



<http://portaildoc.univ-lyon1.fr>

Creative commons : Paternité - Pas d'Utilisation Commerciale -  
Pas de Modification 2.0 France (CC BY-NC-ND 2.0)



<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.0/fr>



## INSTITUT DES SCIENCES ET TECHNIQUES DE LA READAPTATION

---

**Directeur Docteur Xavier PERROT**

---

AUDIOMETRIE VOCALE D'EQUILIBRATION PROTHETIQUE

MEMOIRE présenté pour l'obtention du

## DIPLOME D'ETAT D'AUDIOPROTHESISTE

par

DONET Charlie

Autorisation de reproduction

LYON, le 14 Octobre 2016

N° 678

Directeur de l'Enseignement  
**Stéphane GALLEGO**



Président  
**Pr Frédéric FLEURY**

Vice-président CA  
**M. REVEL Didier**

Vice-président CEVU  
**M. CHEVALIER Philippe**

Vice-président CS  
**M. VALLEE Fabrice**

Secrétaire Général  
**M. HELLEU Alain**

## Secteur Santé

U.F.R. de Médecine Lyon Est  
Directeur  
**Pr. ETIENNE Jérôme**

U.F.R d'Odontologie  
Directeur  
**Pr. BOURGEOIS Denis**

U.F.R de Médecine Lyon-Sud  
Charles Mérieux  
Directrice  
**Pr BURILLON Carole**

Institut des Sciences Pharmaceutiques et Biologiques  
Directrice  
**Pr VINCIGUERRA Christine**

Département de Formation et  
Centre de Recherche en Biologie  
Humaine  
Directeur  
**Pr SCHOTT Anne-Marie**

Institut des Sciences et Techniques de  
Réadaptation  
Directeur  
**Dr Xavier PERROT**

Comité de Coordination des  
Etudes Médicales (CCEM)  
**Pr ETIENNE Jérôme**



## Secteur Sciences et Technologies

U.F.R. Des Sciences et Techniques des Activités Physiques et Sportives (S.T.A.P.S.)

Directeur

**M. VANPOULLE Yannick**

Institut des Sciences Financières et d'Assurance (I.S.F.A.)

Directeur

**M. LEBOISNE Nicolas**

Ecole Supérieure du Professorat et de l'Education

Directeur

**M. MOUGNIOTTE Alain**

UFR de Sciences et Technologies

Directeur

**M. DE MARCHI Fabien**

POLYTECH LYON

Directeur

**Pr PERRIN Emmanuel**

IUT LYON 1

Directeur

**M. VITON Christophe**

Ecole Supérieure de Chimie Physique Electronique de Lyon (ESCPE)

Directeur

**M. PIGNAULT Gérard**

Observatoire astronomique de Lyon

Directeur

**Mme DANIEL Isabelle**

# Table des matières

I. Résumé .....	4
Objectif : .....	4
Matériel et méthode : .....	4
Résultats : .....	4
II. Introduction .....	5
A) Présentation du sujet .....	5
B) Rappel de vocabulaire : .....	6
C) Localisation et audition binaurale .....	8
1 Fonction binaurale : .....	8
Augmentation de l'intensité subjective : .....	8
Amélioration de l'orientation auditive : .....	8
Amélioration de l'intelligibilité de la parole dans le bruit : .....	8
2 Conséquence des dommages cochléaires sur la fonction binaurale. ....	9
3 Localisation chez le normo-entendant : .....	11
Plan horizontal : .....	11
Plan vertical : .....	13
4 Conséquences des dommages cochléaires sur la localisation.....	14
D) Épreuve de stéréoaudiométrie .....	15
1 Épreuve de localisation sonore : .....	15
2 Épreuve de discrimination spatiale de la parole dans le bruit : .....	16
3 Épreuve de mesure du gain prothétique multidirectionnel : .....	17
E) Problématique .....	18
F) Objectif .....	18
G) Hypothèse .....	18

III. Matériel et Méthode .....	19
A) Population .....	19
B) Matériel de test .....	20
Test d'intelligibilité dans le bruit : .....	20
C) Déroulement du test.....	20
IV. Résultats.....	26
A) Contrôle de nécessite du test :.....	27
1 Test statistique : .....	27
2 Interprétation : .....	28
B) Contrôle d'efficacité post-modification :.....	30
1 Test statistique :.....	30
2 Interprétation : .....	31
C) Contrôle de l'efficacité attendue :.....	33
1 Test statistique :.....	33
2 Interprétation : .....	34
V. Discussion. ....	36
A) Eléments de réponse aux problématiques : .....	36
B) Limites de l'étude : .....	37
1 Population : .....	37
2 Niveau sonore .....	37
3 Traitement de signaux et limites de l'appareillage : .....	38
4 Procédure d'affinage avec contrôle d'efficacité dans le temps : .....	38
5 Amélioration du protocole : .....	39
VI. Conclusion.....	41

## **REMERCIEMENTS :**

Je tiens à remercier tout particulièrement Paul BERGER et Stéphane GALLEGOS de m'avoir permis de réaliser ce mémoire dans des conditions optimales, mais aussi pour leurs conseils avisés, leur soutien et leur aide précieuse quant à la réalisation de celui-ci.

Un grand merci à Renaud GAYTE pour sa présence, son aide et ses conseils tout au long de mon stage et lors de l'élaboration de mon mémoire. Merci à Noémie BENCHETRIT pour la bonne humeur qu'elle amenait les jeudis.

Je suis aussi reconnaissant à l'ensemble des patients qui m'ont consacré un peu de leur temps et accepté les tests nécessaires à l'écriture de ce mémoire.

Bien sûr, je remercie l'ensemble de mes amis qui se reconnaîtront, pour m'avoir accompagné et soutenu tout au long de cette rédaction de mémoire et plus largement de notre formation.

Merci à Julien et Victoria qui, depuis le début de la Prépa, n'ont cessé de m'encourager et me soutenir.

Mes parents, ma fratrie, je ne vous remercierai jamais assez !

## I. Résumé.

### Objectif :

Ce mémoire a pour objectif de mettre en place un test auditif qui devrait agir sur les réglages prothétiques et améliorer immédiatement les performances du patient.

### Matériel et méthode :

La population du mémoire est de vingt individus, onze hommes pour neuf femmes avec un âge moyen de 72,8 ans.

Le test a été effectué dans une cabine insonorisée grâce à deux haut-parleurs, les listes dissyllabiques de Fournier et un bruit de type « cocktail party ».

### Résultats :

Les résultats sont significatifs au niveau de l'amélioration de l'intelligibilité au fur et à mesure où nous avons apporté des modifications sur le réglage.

Cependant, cette progression n'a pas été à la hauteur de nos espérances.

## **II. Introduction.**

### **A) Présentation du sujet**

De nombreux progrès ont été faits sur les appareils auditifs. La miniaturisation de l'électronique a permis aux fabricants d'améliorer considérablement l'esthétique des prothèses auditives alors que l'apparition du traitement numérique du signal en 1996 [23]\* entraîne un rapide progrès sur la qualité sonore des prothèses.

De ce fait, la perception de l'appareillage par la population s'est nettement améliorée et la patientèle venant faire des démarches auprès des professionnels s'est rajeunie.

Il est vrai que la technologie actuelle permet d'apporter un véritable confort aux patients, que les traitements sonores sont de plus en plus performants mais que parallèlement les patients sont de plus en plus exigeants vis à vis de l'efficacité de leur appareillage et ce, dans les situations des plus difficiles (réunions, restaurant, congrès...).

Pour répondre aux attentes des malentendants toujours en activité et sans cesse confrontés à des milieux sonores perturbants, l'audioprothésiste devra user de stratégies de réglage plus complètes (tests audiométriques vocaux, épreuve de stéréoaudiométrie...) et disposer d'outils de grande précision comme la mesure in-vivo, les mesures au coupleur, etc.

Cependant et bien qu'il existe de nombreux tests permettant de régler l'appareillage de manière binaurale, peu sont facilement abordables tant en termes de matériel, (sept à huit haut-parleurs pour les tests de localisation ou de gain multidirectionnel)

---

\*Les chiffres se rapportent à la bibliographie.

qu'en termes de temps (fatigue du patient, contraintes d'emploi du temps, etc.).

Dans ce mémoire, nous essayerons de mettre en place un nouveau test, facile et rapide d'utilisation, qui permettrait une amélioration immédiate de l'audition binaurale et ainsi une meilleure compréhension dans les milieux bruyants.

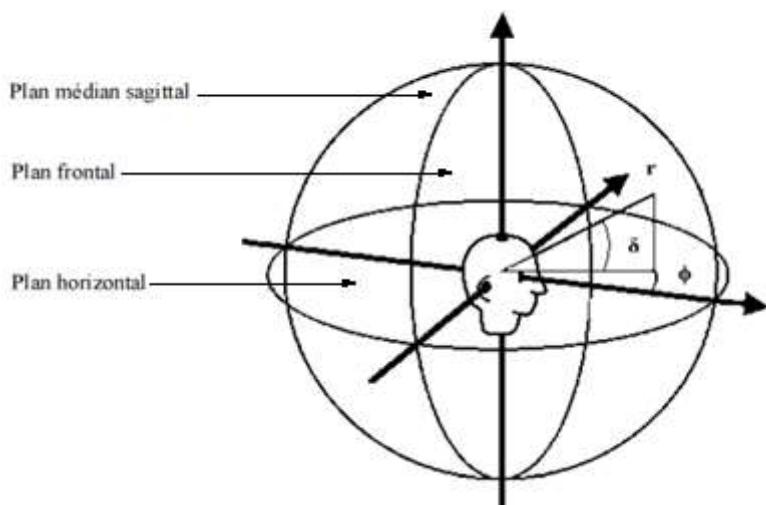
## B) Rappel de vocabulaire :

- **Dichotique** : stimulation inégale ou sensation dissemblable sur chacune des deux oreilles.
- **Diotique** : stimulation égale ou sensation semblable sur chacune des deux oreilles.
- **Localisation sonore** : d'après le dictionnaire de la langue française Larousse

Localiser : Déterminer la place de quelque chose, l'endroit où se situe quelque chose, quelqu'un, d'où provient quelque chose

Sonore : Qui se rapporte au son en tant que phénomène physique ou acoustique

La localisation sonore est donc la capacité de déterminer la position dans l'espace d'un son. Cette localisation s'effectue dans toutes les directions de l'espace. Dans un système de coordonnées crâniocentriques, comme représenté ci-dessous, on distinguera alors le plan horizontal, le plan frontal et le plan médian sagittal.



*Figure 1: Système de coordonnées crâniocentriques*

**Audition binaurale** : Audition simultanée par les deux oreilles. L'audition binaurale, a contrario de la stéréoacousie, n'implique pas obligatoirement l'intégralité de la fonction binaurale.

**Fonction binaurale** : "Dans l'environnement, seule l'écoute dichotique existe et permet à la fonction binaurale de s'exercer. Si les deux oreilles recevaient la même information, nous serions incapables de suivre des conversations dans des ambiances bruyantes, localiser des sources sonores et définir notre environnement sonore." [25]

La fonction binaurale est efficace seulement si l'écoute binaurale est équilibrée avec trois conditions : l'indépendance fonctionnelle des deux oreilles, la captation du son au niveau de l'oreille stimulée, la liberté des mouvements de la tête. Il est tout à fait possible de restaurer la fonction binaurale notamment grâce à un appareillage stéréophonique.

## C) Localisation et audition binaurale

### 1 Fonction binaurale :

L'audition binaurale a de nombreux avantages sur l'audition monaurale.

#### **Augmentation de l'intensité subjective :**

Hirsh a montré, dans une de ses études de 1956, un bénéfice au niveau de l'augmentation de l'intensité subjective. [14]

Le gain stéréophonique lors d'un appareillage binaural est d'environ 3 dB au seuil, et de 6 dB à des niveaux supraliminaires. [16] [17]

Une différence de 10 dB entre le seuil des deux oreilles amène cette augmentation à seulement 0,5 dB.

Un gain au niveau de l'audiométrie vocale en champ libre a aussi été mesuré et serait d'environ 6 à 10 dB lors d'une écoute binaurale. [6]

#### **Amélioration de l'orientation auditive :**

La fonction de localisation fait en partie intervenir des différences interaurales d'intensité, de temps et de phase que nous décrirons plus précisément par la suite. Il est donc indispensable de posséder une audition binaurale équilibrée pour que cette fonction soit efficace.

#### **Amélioration de l'intelligibilité de la parole dans le bruit :**

Ce phénomène de l'audition binaurale est le plus important sous l'angle des relations

sociales et est intimement lié à la fonction de localisation précédemment évoquée.

La capacité de localisation permet au cortex de séparer les informations venant de différentes sources et ainsi de les traiter de manière indépendante.

Le traitement différentiel des signaux nous permet donc de nous focaliser sur telle ou telle source sonore.

Cherry et Sayers [18] ont montré une amélioration fonctionnelle de 5 à 10 dB du rapport signal sur bruit grâce à l'utilisation des indices de localisation.

## **2 Conséquence des dommages cochléaires sur la fonction binaurale.**

La surdité unilatérale ou asymétrique a pour effet de supprimer la fonction binaurale.

En effet, tous les bénéfices décrits ci-dessus sont supprimés ou grandement diminués avec ce type de surdité.

De plus, pour les surdités asymétriques, un effet de privation auditive se met en place.

Arlinger et coll., (1996) [2] donnent cette définition de la privation auditive : « Diminution systématique des performances auditives au cours du temps associée avec une réduction de la disponibilité de l'information acoustique ».

L'oreille sous-stimulée verra donc ses performances liminaires comme supraliminaires se dégrader au cours du temps. Silman et coll, (1984) [19] ont observé une dégradation de la compréhension de la parole plus rapide sur l'oreille la plus atteinte ou non appareillée.

Plusieurs facteurs peuvent influencer la privation auditive tels que :

- L'ancienneté de la surdité unilatérale ou de l'amplification monaurale,
- L'importance de la perte,
- Les performances initiales aux tests d'intelligibilité,
- L'âge du patient.

La privation auditive serait vraisemblablement réversible mais le temps nécessaire est très variable selon les études allant de trois mois pour Gatehouse, (1992) [10] à 11,5 ans pour Silverman, (1989). [21]

De plus, certaines études tendent à dire que la réversibilité pourrait ne pas avoir lieu [11] ou seulement partiellement. [4]

La surdité symétrique n'a, quant à elle, que peu d'impact sur la fonction binaurale à partir du moment où le stimulus sonore est suffisamment fort pour être perçu.

### 3 Localisation chez le normo-entendant :

#### Plan horizontal :

La localisation sonore sur le plan horizontal est due en grande partie à une différence interaurale de temps et d'intensité (DIT et DII).

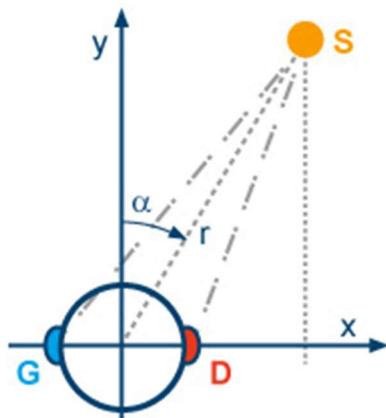
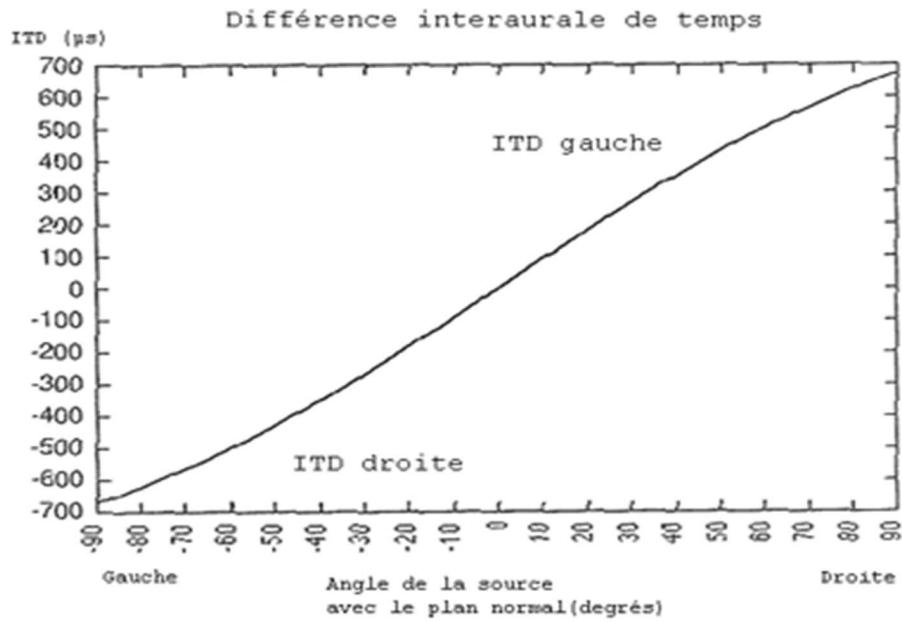


Figure 2: Représentation d'une source sonore dans le plan horizontal [25]

#### Différence interaurale de temps :

Comme schématisé sur la figure ci-dessus, le son arrive d'abord sur l'oreille la plus proche de la source sonore. Cet écart lors de la captation du son est la différence interaurale de temps. La DIT est nulle pour des sources incidentes frontalement (angle 0° sur la figure 3) et augmente pour un maximum de 700µs (valeur approximative dépendant de la vitesse du son, de la taille de la tête,...) lorsque le son provient latéralement.



*Figure 3: Différence interaurale de temps en fonction de l'angle de la source dans le plan horizontale [26]*

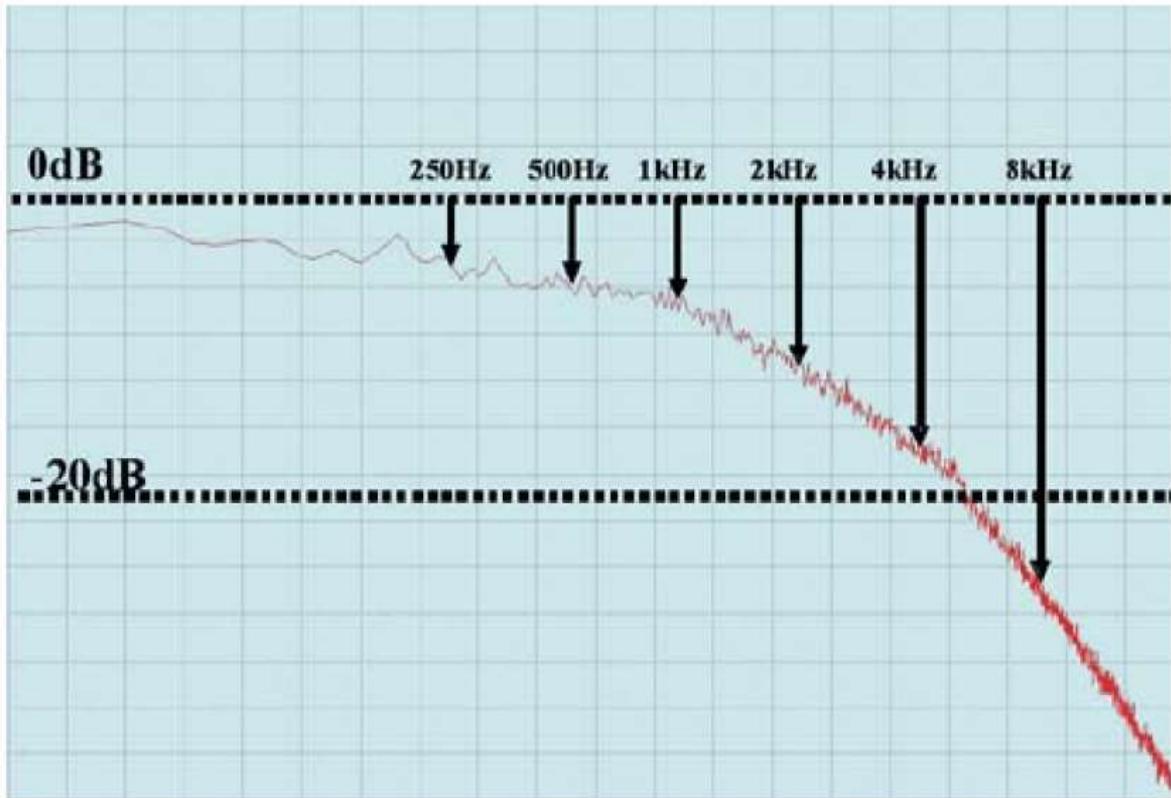
La différence interaurale de temps est un retard de perception des sons qui induit un décalage de phase. La différence interaurale de phase est un autre indice utilisé par le système auditif pour permettre la localisation des sons sur le plan horizontal.

Il existe cependant des limites fréquentielles pour ces différences interaurales du fait de la diffraction du son autour de la tête, du tronc, etc. Ces limites sont atteintes à 1500Hz environ pour la différence de temps et de 800Hz pour la différence de phase.

[13] [16]

### **Différence interaurale d'intensité :**

Au-delà de ces limites, la différence interaurale d'intensité prend le relais. En effet, si dans les basses fréquences, l'effet de l'ombre de la tête n'a que peu d'effet, dans les plus hautes fréquences cette différence peut être très importante (Cf figure 4). La DII est vraiment efficace pour des fréquences supérieures à 1500Hz.



*Figure 4: Atténuation en fonction de la fréquence due à l'ombre de la tête [1]*

Pour une localisation horizontale, il semblerait que 1500Hz soit la fréquence qui nous mette le plus en difficulté. Cela provient sans doute du fait que, ni la différence de niveau sonore, ni la différence de temps ne soit suffisamment significative pour cette fréquence. La localisation la plus précise est pour les fréquences autour de 800Hz. [15]

### **Plan vertical :**

La localisation verticale est possible grâce aux résonances et réflexions produites dans le pavillon auriculaire avant l'entrée dans le conduit auditif externe.

Ces réflexions provoquent des modifications dans le spectre sonore (encoches ou pics) sur certaines fréquences dépendant de la position de la source sonore dans le plan sagittal. Cependant, ces réflexions et résonances sont formées seulement pour

des fréquences supérieures à 5kHz car la longueur d'onde doit être suffisamment petite par rapport à la taille du pavillon. [3] [12] [22]

#### **4 Conséquences des dommages cochléaires sur la localisation**

Les patients se plaignent rarement de problème de localisation mais lorsque que nous les interrogeons sur cette problématique, nous observons qu'elle touche de nombreux patients. Ceci est particulièrement vrai pour des surdités sévères ou asymétriques. [5]

##### **Surdité unilatérale :**

La localisation sur le plan horizontal est grandement dégradée du fait que sur cet axe, la localisation est dépendante d'une différence entre les deux oreilles. Il est cependant possible que le patient s'habitue à la perte d'audition et que la DII soit de nouveau utile pour localiser.

Sur le plan vertical, et à condition que l'oreille controlatérale ait une audition normale, la localisation n'est que peu impactée. Cela est dû au fait que les indices spectraux sont présents pour l'oreille normo-entendant.

##### **Surdité symétrique :**

Les sujets atteints de surdité symétrique seraient moins impactés par des soucis de localisation horizontale, notamment lorsque le stimulus est suffisamment fort. Ils pourront cependant rencontrer des problèmes de localisation verticale sur des surdités de type presbyacousique du fait que la composante aiguë est atteinte et régulièrement associée à une résolution fréquentielle affectée. Cette dernière empêche l'identification des fréquences des creux et pics du spectre.

## D) Épreuve de stéréoaudiométrie

Ces tests auditifs ont pour vocation de contrôler que la correction prothétique rétablisse la fonction binaurale et les bénéfices décrits précédemment.

Decroix et Dehaussy [7] [8] ont réparti les épreuves stéréophoniques en trois groupes :

### 1 Épreuve de localisation sonore :

L'épreuve de localisation spatiale consiste, pour un patient assis dans un local le moins réverbérant possible, face à sept haut-parleurs très directionnels disposés tous les  $30^\circ$  en demi-cercle, à indiquer de quelle source provient le stimulus.

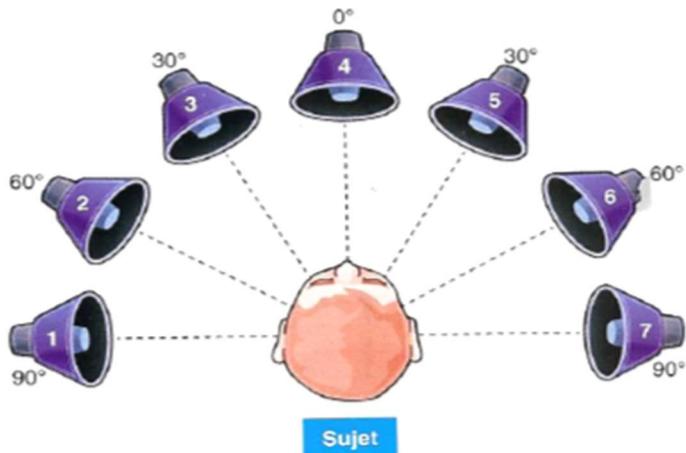


Figure 5: Épreuve de localisation sonore spatiale [21]

Le stimulus utilisé pourra varier en fonction du contrôle souhaité :

Un signal discontinu permettra de contrôler les indices de variations temporelles de fréquences ou de temps interauriculaires et ainsi vérifier le bon fonctionnement de la stéréoacousie d'un patient. Ce test sera cependant plus difficile pour un sujet en audition monaurale du fait de l'absence de fonction binaurale.

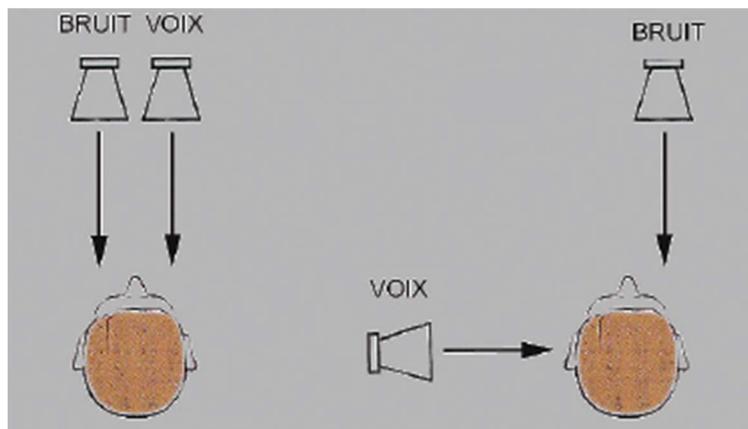
Un signal continu est exploitable seulement grâce à l'intensité. Le patient en situation stéréoacousique utilisera les différences interauriculaires pour localiser. Le sujet en situation d'audition monaurale ne tentera de localiser le son qu'en effectuant des mouvements de tête et ainsi, faire varier l'intensité perçue selon l'axe de la tête. Cette stratégie n'est pas possible sur des sons variables ou courts. [21]

## **2      Épreuve de discrimination spatiale de la parole dans le bruit :**

Aussi appelé épreuve de Hirsh, ce test a pour objet d'évaluer les possibilités de discrimination de la parole dans le bruit. On compare pour cela les performances obtenues dans deux situations, parole venant face au sujet pour la première et parole venant latéralement pour la seconde tandis que le bruit reste fixe venant en face du sujet. [7] [8] [14]

Le test est effectué avec un son perturbant fixe à 65dB.

Si la binauralité du sujet est normale ou restaurée, le pourcentage de mots correctement répétés est supérieur de 10 à 25% dans la seconde situation. Cette performance est due au fait que le sujet, possédant une bonne fonction binaurale, utilise les informations différentielles spatiales pour faire émerger la parole du bruit.



*Figure 6: Épreuve de Hirsh : disposition des sources de bruit et de parole*

### 3 Épreuve de mesure du gain prothétique multidirectionnel :

Ce test consiste à mesurer le gain prothétique en champ libre sur huit azimuts avec une fréquence de 2kHz (fréquence pour laquelle l'effet d'ombre de la tête est important). Ainsi, on peut apprécier l'amélioration de la perception des signaux provenant du côté de l'oreille atteinte, après la mise en place d'une correction prothétique adaptée. [7] [8]

En conclusion de cette partie théorique, nous pouvons voir que l'équilibre binaural est un élément essentiel de la compréhension dans les milieux bruyants. Sa prise en compte lors du réglage des deux appareils est donc quelque chose d'essentiel.

Bien que les tests cités précédemment permettent d'équilibrer l'appareillage efficacement, ils demandent beaucoup de matériel que tous les audioprothésistes ne possèdent pas.

## **E) Problématique**

Dans quelle mesure, les problèmes d'équilibres binauraux impactent-ils les patients dans leur vie de tous les jours ?

Pourrions-nous, grâce à un test audioprothétique supraliminaire vocal, avoir des données qui permettraient d'agir sur le réglage patient pour améliorer l'équilibre prothétique binaural ?

Pourrions-nous avoir une amélioration immédiate des performances de compréhension lors de cette modification ?

## **F) Objectif**

Ce mémoire a pour objectif de mettre en place un test auditif qui devrait agir sur les réglages prothétiques et améliorer immédiatement les performances du patient.

## **G) Hypothèse**

Nous supposerons dans le reste de ce mémoire que l'amélioration de l'équilibre binaural nous permettra une augmentation immédiate des performances de compréhension.

### III. Matériel et Méthode.

#### A) Population

La population testée lors de ce mémoire est composée de 11 hommes et 9 femmes dont l'âge varie de 53 ans à 93 ans. La moyenne d'âge est de 72,8 ans.

Nous n'avions pas de limite audiométrique imposée par ce mémoire, aussi nous avons choisi des patients ayant des surdités variables et pas forcément symétrique.

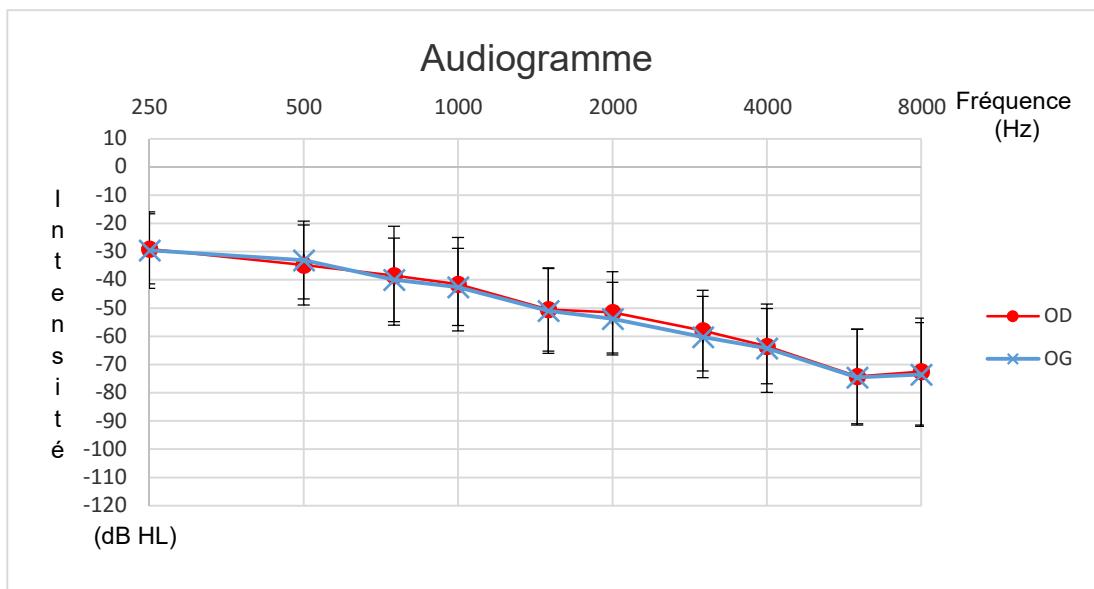


Figure 7: Audiogramme moyen des sujets testés

## B) Matériel de test

### **Test d'intelligibilité dans le bruit :**

Les tests d'intelligibilité dans le bruit ont été effectués dans deux cabines insonorisées différentes répondant toutes deux aux normes en vigueur. Le test a été effectué en champ libre grâce à deux haut-parleurs situés de part et d'autre du sujet et à une distance d'un mètre de la tête du patient.

Les listes vocales utilisées sont les listes dissyllabiques de Fournier et le bruit perturbant est un signal de type Cocktail party.

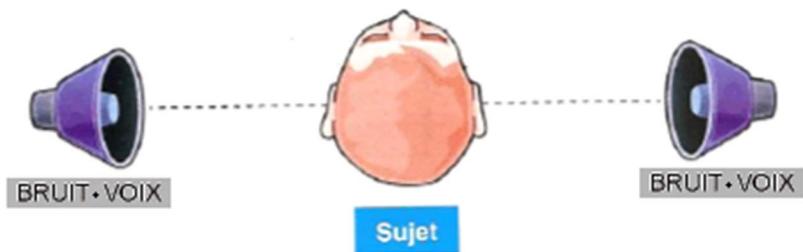
## C) Déroulement du test

Une étude, précédemment citée de Cherry et Sayers [18], montrait une amélioration fonctionnelle de 5 à 10 dB du rapport signal sur bruit grâce à l'utilisation des indices de localisation.

En partant de cette observation, nous avons créé un test nous permettant d'optimiser l'équilibre binaural prothétique de nos patients en utilisant une audiométrie vocale dans le bruit.

Pour ce faire, nous installons le sujet entre deux haut-parleurs.

Chacun des haut-parleurs délivre la même source sonore, le signal de parole est mixé avec le bruit perturbant, et nous faisons varier indépendamment l'intensité des haut-parleurs droit et gauche.



*Figure 8: position du sujet par rapport au haut-parleur*

Deux listes de Fournier sont effectuées pour chaque intensité. Le relevé des erreurs est fait en syllabe soit 40 syllabes par intensité testée.

Nous commençons le test à une intensité de 55dB dans chaque haut-parleur.

Puis nous faisons varier l'intensité des haut-parleurs droit et gauche de manière opposée pour créer un déséquilibre binaural.

Ainsi, nous testerons les intensités :

53 dB oreille droite / 57 dB oreille gauche

54 dB oreille droite / 56 dB oreille gauche

55 dB oreille droite / 55 dB oreille gauche

56 dB oreille droite / 54 dB oreille gauche

57 dB oreille droite / 53 dB oreille gauche.

Les intensités 52dB/58dB ou 58dB/52dB peuvent aussi être testées mais il faut être vigilant car, au delà, le niveau sonore binaural est augmenté.

En effet, nous ne voulons pas que notre test soit influencé par une augmentation de niveau sonore qui pourrait, par la force des choses, créer une amélioration de la compréhension. Le niveau sonore pouvant être calculé par la formule :

$$N_{L\text{ tot}} = 10 \log(\sum 10^{L1/10} + 10^{L2/10} + \dots + 10^{Lx/10})$$

on peut alors dire que

$$N_{L(55/55)} = 10 \log(10^{5,5} + 10^{5,5}) = 58 \text{ dB}$$

tandis que

$$N_{L(54/56)} = 58,12 \text{ dB}$$

$$N_{L(53/57)} = 58,46 \text{ dB}$$

$$N_{L(52/58)} = 58,97 \text{ dB}$$

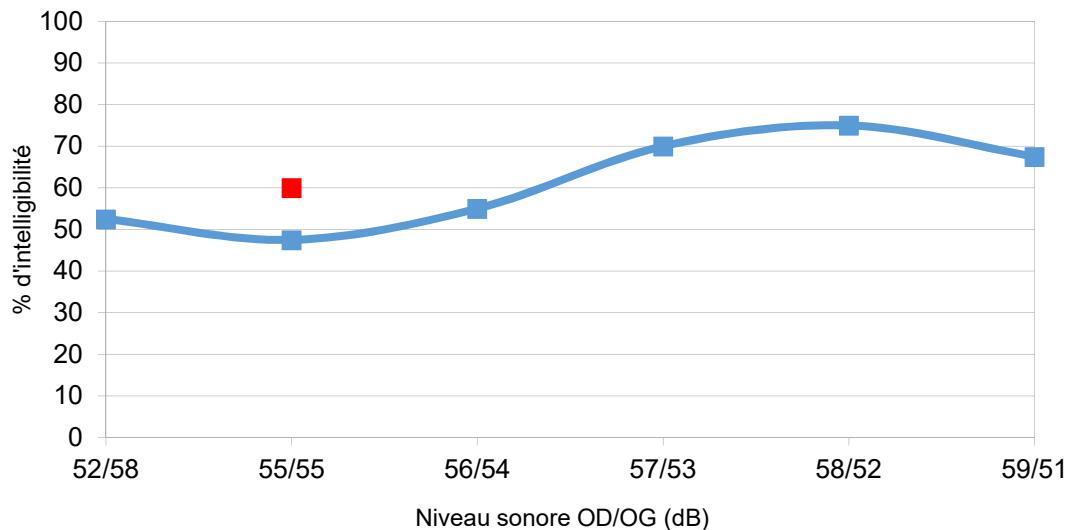
D'après la loi de Weber, le seuil d'intensité différentiel pour des bandes de bruit est d'environ 1dB. [24]

Nous pouvons estimer que, pour les intensités au delà de 52/58 dB, le niveau sonore serait perçu plus fort et que la compréhension pourrait en être impactée.

Une fois ce test effectué, nous devons observer les résultats pour 'effectuer si nécessaire des réglages pour améliorer l'équilibre auditif binaural.

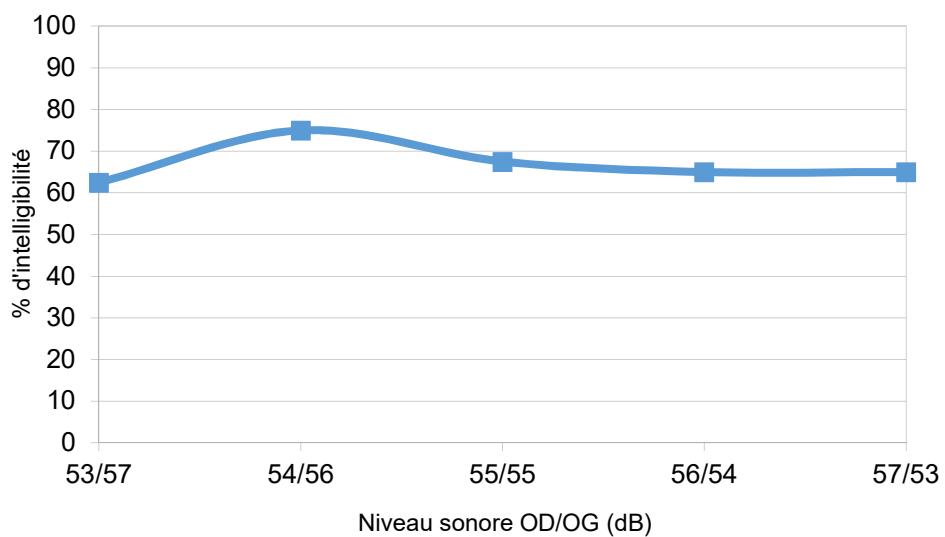
En partant du principe que la fonction binaurale permet la meilleure compréhension dans le bruit, nous retiendrons, comme intensités d'équilibre, les mesures résultant des meilleures performances du sujet. Si celles-ci ne sont pas 55dB OD et 55dB OG alors l'appareillage binaural n'est pas correctement équilibré et un réglage est nécessaire.

## **Modification en fonction des résultats :**



*Graphique 1: Courbe de résultat d'un test pré-modification (patient n°3)*

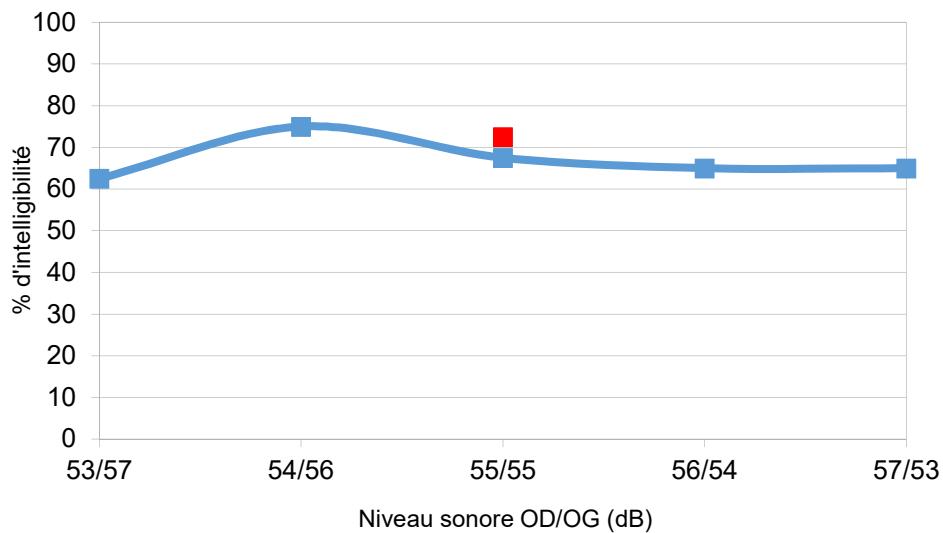
Pour le graphique ci-dessus, la meilleure intelligibilité est à 58 OD; 52 OG,  
La fusion binaurale se fait donc pour une augmentation de 3dB sur l'oreille droite et  
une diminution de même valeur sur l'oreille gauche. Il faut donc répercuter ces  
variations sur le réglage.



*Graphique 2: Courbe de résultat d'un test pré-modification (patient n°6)*

Pour ce graphique, la meilleure intelligibilité est à 54 OD; 56 OG

Il faut donc diminuer le niveau de l'oreille droite de 1 dB et augmenter l'oreille gauche de 1 dB



*Graphique 3: Courbe de résultat avec contrôle d'efficacité post-modification*

*(patient n°6)*

A la suite de cette modification, nous contrôlons l'efficacité de celle-ci en faisant de nouveau des listes au intensité d'équilibre (55dB Oreille droite / 55dB Oreille gauche), représentée par le point rouge sur le graphique ci-dessous.

## **IV. Résultats.**

Lors de l'interprétation des résultats, nous avons voulu contrôler l'efficacité du test sur trois points :

- Nous devions contrôler la nécessité de ce test.
- Nous devions vérifier que la modification apportait une meilleure compréhension de la parole pour l'intensité d'équilibre
- Nous voulions savoir si la modification apportée avait un impact optimal en comparant l'intelligibilité maximum atteinte durant le test et l'intelligibilité post-modification.

## A) Contrôle de nécessité du test :

Pour vérifier que ce test soit nécessaire pour les patients, nous avons comparé, grâce à un test de Wilcoxon, l'intelligibilité à l'intensité d'équilibre avec l'intelligibilité maximum atteinte par les sujets.

### 1 Test statistique :

Ce test statistique a été effectué sur l'ensemble des patients du protocole soit 20 patients.

Soit A la valeur moyenne du nombre de syllabe répétée par le sujet aux intensités 55/55

Soit B la valeur moyenne du nombre de syllabe maximum répétée par le sujet

#### 1) Énoncé de H0 :

$H_0 : A = B$  Hypothèse nulle.

#### 2) Énoncé de H1 :

$H_1 : A < B$  Hypothèse alternative.

#### 3) Valeur critique calculée d'après le risque $\alpha$ accepté :

$p$  critique (pc) = 0,05

#### 4) Calcul de la probabilité $p$ :

$p = 4.7 \times 10^{-4}$

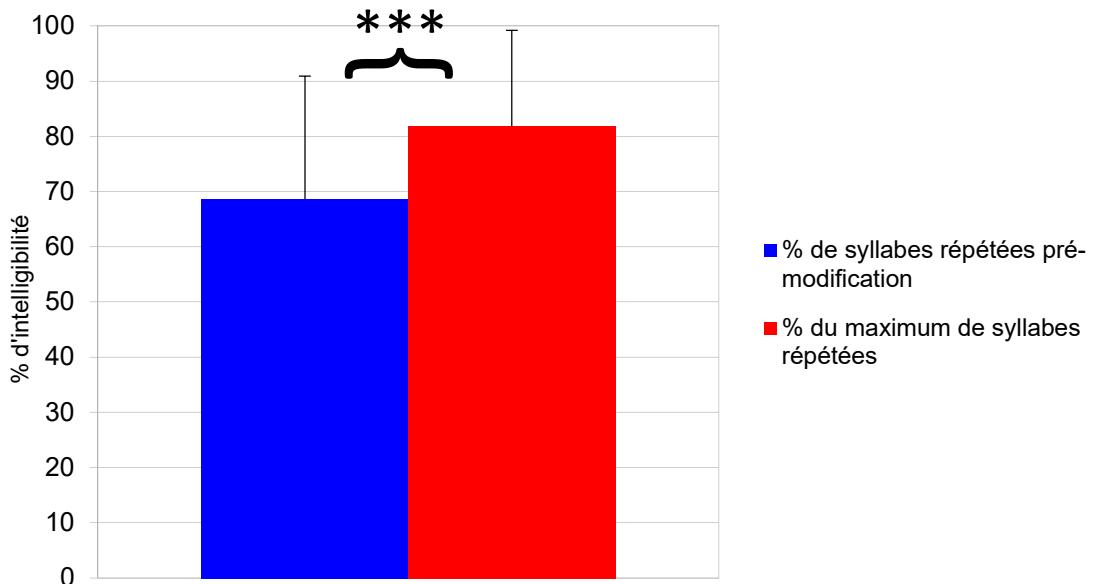
## **5) Comparaison de « p » avec « pc » :**

p est très inférieur à pc

d'où H0 est rejeté

donc A < B

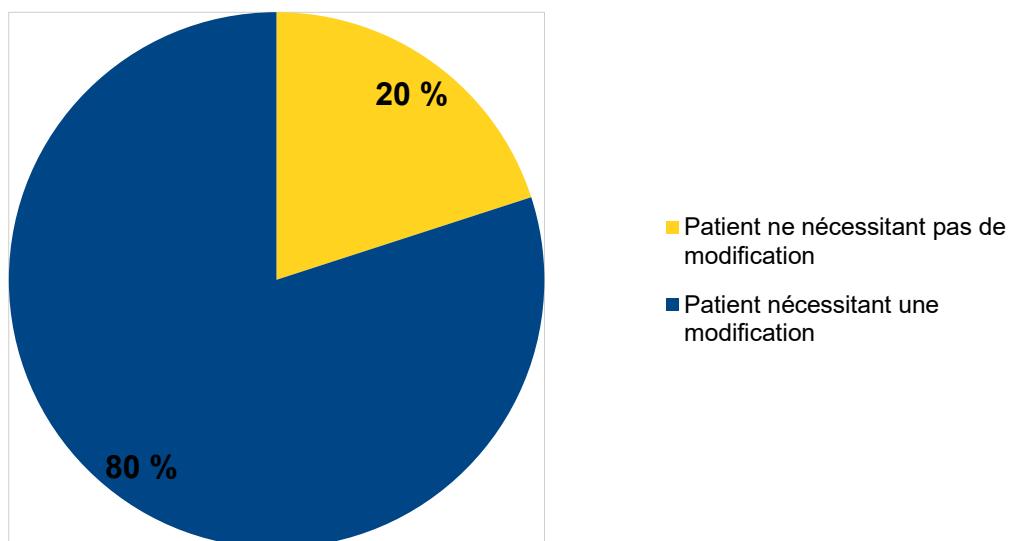
### **2 Interprétation :**



*Figure 9: Pourcentage d'intelligibilité pour l'intensité d'équilibre et l'intensité ayant les meilleurs résultats*

Le schéma ci-dessus, nous permet de comparer rapidement l'écart entre l'intelligibilité pour l'intensité d'équilibre et l'intensité, quelle qu'elle soit, où les patients ont été les plus performants.

Nous observons une différence importante, d'environ 13% d'intelligibilité supplémentaire sur l'ensemble des patients testés. Il est donc évident que le test statistique précité, avec un  $p$  très faible (0.05%) par rapport au  $p_{critique}$ , implique la nécessité de modification de réglage



*Figure 10: Diagramme montrant le pourcentage de sujets nécessitant une modification de réglage*

Nous pouvons parler ici d'un très grand potentiel d'amélioration de compréhension dans un milieu bruyant et ce, pour un nombre important de patients comme le montre le graphique ci-dessus.

## **B) Contrôle d'efficacité post-modification :**

Afin de contrôler l'efficacité des modifications apportées, nous avons comparé les valeurs d'intelligibilité avant les modifications et après celles-ci à l'intensité d'équilibre (55/55).

### **1 Test statistique :**

Ce test statistique a été fait sur les patients ayant subi une modification de leur réglage à la suite du test, soit quatorze patients (du patient 1 au patient 14)

Soit A la valeur moyenne du nombre de syllabe répétée avant modification à l'intensité 55/55.

Soit B la valeur moyenne du nombre de syllabe répétée après modification à l'intensité 55/55.

#### **1) Énoncé de H0 :**

$H_0 : A = B$  Hypothèse nulle.

#### **2) Énoncé de H1 :**

$H_1 : A < B$  Hypothèse alternative.

#### **3) Valeur critique calculée d'après le risque $\alpha$ accepté :**

$p$  critique (pc) = 0,05

#### **4) Calcul de la probabilité $p$ :**

$p = 4.7 \times 10^{-3}$

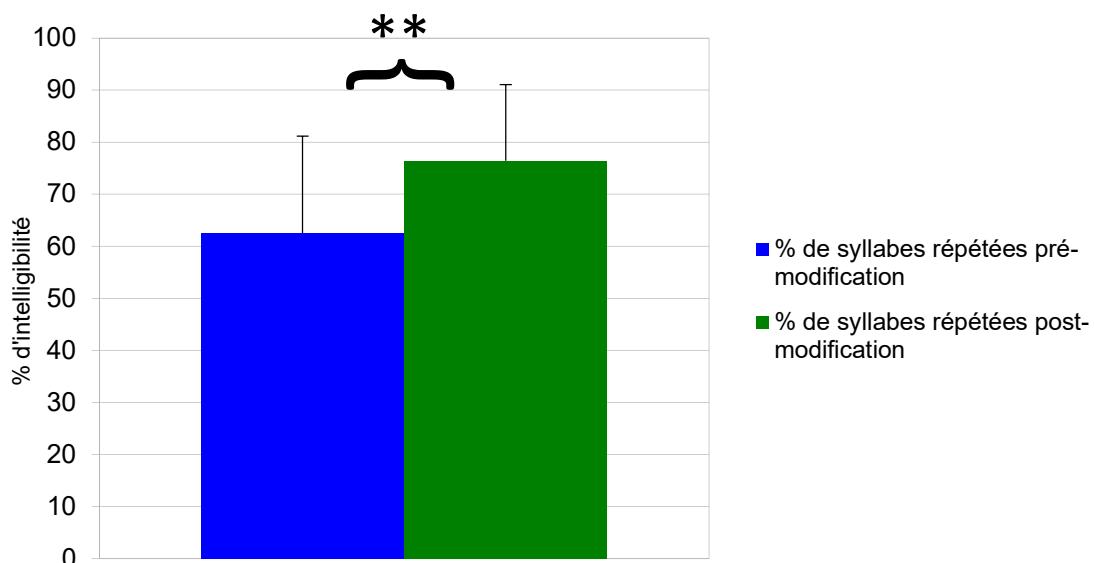
## **5) Comparaison de « p » avec « pc » :**

p est très inférieur à pc

d'où H0 est rejeté

donc A < B

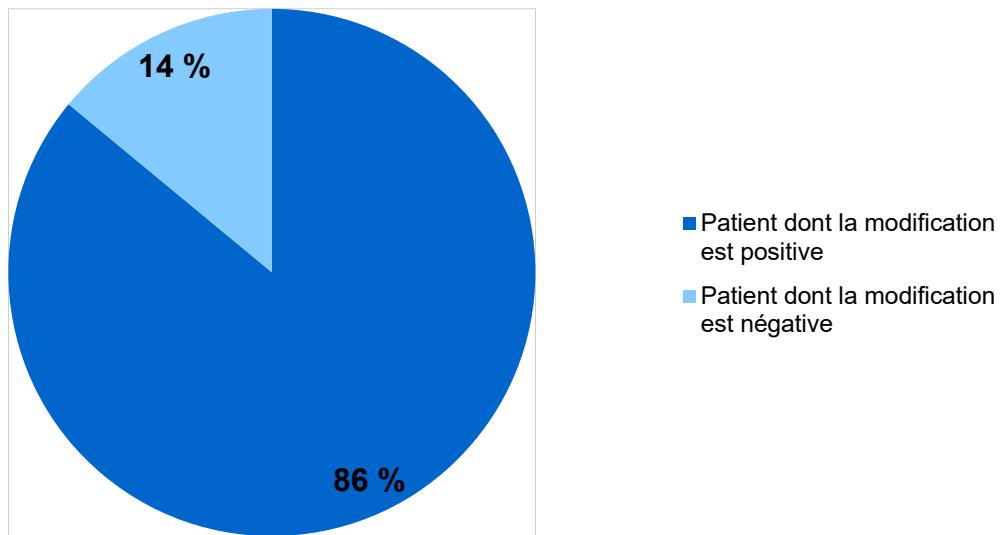
### **2 Interprétation :**



*Figure 11: Pourcentage d'intelligibilité pour l'intensité d'équilibre avant modification et après modification*

Nous pouvons dire, en accord avec le test statistique effectué précédemment, que nous obtenons une nette amélioration de la compréhension grâce aux modifications apportées sur l'appareillage des sujets.

En effet la modification effectuée, sur les quatorze patients concernés, engendre une amélioration moyenne de compréhension dans les mêmes conditions de près de 14%.



*Figure 12: Diagramme montrant le pourcentage de sujets bénéficiant d'une amélioration de compréhension*

Grâce au diagramme ci-dessus, nous observons que douze des quatorze patients ont été plus performants à la suite de la modification.

## C) Contrôle de l'efficacité attendue :

Dans le but de vérifier que les résultats attendus sont bien ceux observés, nous avons comparé l'intelligibilité à l'intensité 55/55 avant et après les modifications.

### 1 Test statistique :

Ce test statistique a été fait sur les patients ayant subi une modification de leur réglage à la suite du test soit quatorze patients (du patient 1 au patient 14)

Soit A la valeur moyenne du nombre de syllabe répétée avant modification à l'intensité 55/55.

Soit B la valeur moyenne du nombre de syllabe répétée après modification à l'intensité 55/55.

#### 1) Énoncé de H0 :

$H_0 : A = B$  Hypothèse nulle.

#### 2) Énoncé de H1 :

$H_1 : A < B$  Hypothèse alternative.

#### 3) Valeur critique calculée d'après le risque $\alpha$ accepté :

$p$  critique (pc) = 0,05

#### 4) Calcul de la probabilité p :

$p = 3.2 \times 10^{-2}$

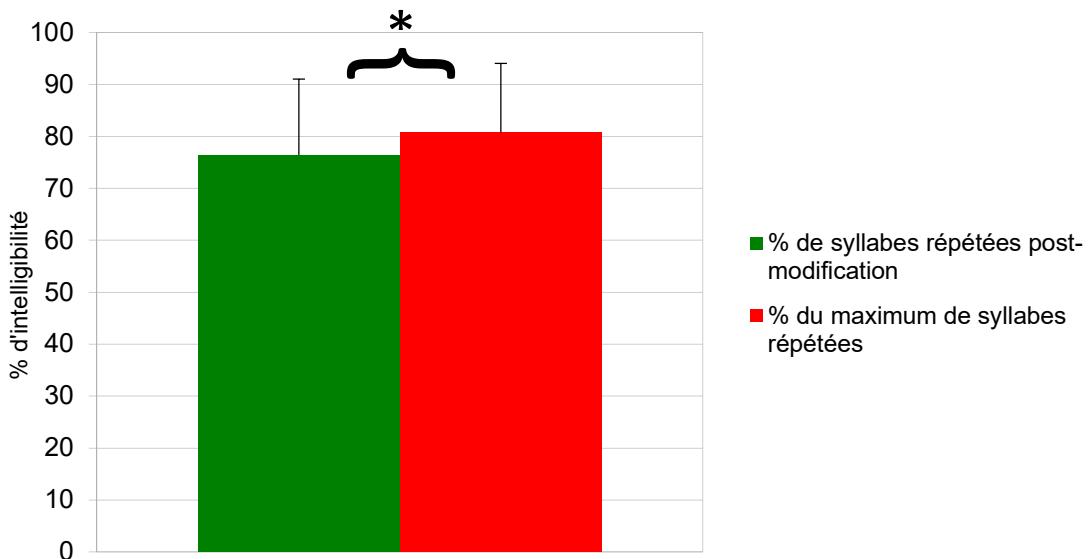
## **5) Comparaison de « p » avec « pc » :**

p est inférieur à pc

d'où H0 est rejeté

donc A < B

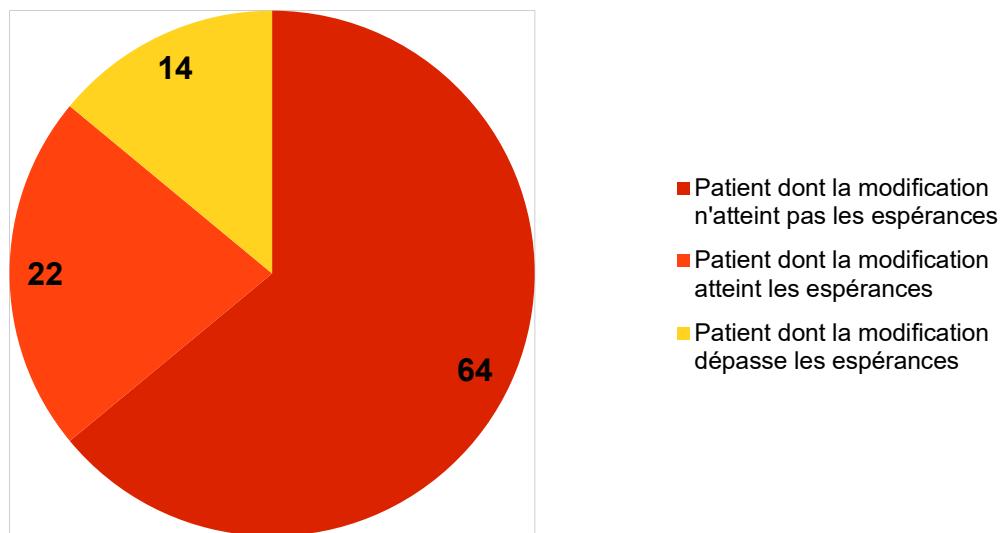
### **2 Interprétation :**



*Figure 13: Pourcentage d'intelligibilité pour l'intensité d'équilibre après modification et l'intelligibilité attendue*

Dans cette partie, nous aurions espéré montrer que l'intelligibilité post-modification était très similaire avec l'intelligibilité attendue soit le meilleur pourcentage de syllabes répétées par le patient. Malgré un test de Wilcoxon nous permettant de calculer un p-valeur de 3% proche du p-critique, la différence reste présente comme

le montre le graphique ci-dessus.



*Figure 14: Diagramme montrant le pourcentage de sujets atteignant le niveau d'intelligibilité espéré*

Nous voyons ici que seulement 36% des patients ayant subi une modification de réglage atteignent ou dépassent les espérances.

Nous parlerons dans « Limite de l'étude » des raisons potentielles de cette différence.

## V. Discussion.

### A) Eléments de réponse aux problématiques :

**Pourrions-nous, grâce à un test audioprothétique supraliminaire vocal, avoir des données qui nous permettraient d'agir sur le réglage patient pour améliorer l'équilibre prothétique binaural ?**

L'objectif de ce mémoire est de créer un nouveau test nous permettant de régler de manière binaurale les appareils de nos patients et de commencer la mise en place d'un protocole afin que celui-ci soit des plus efficace.

La mise en place de ce test nous a permis de mettre en évidence des points d'amélioration au niveau de l'appareillage des patients testés.

**Pourrions-nous avoir une amélioration immédiate des performances de compréhension lors de cette modification ?**

Nous avons observé une amélioration immédiate des performances lors du contrôle post-modification. Cependant, cette augmentation d'intelligibilité grâce au réglage effectué n'a pas atteint les espérances que le test laissait pressentir. Et si effectivement en moyenne l'amélioration est positive, la prise au cas par cas des patients montre que le réglage a parfois été dommageable pour les sujets.

Ces éléments de réponse apportés aux problématiques initiales ouvrent donc un nouveau chapitre sur les limites de ce test et les biais rencontrés lors de cette étude.

## **B) Limites de l'étude :**

### **1 Population :**

La population étudiée dans ce mémoire est peu nombreuse. En effet, ce mémoire repose sur une vingtaine de patients.

Dans cette population, quatre patients n'ont pas eu de modification de réglage en raison du résultat de leur test et deux patients, reçus avant la finalisation du protocole, ont subi une modification sans contrôle d'efficacité. Ce qui nous amène à une population de quatorze patients dès lors que nous parlons de modification du réglage.

Il aurait aussi été intéressant d'explorer d'autres types d'appareils comme les intrauriculaires qui ont des propriétés acoustiques différentes que les appareils R.I.C ou contours classiques étudiés ci-dessus.

### **2 Niveau sonore**

La variation du niveau sonore lors du déroulement du test est l'une des limites de cette étude. On a vu précédemment que le niveau sonore pouvait très vite impacter l'intelligibilité :

$$N_{L(55/55)} = 10 \log(10^{5,5} + 10^{5,5}) = 58 \text{ dB}$$

$N_{L(54/56)} = 58,12\text{dB}$

$N_{L(53/57)} = 58,46\text{dB}$

$N_{L(52/58)} = 58,97\text{dB}$

Nous sommes donc limités à une modification de 3dB de chaque côté.

### **3 Traitement de signaux et limites de l'appareillage :**

Nous avons vu, lors de l'analyse des résultats, une différence importante entre la compréhension attendue suite à une modification et celle que nous obtenions réellement.

Il est fort possible que cet écart soit en grande partie dû aux différents traitements de signaux de l'appareillage ou encore aux limites des réglages (augmentation trop importante de la compression, seuil de Larsen, limite physique de niveau de sortie dans l'appareil, etc.)

Cette limite peut être contournée en effectuant ce test avec une intensité fixe et équilibrée (exemple : 55OD/55OG) et en modifiant le niveau sonore directement via le logiciel fabricant. La mesure prendra donc en compte, les contraintes des appareils.

### **4 Procédure d'affinage avec contrôle d'efficacité dans le temps :**

Ce test n'a été pratiqué qu'une seule fois par patient. Nous n'avons donc pas pu contrôler l'efficacité dans le temps des modifications au niveau du réglage.

Refaire un test vocal d'équilibration prothétique quelque temps après avoir vu une première fois les patients aurait pu nous apporter d'autres éléments de réponse.

Nous aurions pu voir, par exemple, une acclimatation aux modifications effectuées avec peut-être une meilleure compréhension dans les mêmes conditions que celle attendue lors du premier passage ou au contraire, un inconfort du patient dans les situations de la vie courante.

## **5 Amélioration du protocole :**

La partie théorique de ce mémoire nous a conforté sur le fait que la localisation était intimement liée à l'équilibre binaural. Il faudrait donc prévoir de compléter le protocole par des tests de localisation spatiale.

Il était prévu initialement de compléter le protocole par des questionnaires.

Ils nous auraient permis de répondre à la problématique suivante « Dans quelle mesure, les problèmes d'équilibres binauraux impactent-ils les patients dans leur vie de tous les jours ? ».

Malheureusement, par manque de temps, nous n'avons pas pu mettre en place cette étape dans le protocole.

Trois questionnaires avaient été retenus dans le but de les faire remplir aux patients avant le test, puis après les modifications au bout d'un certain temps.

Ainsi, nous aurions pu voir l'impact d'un déséquilibre binaural dans les situations de la vie courante et vérifier par la suite l'efficacité, ressentie par le patient, de la modification dans les situations similaires.

### **Questionnaire ICAS :**

Ce questionnaire a été créé par Christophe MICHEYL dans le but de mieux

appréhender les difficultés rencontrées par les patients telles que les problèmes de localisation spatiale en environnement calme comme bruyant, compréhension dans des milieux difficiles (restaurant, conférence, ...)

### **Questionnaires Speech Spatial Qualities ( S.S.Q.) :**

Deux versions de ce questionnaire créées par Annie MOULIN ont été retenues, la version complète (version 5.6 française AM01 ) et la version abrégée ( version 5.6 française AM02 ).

Ces deux questionnaires comportent trois parties :

1<sup>ère</sup> partie : Audition de la parole

Cet onglet traite des capacités d'écoute lors de situations avec des sources sonores multiples et perturbantes.

2<sup>ème</sup> partie : Audition spatiale

La question des capacités de localisation est étudiée dans cette partie

3<sup>ème</sup> partie : Qualité d'audition

On se penche ici sur la qualité d'écoute des patients appareillés et leur capacité à reconnaître et différencier les sons.

## **VI. Conclusion.**

Tout au long de ma formation et en particulier lors de mes stages, je me suis demandé ce que représentait l'appareillage. Comment est-il perçu par le patient ? Par l'entourage ? Par l'audioprothésiste ?

J'ai trouvé dans cette formation et dans les échanges avec les personnes rencontrées au cours des stages ou d'activités liées à l'audioprothèse, des éléments de réponses à ces questions. Mais, c'est l'élaboration du mémoire, la mise en place du protocole, les premiers résultats et les retours patients, l'analyse des données, ... qui m'ont permis d'affirmer mes idées.

Pour l'entourage du patient, les appareils sont de petits objets magiques qui permettent à leur proche de retrouver une vie sociale en leur rendant l'audition.

Pour le patient, les appareils sont d'énormes objets difficiles à mettre en place et dont le bon fonctionnement reste variable suivant les situations vécues.

Pour l'audioprothésiste, la réponse est bien plus compliquée. L'appareil est tout d'abord son principal support de travail, il est l'objet qui le relie au patient, à l'entourage, mais il n'est pas qu'un objet. Il représente l'ensemble des bienfaits perçus par le patient, l'ensemble des problématiques rencontrées tout au long de l'appareillage. L'objectif de l'audioprothésiste ne consiste pas au seul réglage de l'appareillage, mais doit aussi s'orienter vers les problèmes liés de près ou de loin à l'ouïe, à la sphère ORL, ... (Isolement social, acouphène, vertige, compréhension dans tous les environnements, etc.).

La rédaction de ce mémoire qui devait à l'origine résoudre une problématique de

surdité, a orienté ma ligne de réflexion et de comportement face aux patients.

Toutes les réponses que j'ai eu le sentiment d'avoir au cours de la rédaction de ce mémoire, sont très personnelles et auront probablement évolué à la lecture de celui-ci.

## BIBLIOGRAPHIE :

### OUVRAGES ET ARTICLES :

- [1] : ABBAGNARO LL. Et coll, Measurements of diffraction and interaural delay of a progressive sound wave caused by the human head. J. Acoust. Soc. AM. 1975 ; 58, 3 : 693-700.
- [2] : ARLINGER S., GATEHOUSE S., BENTLER R.A., BYRNE D., COX R.M., DIRKS D.D. et coll., Report of the Eriksom workshop on auditory deprivation and acclimatization. Ear & Hearing 1996 ; 17: 87S-98S
- [3] : BULTER R.A.. Monaural and binaural localization of noise bursts vertically in the median sagittal plane. J Aud Res. 1969 ; 3: 230-235.
- [4] : BURKEY J.M, ARKIS M.A ; Word recognition changes after monaural, binaural amplification. Hear Instr 1993 44(1) : 8-9.
- [5] : BYRNE D, NOBLE W. Optimizing sound localization with hearing aids. Trends in Amplification. 1998 ; 3(2): 51-73
- [6] : CARHART, Monaural and binaural discrimination competing sentences Arch Otolaryngol. 1970. Vol 91. N° (3). P 273-279.

[7] : DECROIX G, DEHAUSSY J. Stéréoaudiométrie et appareillages stéréophoniques. Paris : édition Arnette ; 1965.

[8] : DECROIX G, DEHAUSSY J. Prothèse auditive en stéréophonie et intelligibilité. L'Audioprothésiste Français 1962 ; 3 : 14-27 ; J Fr ORL 1962 ; XI : 1036-58

[9] : GALLEGO S., DUBREUIL C., TRINGALI S., TRUY E., COLLET L., THAI-VAN H.. Réhabilitation auditive des patients avec une (sub)cophose unilatérale. In Les points clés en Réhabilitation de la surdité. Boulogne : l'Européenne d'Edition, 2006. P. 35-49.

[10] : GATEHOUSE S. Apparent auditory deprivation effects of late onset: the role of presentation level. J Acoust Soc Am 1989 ;86(6):2103-6.

[11] : GELFAND S.A. SILMAN S. ROSS L. Long-term effect of monaural, binaural and no amplification in subjects with bilateral hearing loss. Scandinavian. Audiology 1987 ; 16 : 201- 207

[12] : HEBRANK J, WRIGHT D. Spectral cues used in the localization of sound sources on the median plane. J Acoust Soc Amer. 1974 ; 56: 1829-1834.

[13] : HENNING GB. Detectability of interaural delay with high-frequency complex waveforms. J Acoust Soc Amer. 1974 ; 55: 84-90.

[14] : HIRSH IJ. La mesure de l'audition. Paris : Presses Universitaire de France ;

1956

[15] : MILLS A.W. On the minimum audible angle. J Acoust Soc Amer. 1958;30: 237-246.

[16] : MOORE B.C.J. An Introduction to the Psychology of Hearing. London: Academic Press. 1989

[17] : MOORE. B.C.J. Sound localization and binaural hearing in normal and hearing-impaired people in Perceptual Consequences of Cochlear Damage. United states : Oxford university presse inc, New York, 1995

[18]: SAYERS B.MA., CHERRY E.C. Mechanism of binaural fusion in the hearing of speech. Journal of the Acoustical Society of America. 1957. 29, 973.

[19] : SILMAN S., GELFAND S.A. SILVERMAN C.A., Late onset auditory deprivation: effect of monaural versus binaural aids. Journal of the Acoustical Society of America. 1984 ; 76 : 1357-1362.

[20] : SILVERMAN C.A ; Auditory deprivation. Hear Instr 1989 40(9) : 26-32.

[21] : STERKERS-ARTIERES F, VINCENT C. et coll. , Audiométrie de l'enfant et de l'adulte, Edition Elsevier Masson, 2014.

[22] : WATKINS AJ. Psychoacoustical aspects of synthesized vertical locale cues. J Acoust Soc Amer. 1978 ; 63: 1152-1165.

COURS :

[23] : Stéphane GRENIER ; Cours d'audioprothèse 1<sup>er</sup> année Lyon ; 2009

[24] : David COLIN ; Cours de psychoacoustique 1<sup>er</sup> année Lyon

SITES INTERNETS :

[25] : <http://www.cochlea.eu/son/psychoacoustique/localisation> consulté le 16/11/15

[26] : [naves.sebastien.free.fr/content/systauditif.html](http://naves.sebastien.free.fr/content/systauditif.html) consulté le 27/11/15

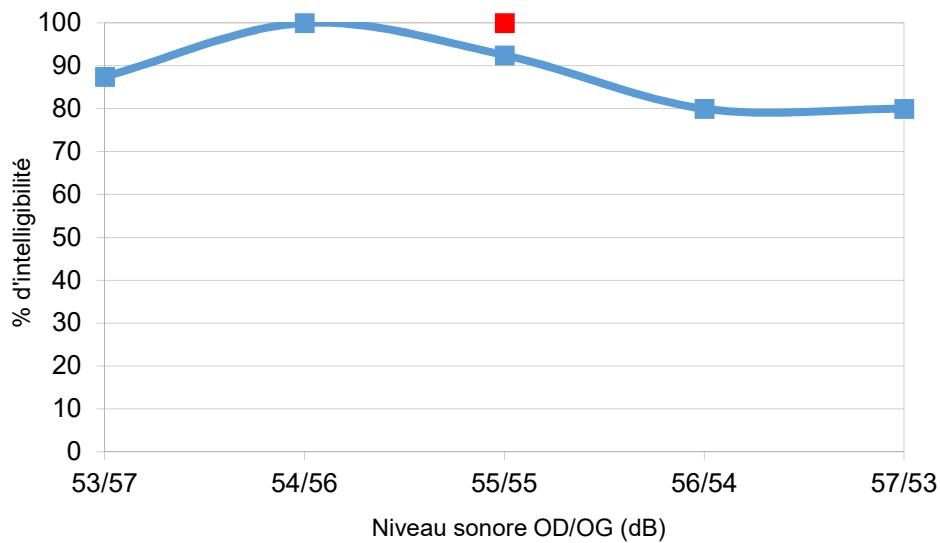
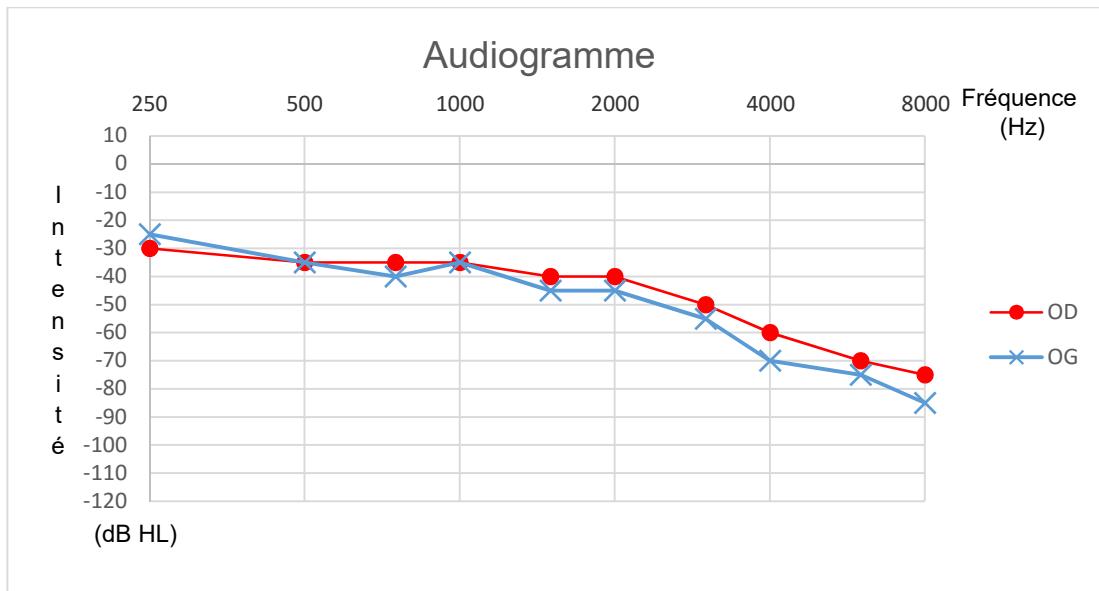
AUTRES OUVRAGES CONSULTES :

Antoine DREUMONT, Stéphane LAURENT (dir.), Le « traitement binaural » améliore-t-il la localisation auditive dans le plan horizontal, Mémoire d'audioprothèse, faculté de Fougère, 2011.

## ANNEXE :

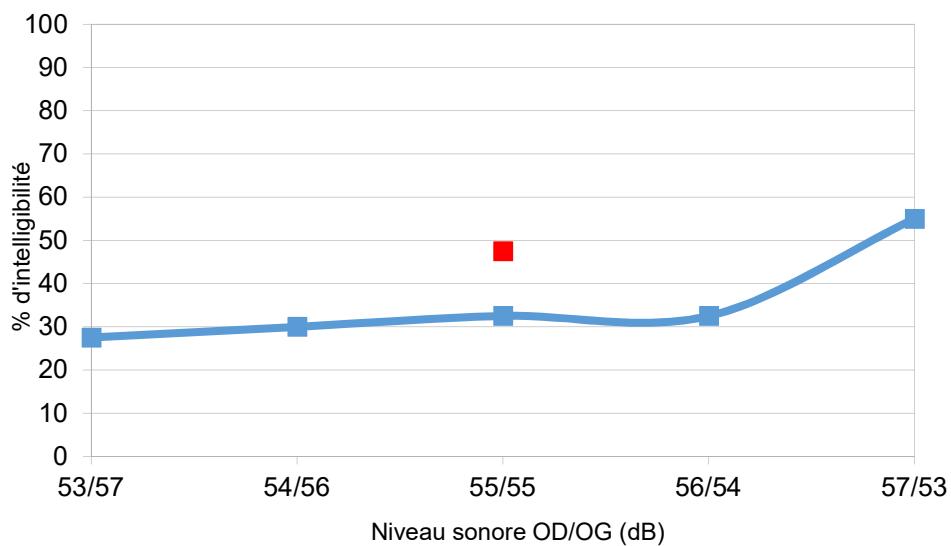
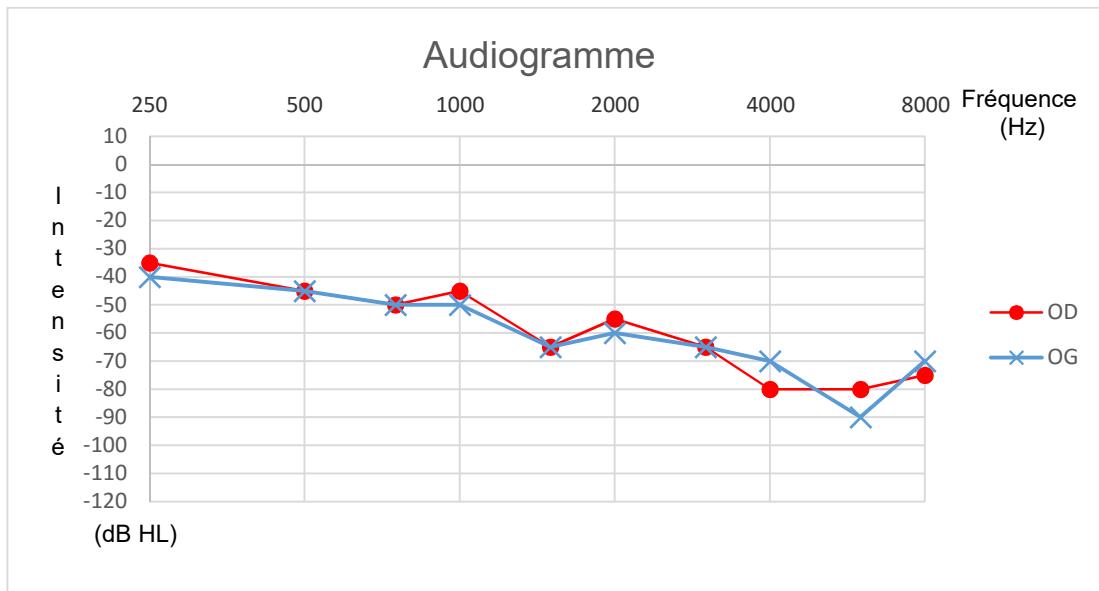
### Description de la population :

Patient n°1 : Masculin, 76 ans.



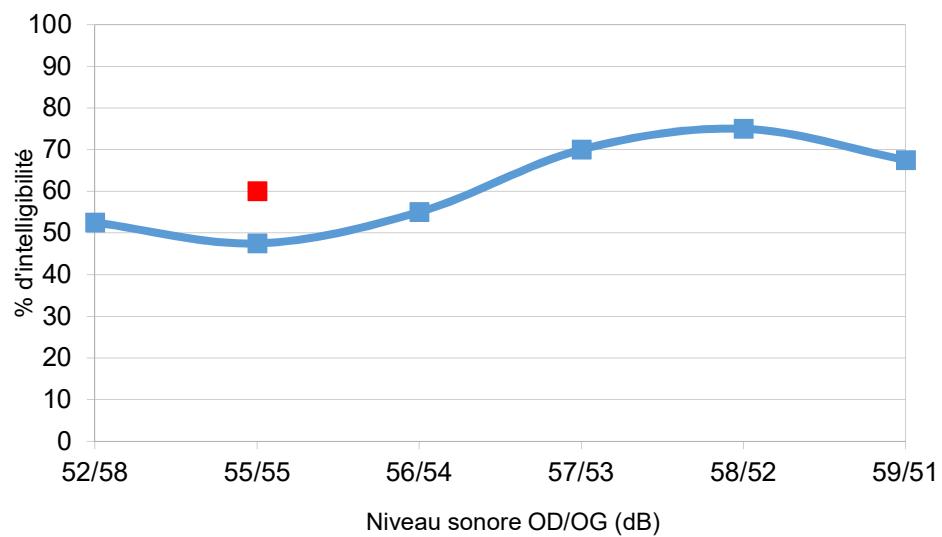
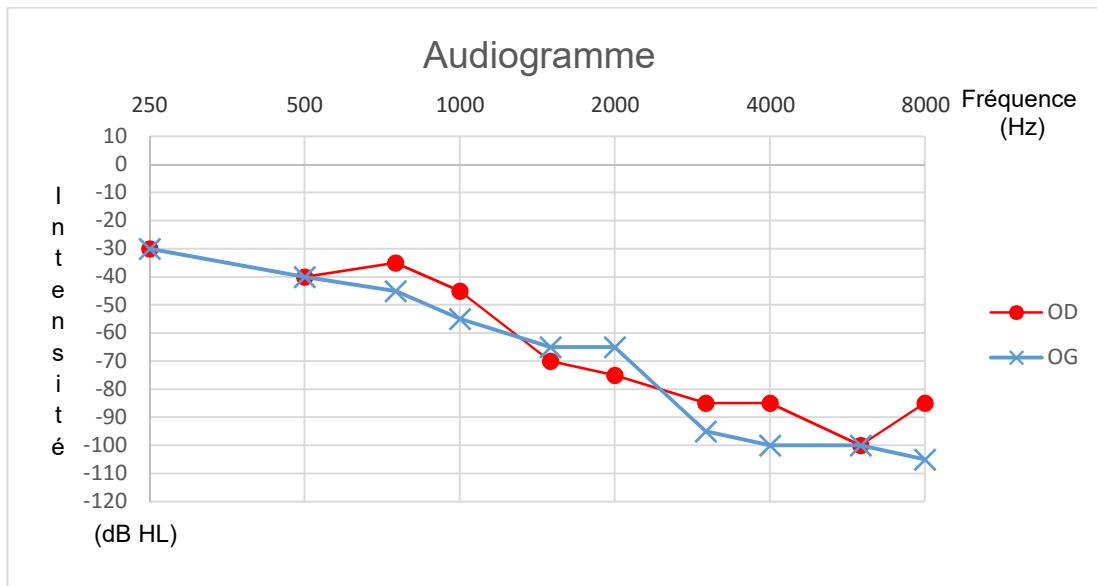
Modification apportée : -1dB Oreille droite / +1dB Oreille gauche.

Patient n°2 : Masculin, 83 ans.



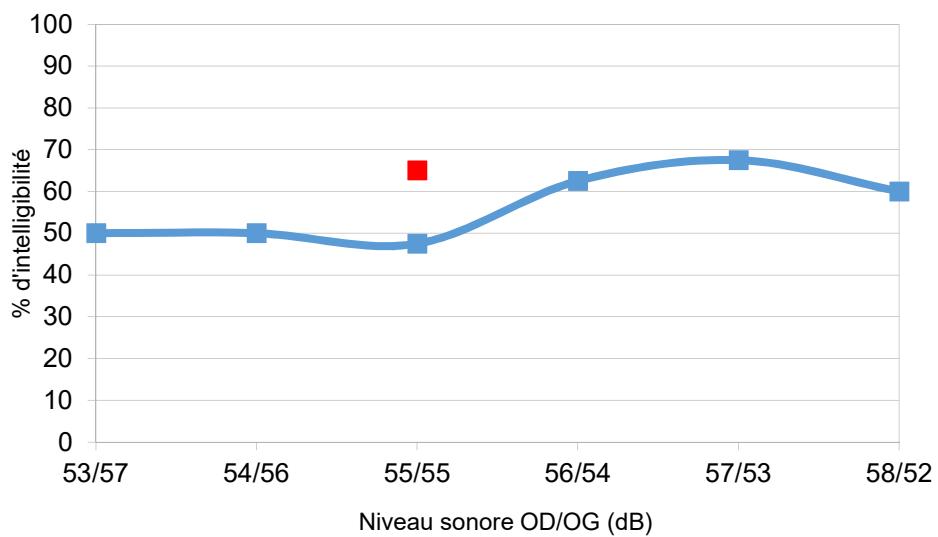
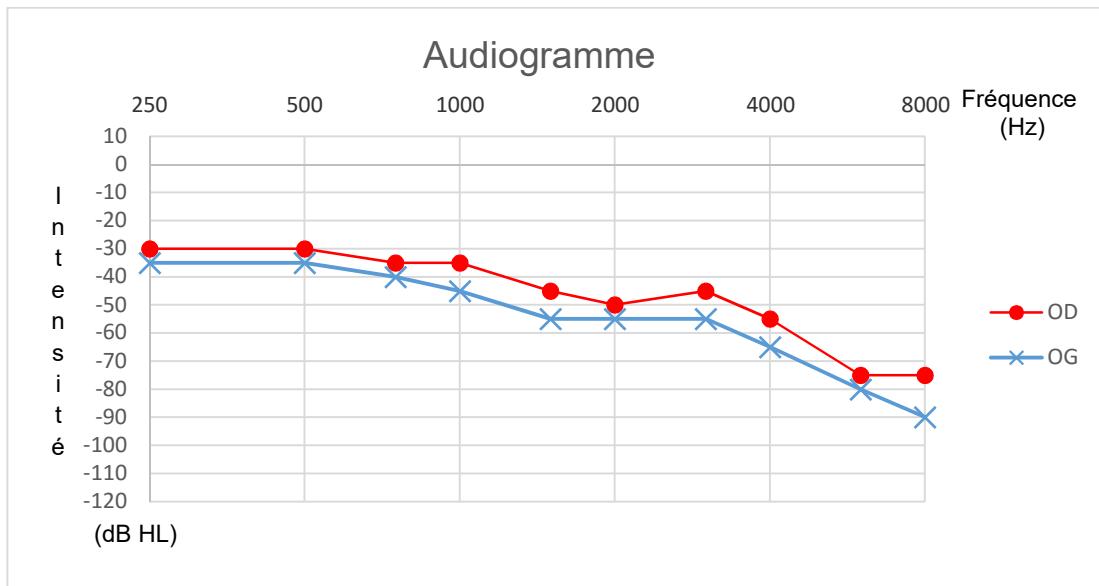
Modification apportée : +2dB Oreille droite / -2dB Oreille gauche.

Patient n°3 : Masculin, 84 ans.



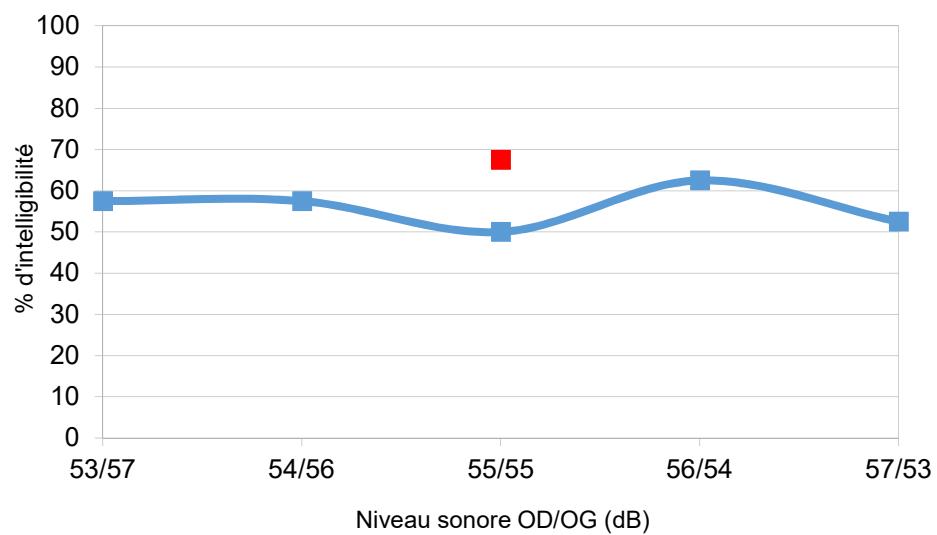
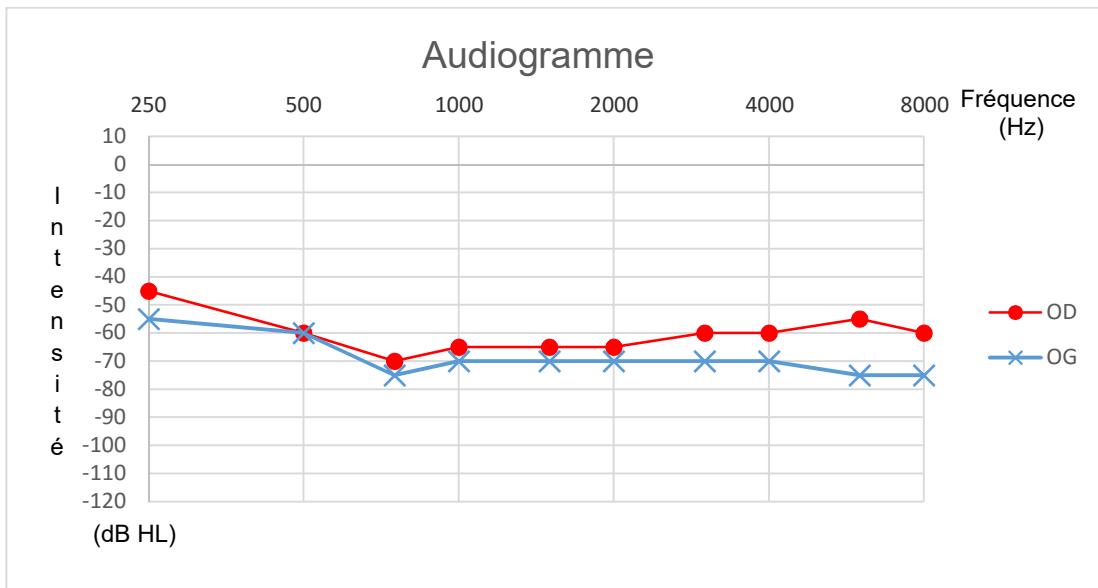
Modification apportée : +3dB Oreille droite / -3dB Oreille gauche.

Patient n°4 : Féminin, 89 ans.



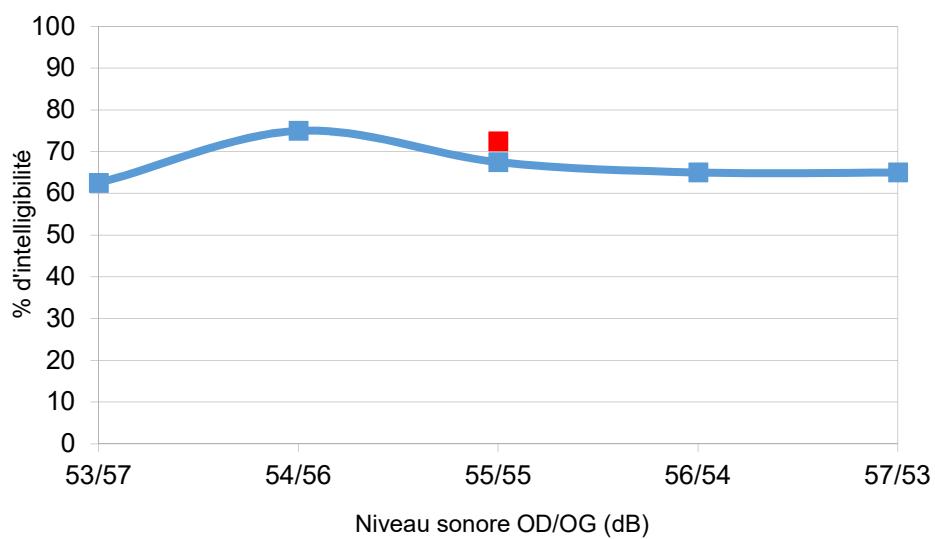
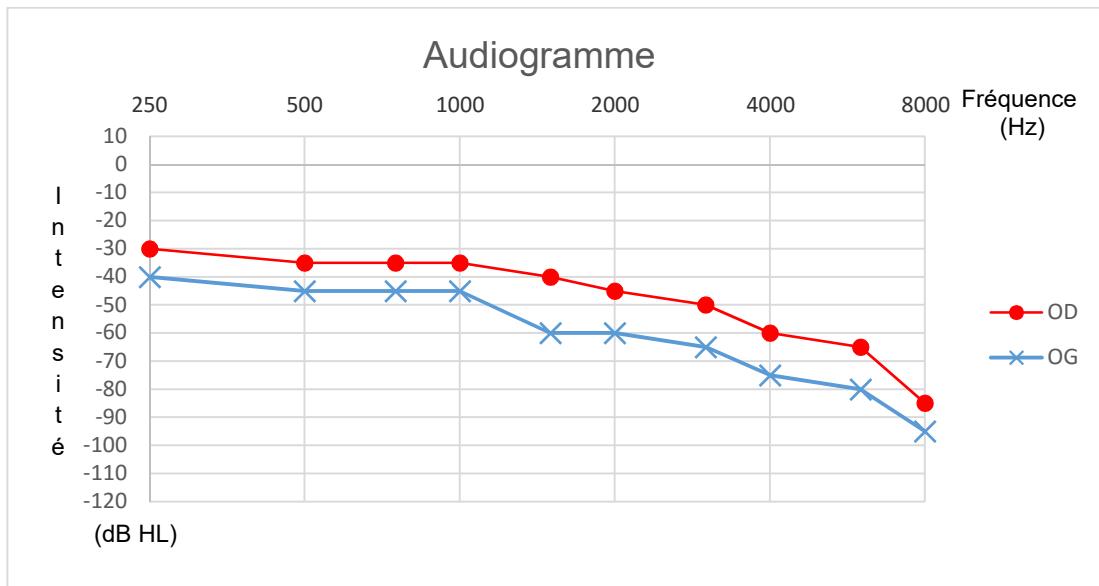
Modification apportée : +2dB Oreille droite / -2dB Oreille gauche.

Patient n°5 : Masculin, 69 ans.



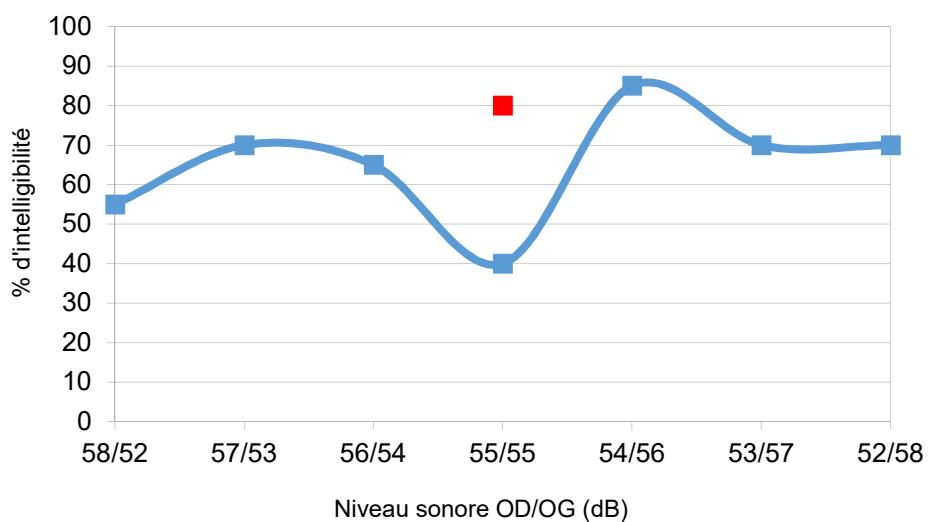
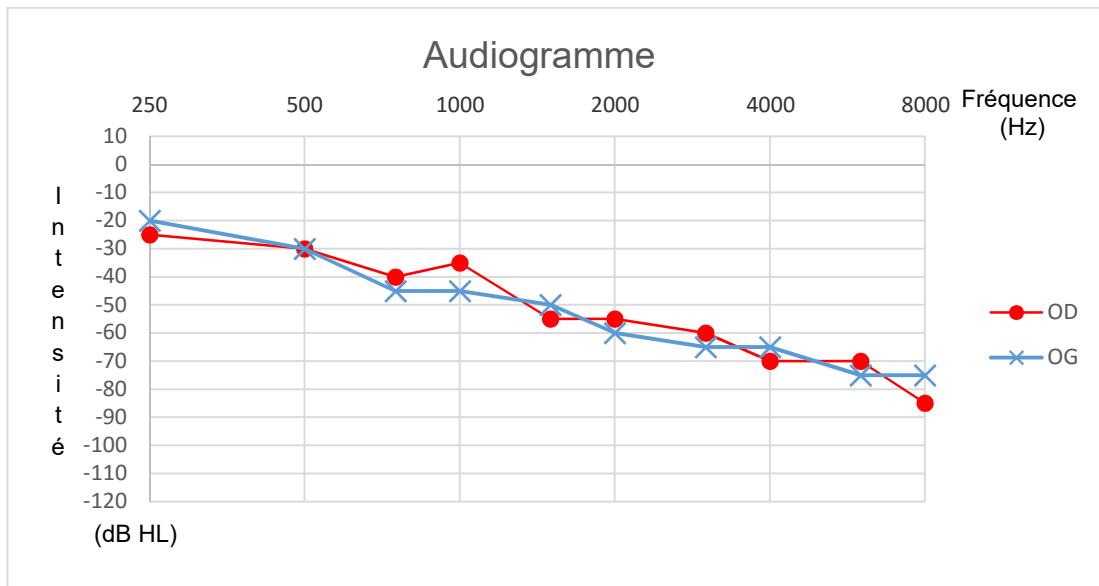
Modification apportée : +1dB Oreille droite / -1dB Oreille gauche.

Patient n°6 : Masculin, 87 ans.



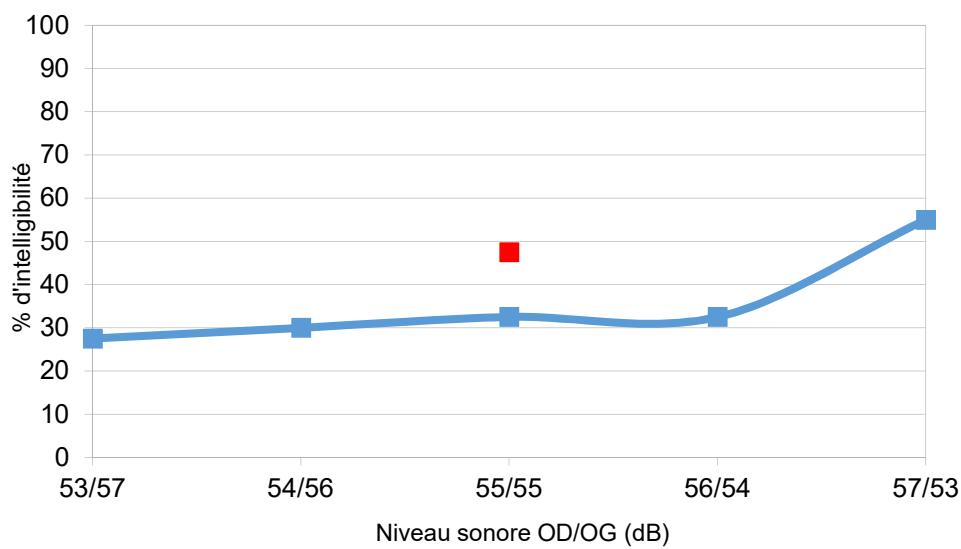
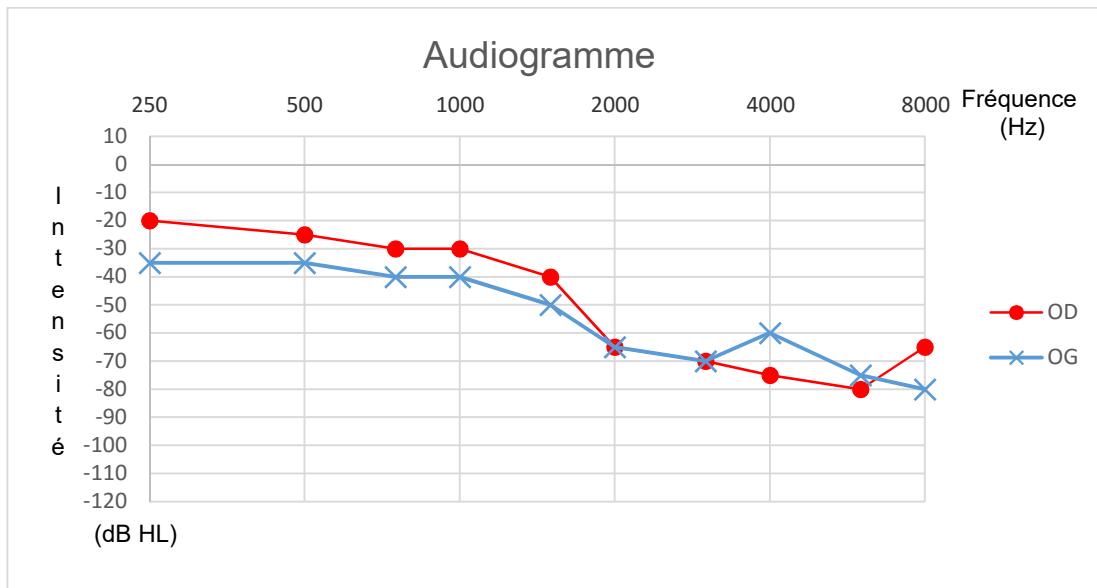
Modification apportée : -1dB Oreille droite / +1dB Oreille gauche.

Patient n°7 : Féminin, 89 ans.



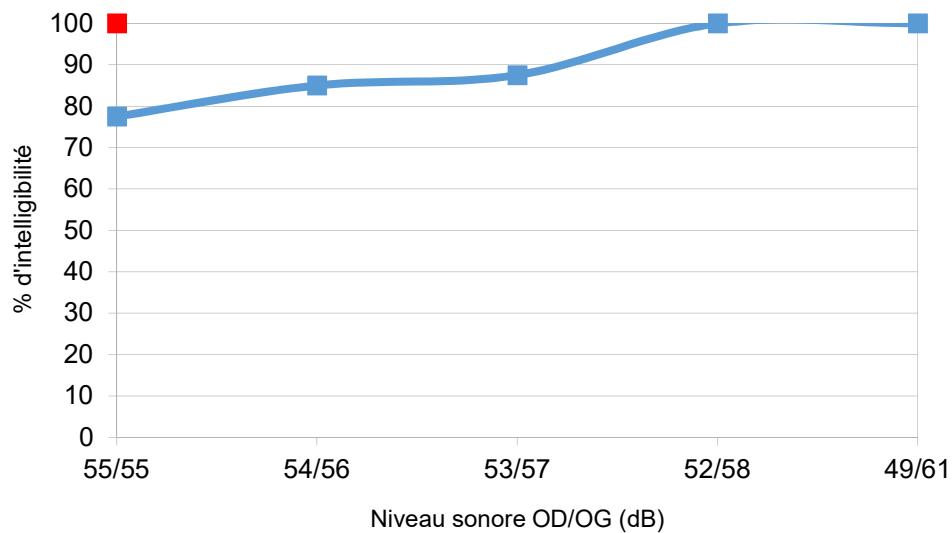
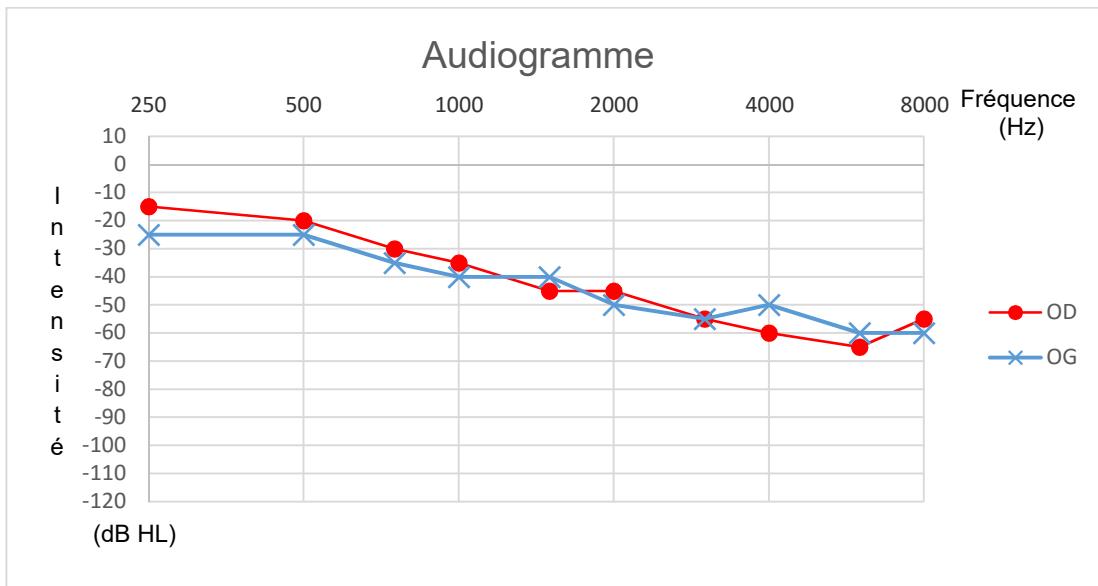
Modification apportée : -1dB Oreille droite / +1dB Oreille gauche.

Patient n°8 : Féminin, 59 ans.



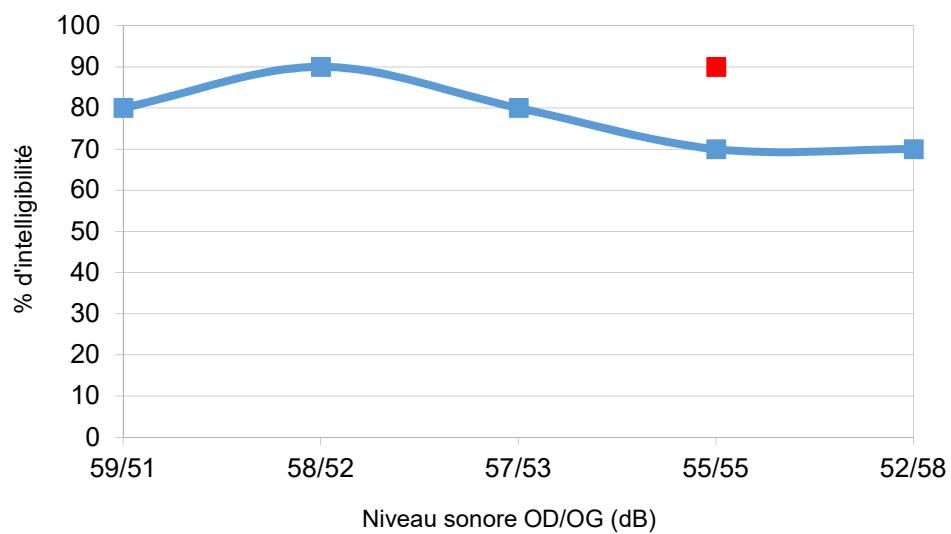
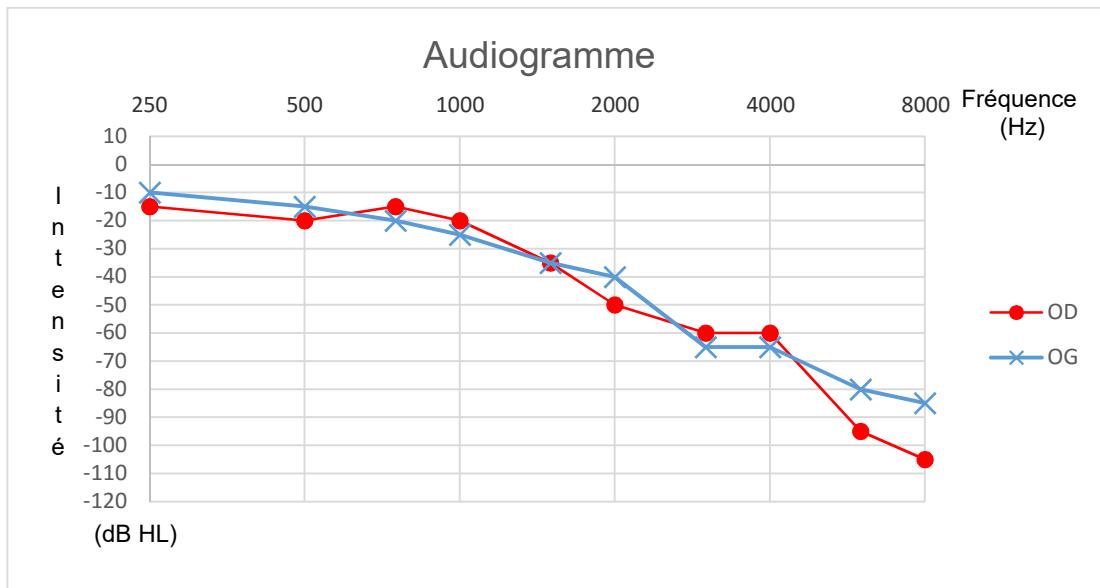
Modification apportée : +2dB Oreille droite / -2dB Oreille gauche.

Patient n°9 : Masculin, 61 ans.



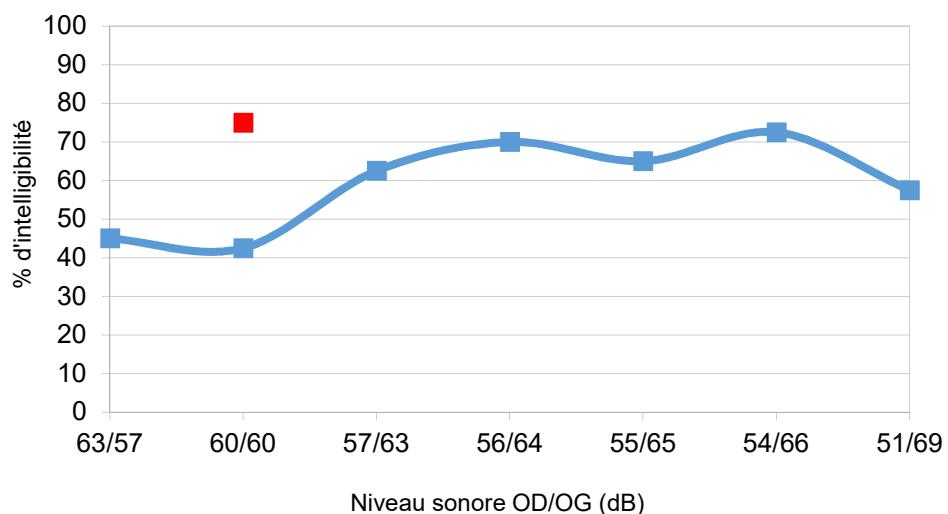
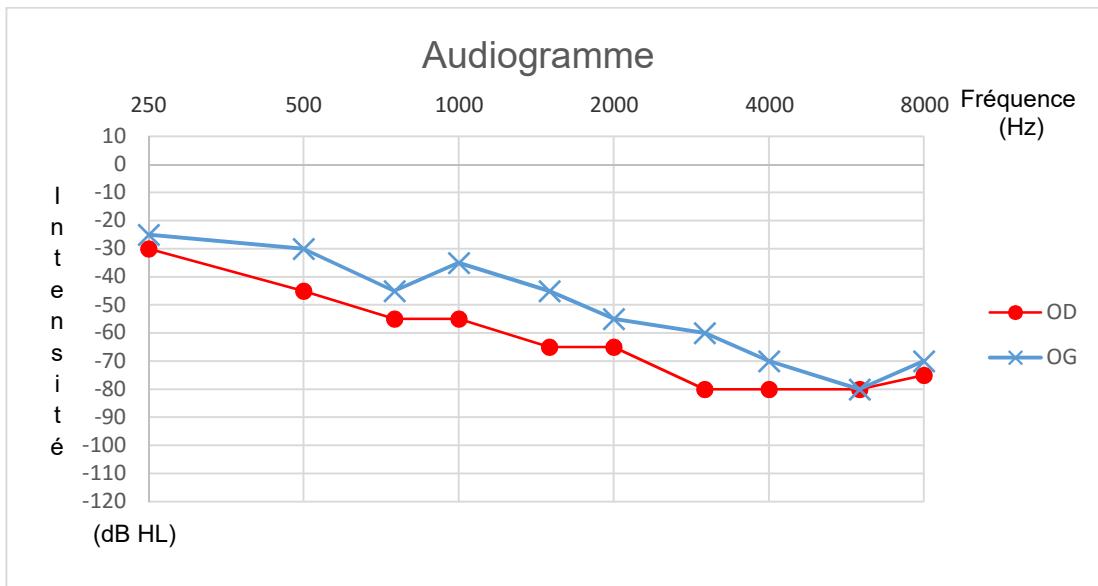
Modification apportée : -3dB Oreille droite / +3dB Oreille gauche.

Patient n°10 : Masculin, 76 ans.



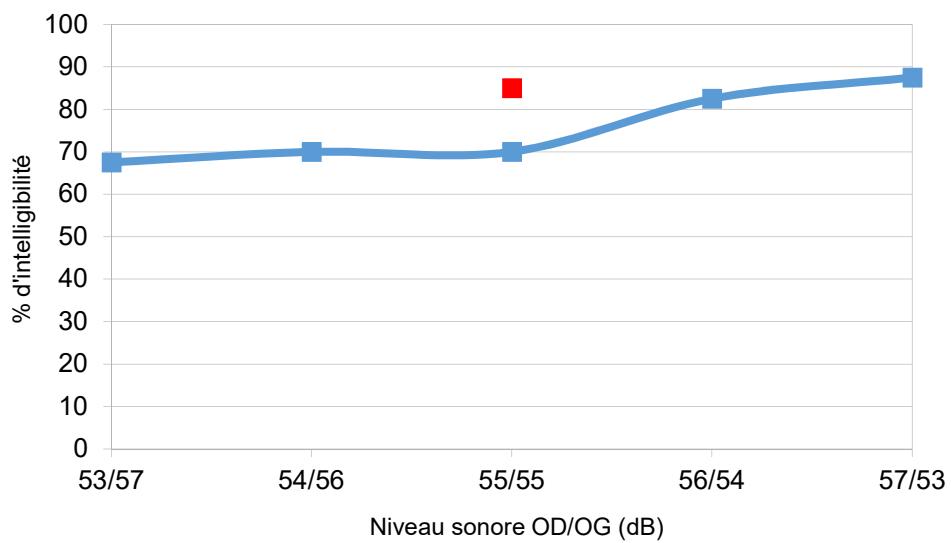
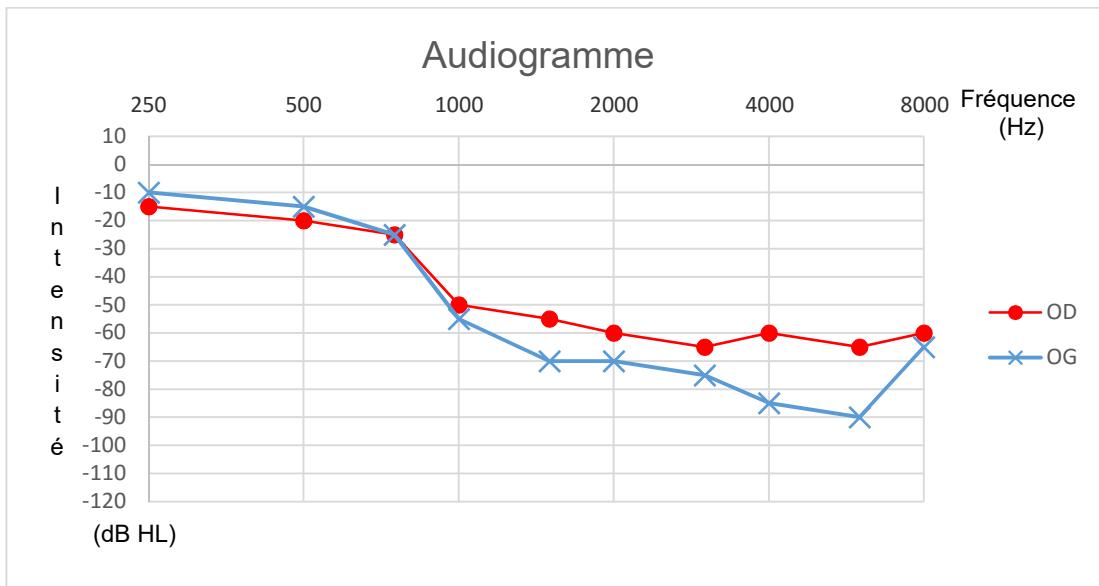
Modification apportée : +2dB Oreille droite / -2dB Oreille gauche.

Patient n°11 : Masculin, 93 ans.



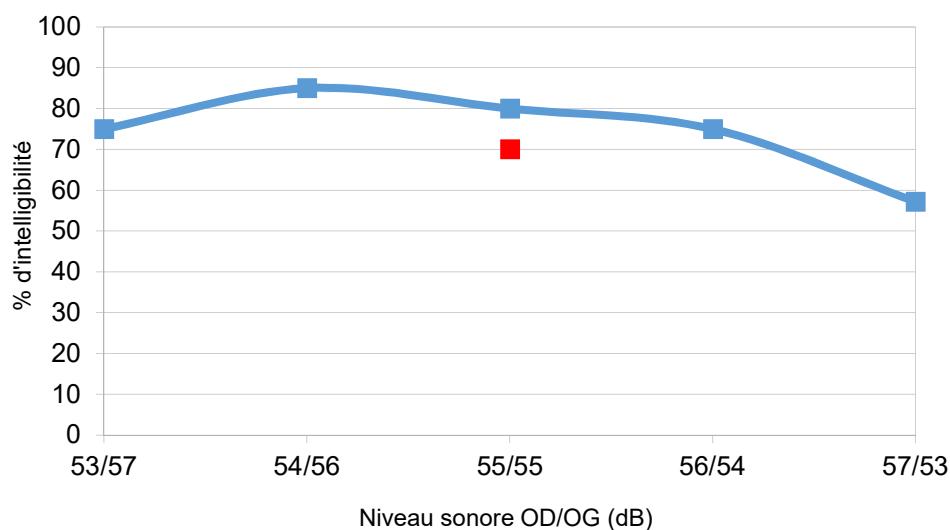
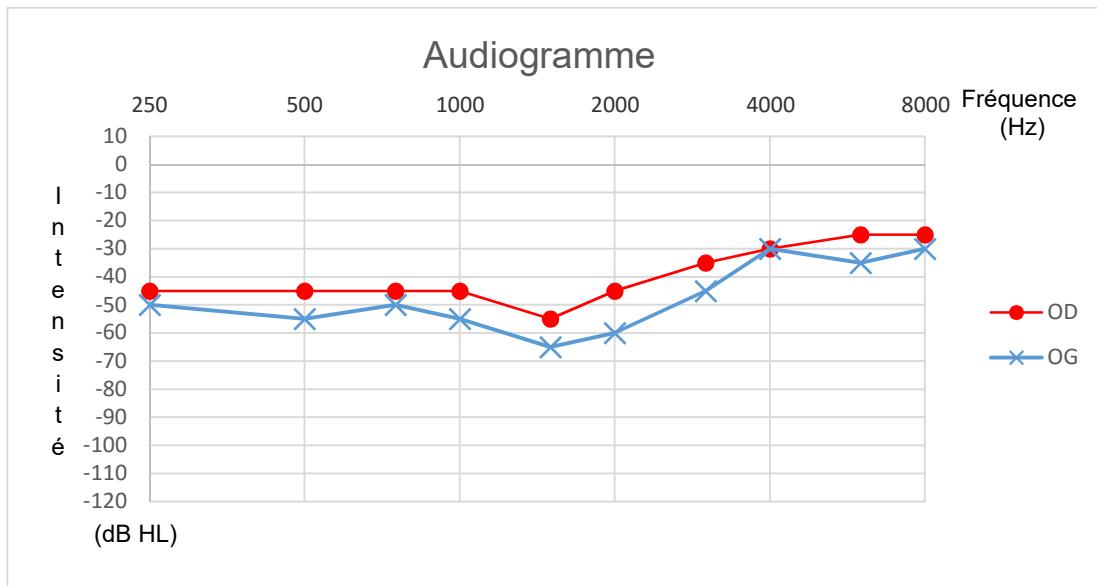
Modification apportée : -1dB Oreille droite / +1dB Oreille gauche.

Patient n°12 : Masculin, 62 ans.



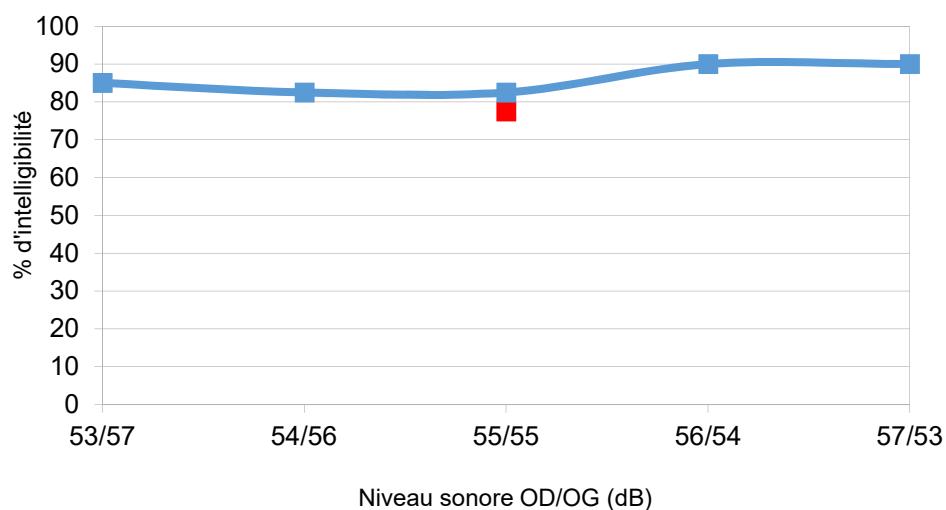
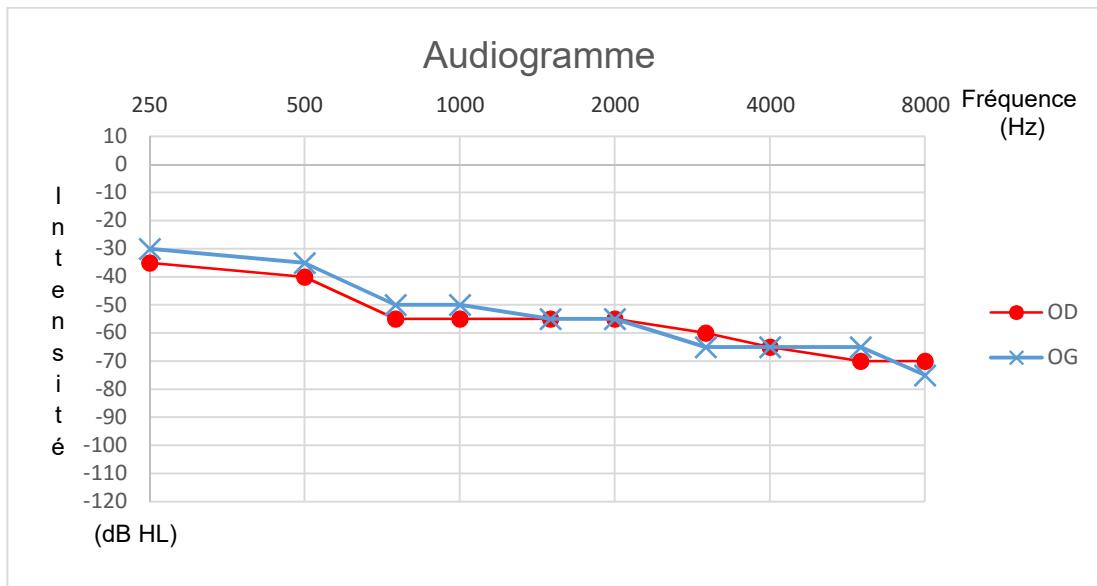
Modification apportée : +2dB Oreille droite / -2dB Oreille gauche.

Patient n°13 : Féminin, 53 ans.



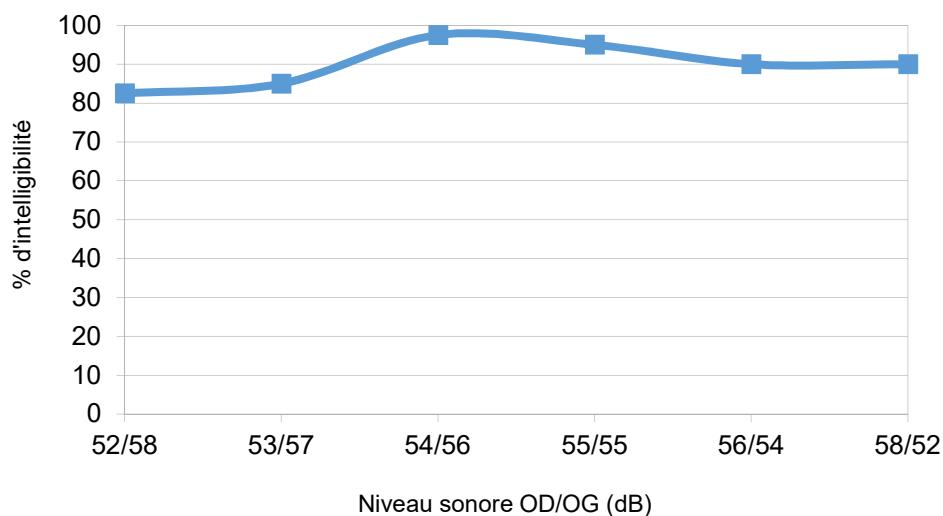
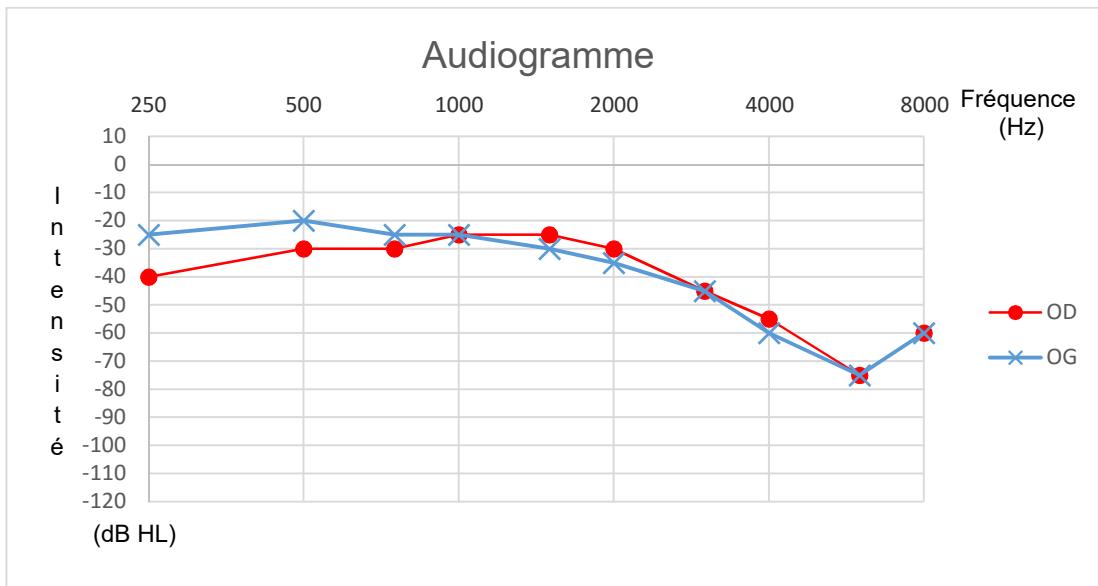
Modification apportée : -1dB Oreille droite / +1dB Oreille gauche.

Patient n°14 : Féminin, 55 ans.



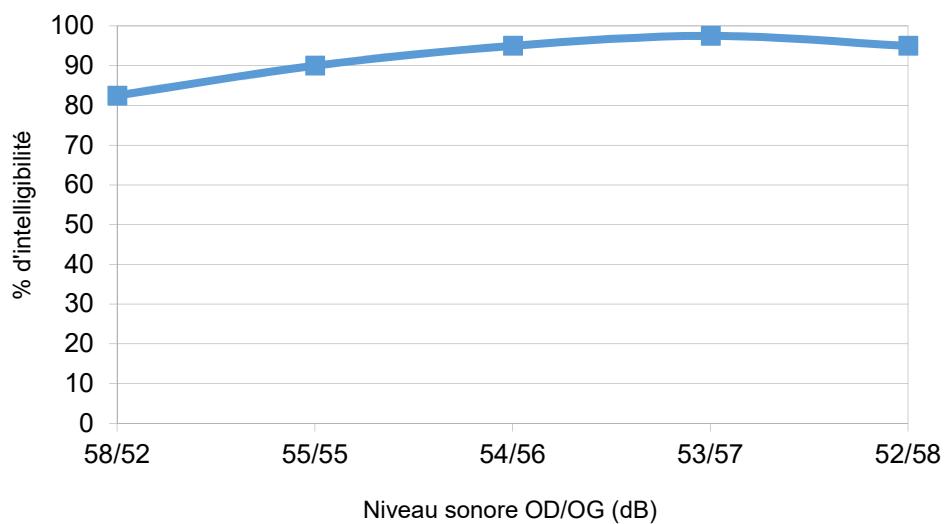
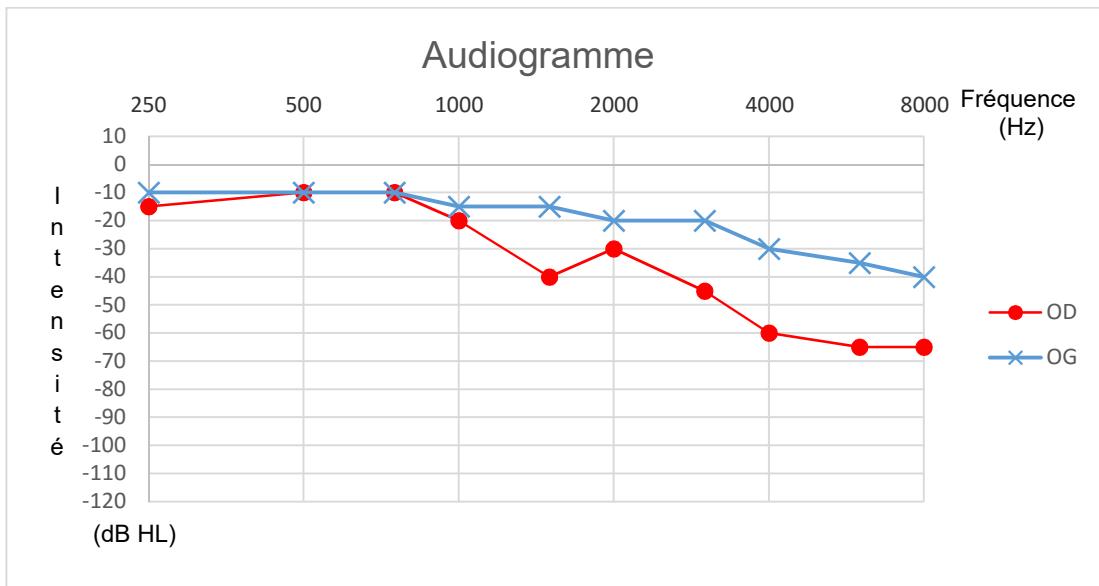
Modification apportée : +1dB Oreille droite / -1dB Oreille gauche.

Patient n°15 : Féminin, 69 ans.



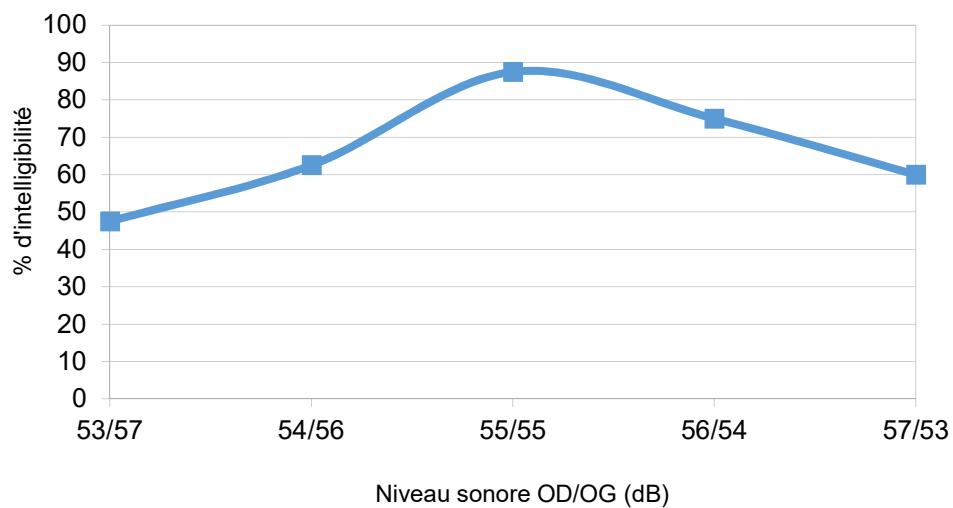
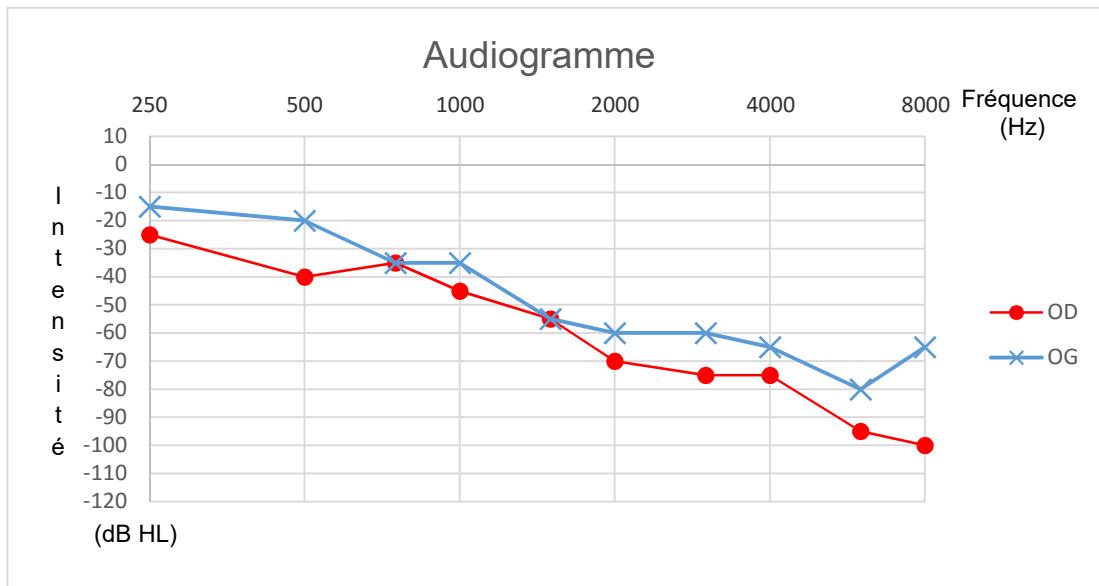
Modification apportée : -1dB Oreille droite / non appareillé Oreille gauche.

Patient n°16 : Masculin, 66 ans.

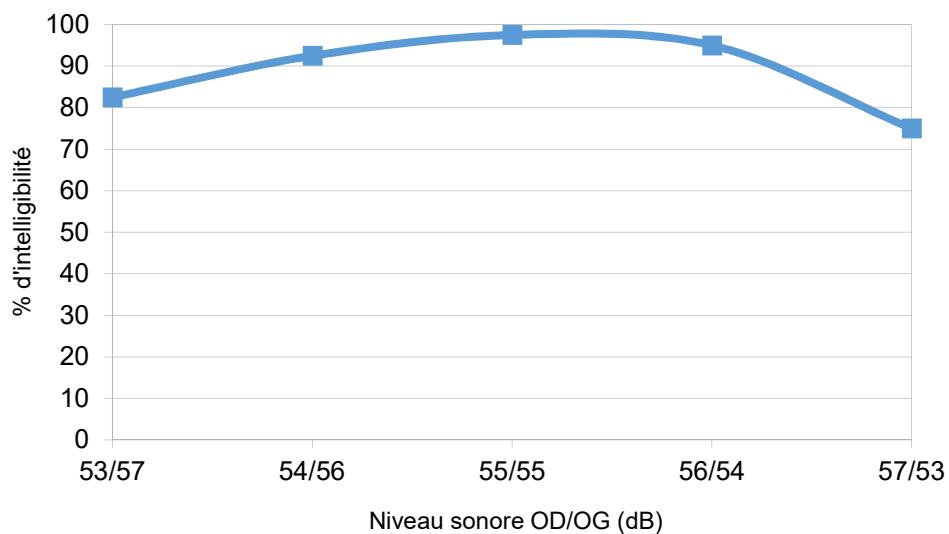
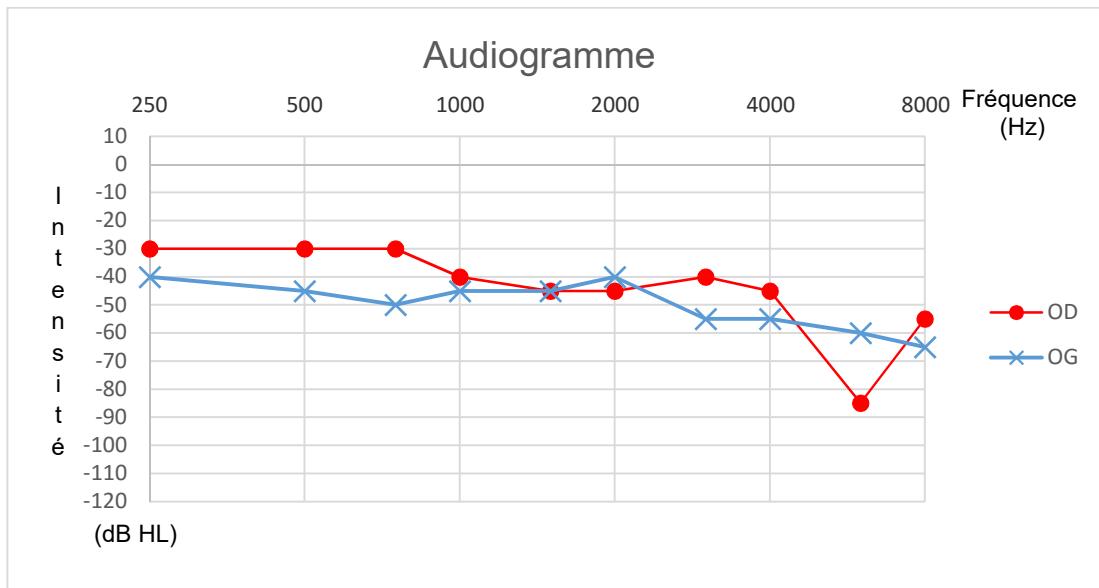


Modification apportée : -2dB Oreille droite / +2dB Oreille gauche.

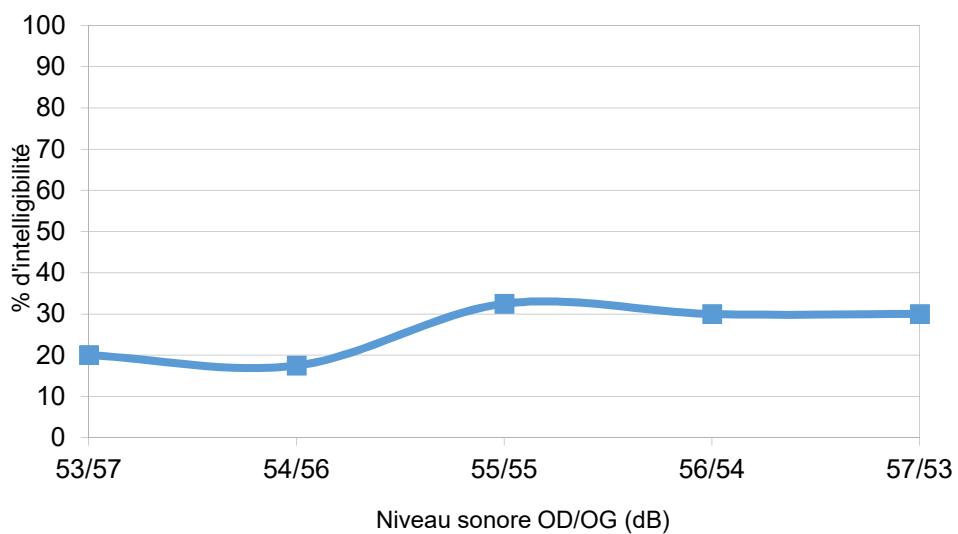
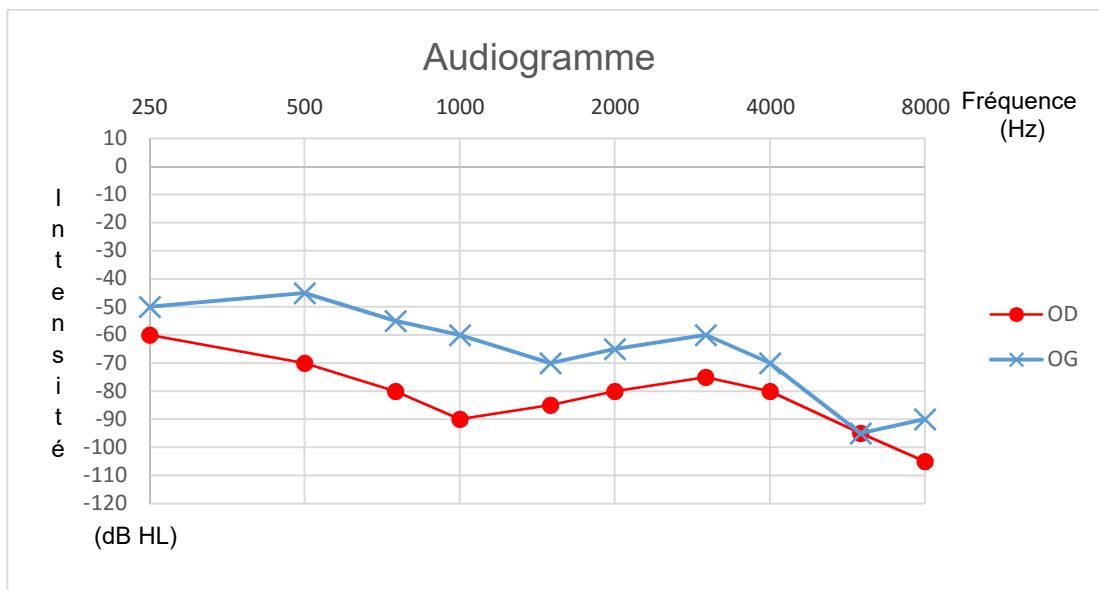
Patient n°17 : Masculin, 69 ans.



Patient n°18 : Féminin, 71 ans.



Patient n°19 : Féminin, 71 ans.



Patient n°20 : Féminin, 71 ans.

