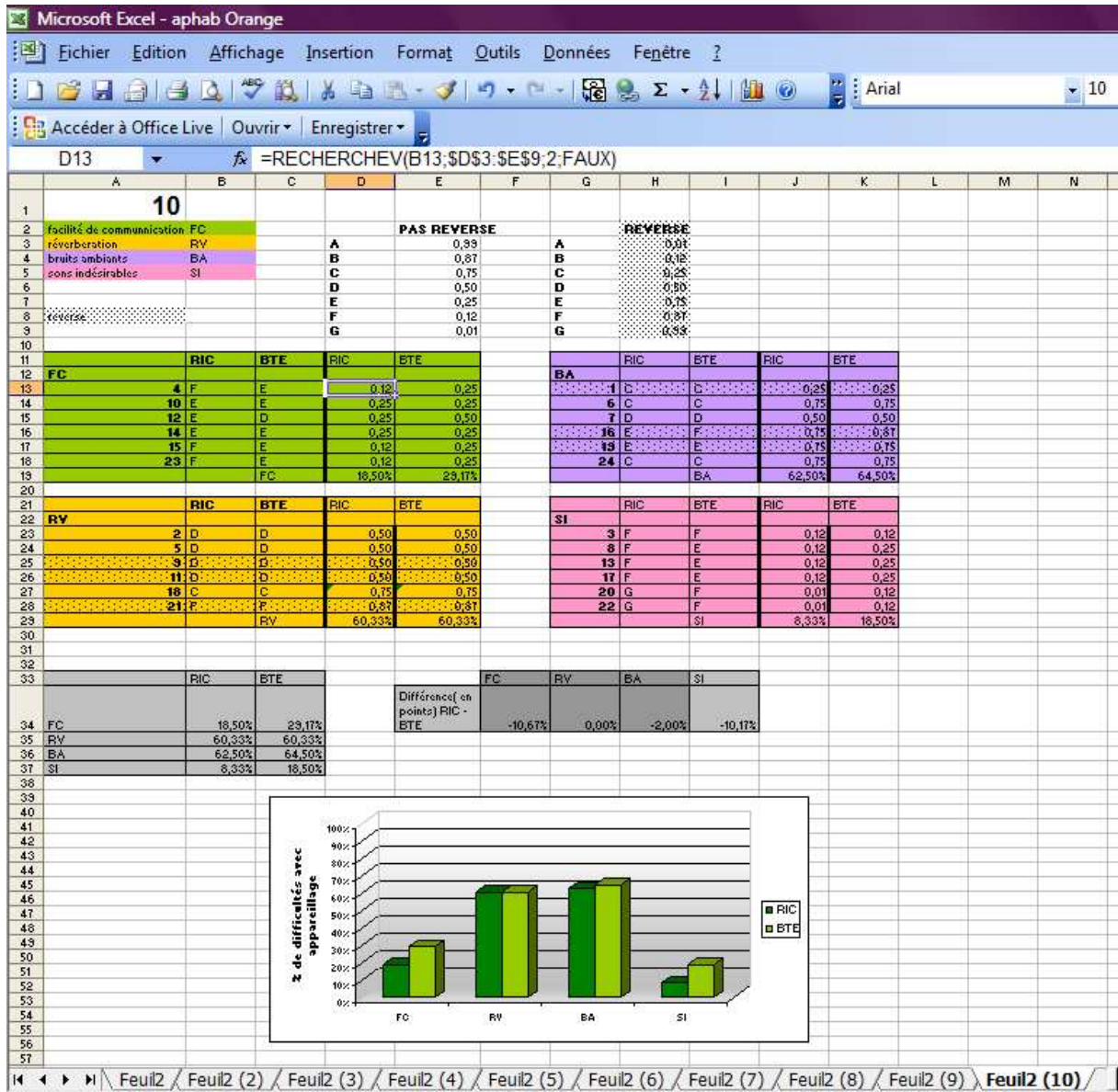
Source :

$\alpha=0.05$

$\alpha=0.10$

D'après Some Rapid Approximate Statistical Procedure, 1964, Lederle Laboratories Division of American Cyanamid Company.

## Annexe 4 : exemple du traitement d'APHAB sous Excel



## Annexe 5 : Données patients

Colonne verte=BTE

Colonne beige=RIC

# RÉSUMÉ

Pour réhabiliter la fonction auditive, l'audioprothésiste dispose de différents appareils de correction auditive dont le BTE (Behind The Ear) et le RIC (Receiver In the Canal). Ce dernier est proposé aussi bien dans les cas de renouvellement que de premier appareillage.

Cette étude a pour but de comparer ces deux appareils, en se basant sur les tests de l'audiométrie Tonale, de l'audiométrie vocale, des mesures in vivo et du questionnaire APHAB.

L'objectif est d'évaluer les bénéfices avec ces appareils, à chacun de ces tests, chez des patients déjà équipés d'appareils de correction auditive.

Au final, les mesures tonales dans les fréquences médiums avec le BTE sont supérieures à celles obtenues avec le RIC. En revanche, dans les fréquences aiguës, le phénomène est inversé. Ces observations s'expliquent par un gain d'insertion significativement plus important aux mesures in vivo. Concernant le questionnaire APHAB, il est en faveur de l'appareil RIC.

Ces données sont à nuancer car l'audiométrie vocale dans le silence n'a pas montré de différence significative en faveur de l'un des appareils. De plus, le nombre de différences significatives sur les fréquences et au questionnaire sont faibles.

## Mots clés :

BTE, RIC, audiométrie tonale, audiométrie vocale, in vivo, APHAB, différences significatives.