



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

Creative commons : Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale
- Pas de Modification 4.0 France (CC BY-NC-ND 4.0)



<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.fr>

INSTITUT DES SCIENCES ET TECHNIQUES DE LA READAPTATION

Directeur Professeur Jacques LUAUTE

REPRODUCTIBILITE DE DEUX METHODES DE MESURE DES SEUILS DE CONFORT ET
D'INCONFORT AVEC ECHELLE CATEGORIELLE DE SONIE :
METHODE ASCENDANTE ET METHODE « UP & DOWN »

MEMOIRE présenté pour l'obtention du

DIPLOME D'ETAT D'AUDIOPROTHESISTE

par

MAUGENDRE Nathalie

Autorisation de reproduction

LYON, le 17 octobre 2025

David COLIN
Responsable de l'Enseignement

N° 1053



Président
Pr Bruno LINA

Vice-président CFVU
Mme Julie-Anne CHEMELLE

Vice-président CA
Mme Sandrine CHARLES

Vice-président Commission de
Recherche
M. Arnaud BRIOUDE

Directeur Général des Services par intérim
M. Gaël ASTIER

Secteur Santé

U.F.R. de Médecine Lyon Est
Directeur
Pr. RODE Gilles

U.F.R d'Odontologie
Directeur
Pr. MAURIN Jean-Christophe

U.F.R de Médecine Lyon-Sud
Charles Mérieux
Directeur
Pr PAPAREL Philippe

Institut des Sciences Pharmaceutiques
et Biologiques
Directeur
Pr DUSSART Claude

Comité de Coordination des
Etudes Médicales (CCEM)
Pr PAPAREL Philippe

Institut des Sciences et Techniques de
Réadaptation
Directeur
Pr LUAUTE Jacques

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

Secteur Sciences et Technologies

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

M. ROBERT Christian

Institut National Supérieur du Professorat et de l'éducation (INSPé)

Directeur

M. CHAREYRON Pierre

UFR de Sciences

Directeur

M. DEZLUS Olivier

POLYTECH LYON

Directeur

Pr PERRIN Emmanuel

IUT LYON 1

Directeur

M. MASSENZIO Michel

Observatoire astronomique de Lyon

Directeur

M. GUIDERDONI Bruno

UFR Biosciences

Directrice

Mme GIESELER Kathrin

Département Génie Electrique et des procédés (GEP)

Directrice

Mme CAVASSILA Sophie

Département informatique

Directrice

Mme BOUAKAZ BRONDEL Saida

Département Mécanique

Directeur

M. BUFFAT Marc

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier particulièrement Pierre-Antoine Cucis qui m'a accompagnée tout au long de la réalisation de ce mémoire, que ce soit dans le changement de sujet à mi-parcours, la définition du protocole, les analyses à conduire et les résultats à présenter... Bénéficier d'un suivi régulier au cours du stage a été précieux.

Je remercie également Muriel Kreiss, mon maître de stage, qui malgré le temps toujours compté m'a bien aidée dans le recrutement des patients.

Je remercie enfin l'ensemble des patients qui ont bien voulu se rendre disponibles pour ces tests, et qui se sont prêtés au jeu avec le sourire.

RESUME

La recherche des seuils d'inconfort lors du bilan d'orientation prothétique, si son utilité est assez largement reconnue, n'a pas ou très peu fait l'objet de protocoles standardisés, et les méthodes de test sont assez variables selon la pratique.

Nous avons voulu tester et comparer deux méthodes utilisant une échelle catégorielle de sonie, l'une assez classique, ascendante, et l'autre ascendante et descendante. Afin d'être plus complets, nous avons choisi de balayer la dynamique de l'oreille et de recueillir ainsi également les seuils de confort.

Pour chaque méthode, nous avons testé 15 patients, qui ont subi test puis re-test à au moins 10 jours d'intervalle. Nous avons comparé les seuils obtenus et évalué la reproductibilité de chaque méthode. Nous avons également évalué la durée des tests et leur perception par les patients au travers de questionnaire rapide.

Quelle que soit la méthode utilisée, nous n'avons pas observé de différence significative entre test et re-test, que ce soit pour les seuils de confort ou d'inconfort.

En observant les écarts entre test et re-test nous avons établi une variabilité légèrement plus importante pour les seuils de confort dans la méthode ascendante et pour les seuils d'inconfort dans la méthode ascendante et descendante.

La méthode ascendante est plus rapide et perçue comme moins difficile pour les patients, elle est selon nous à privilégier pour la recherche des seuils d'inconfort. Nous proposons quelques pistes d'amélioration de notre protocole pour la pratique courante : démarrer à une intensité à 60 dB HL ou au seuil s'il est plus élevé, confirmer le niveau d'UCL par une deuxième stimulation, utiliser une échelle continue.

MOTS-CLES : UCL, MCL, confort, inconfort, sonie

SOMMAIRE

1	Introduction	1
2	Revue de littérature	2
3	Matériels et Méthodes	8
3.1	Participants :	8
3.2	Procédure.....	10
3.2.1	Matériels	10
3.2.2	Déroulement des tests	11
3.3	Analyses statistiques	14
4	Résultats.....	15
4.1	Groupe « Up » : comparaison test / re-test.....	15
4.1.1	MCL.....	15
4.1.2	UCL.....	16
4.2	Groupe « Up & Down »	17
4.2.1	Comparaison test / re-test.....	17
4.2.2	Comparaison entre les 2 UCL obtenus pour une fréquence et un test donnés	19
4.3	Comparaison des 2 groupes.....	20
4.3.1	Durée	20
4.3.2	Ecart sur les seuils obtenus	20
4.3.3	UCL et réaction au niveau du visage.....	23
4.3.4	Réponses aux questionnaires.....	24
5	Discussion	25
5.1	Reproductibilité	25
5.2	Intérêt de la méthode « Up&Down »	27
5.3	Réflexion et pistes pour un protocole de mesure des UCL	27
5.4	Limites	28
6	Conclusion.....	30
Annexe 1	Echelle de sonie.....	36
Annexe 2	Trame de relevé des valeurs	37
Annexe 3	Questionnaire	39
Annexe 4	Evolution du temps moyen par réponse au fil des tests.....	40
Annexe 5	Réponses au questionnaire	41

1 INTRODUCTION

La mesure des seuils d'inconfort (ou UCL pour Uncomfortable Level) n'est pas systématiquement effectuée aujourd'hui lors du bilan d'orientation prothétique, une partie des audioprothésistes jugeant son utilité discutable, préférant utiliser des estimations statistiques de ces seuils d'inconfort, au travers des méthodes de pré-réglage choisies. Cependant, pour les audioprothésistes qui trouvent pertinent de mesurer les UCL, plusieurs problèmes se posent : la durée du test, la sensation d'agresser le patient avec les sons forts, l'absence de test protocolisé, ... Si la méthode est différente d'un audioprothésiste à un autre, alors les résultats peuvent l'être également, avec des conséquences potentielles sur les réglages et sur l'apport de l'appareillage au patient.

N'existe-t-il pas un test protocolisé, standardisé ? Les ouvrages d'audiométrie ne détaillent pas forcément les modalités des tests à effectuer. On trouve dans la littérature plusieurs méthodes qui ont été mises en œuvre, et que nous décrirons ci-après, mais seule la British Society of Audiology (BSA) a réellement émis des recommandations fortes et précises sur la mesure des UCL.

Une méthode dite « ascendante et descendante » a éveillé notre curiosité, elle consiste à augmenter l'intensité du stimulus de manière régulière, à la baisser puis à la monter à nouveau. Cette méthode nous permettrait-elle d'être plus précis, plus fiable sur la détermination des UCL ? Et l'on peut étendre la question aux seuils de confort (ou MCL pour Most Comfortable Level), voire à la dynamique du champ auditif. Pour justifier l'utilisation de cette méthode il est nécessaire de tester sa reproductibilité. Nous avons choisi, à cette fin, de tester la reproductibilité de deux méthodes : une méthode ascendante classique (que nous appellerons « Up ») et cette méthode ascendante et descendante (que nous appellerons « Up & Down »), en utilisant dans

les deux cas une échelle catégorielle de sonie. Notre objectif premier est d'évaluer la reproductibilité de ces deux méthodes, dans l'optique de proposer une méthode de test utilisable en routine. Si la question de la reproductibilité est notre sujet principal, nous garderons en permanence à l'esprit les questions du désagrément subi par les patients, du temps passé pour le patient et l'audioprothésiste, de la pertinence du seuil mesuré et de l'usage qui en sera fait.

2 REVUE DE LITTERATURE

La première question qui se pose est la définition précise des notions d'UCL et de MCL. Renart, dès 1978, propose la dénomination de Seuil Subjectif d'Inconfort et décrit sa procédure de test comme la recherche de l'intensité à laquelle il observe « la moindre tension musculaire au niveau du front, des joues, des yeux par exemple, qui est bien évidemment le premier signe de désagrément », en précisant que « parfois ce premier signe de désagrément apparaît sous la forme d'une réaction globale de comportement du patient ou d'une émission vocale » (Renart, 1983). Hawkins en 1980 définit l'UCL comme « l'intensité à laquelle le signal sonore émis entraîne une réponse subjective non favorable » (Hawkins, 1980). Le manuel pratique des tests de l'audition précise que « le seuil subjectif d'inconfort est en fait l'estimation du début d'inconfort et non pas la recherche de seuil douloureux », et que le seuil subjectif de confort se détermine comme étant « ni trop faible, ni trop fort » (Legent, 1998).

Plusieurs échelles catégorielles de sonie sont proposées :

- Echelle à 9 niveaux (Figure 1 ci-dessous): de 'Trop faible' à 'Trop fort' (Pascoe, 1988)

PATIENT'S SCALE		TESTER'S SCALE	
TOO LOUD!	RED	9	
VERY LOUD		8	
LOUD		7	
OK (LOUDER)	GREEN	6	
OK!		5	
OK (SOFTER)		4	
SOFT	YELLOW	3	
VERY SOFT		2	
TOO SOFT!		1	
NOTHING	WHITE	0	

Figure 1 : échelle catégorielle de sonie utilisée par Pascoe en 1988

- Echelle à 6 niveaux (Figure 2 ci-dessous), de 'Très faible' à 'Trop fort' (Allen et al., 1990)

<u>Very soft</u>
You would ask someone talking this loud to speak up.
<u>Soft</u>
Soft conversation level.
<u>OK</u>
Most comfortable conversational level.
<u>Loud</u>
Loud conversational level.
<u>Very loud</u>
You would ask someone speaking this loud not to shout.
<u>Too loud</u>
Uncomfortably loud.

Figure 2 : échelle catégorielle de sonie utilisée par Allen en 1990

- Echelle à 7 niveaux (Figure 3 ci-dessous), de 'Trop faible' à 'Très fort' (Cox et al., 1997)

LOUDNESS CATEGORIES	
7.	Uncomfortably Loud
6.	Loud, but O.K.
5.	Comfortable, but Slightly Loud
4.	Comfortable
3.	Comfortable, but Slightly Soft
2.	Soft
1.	Very Soft

Figure 3 : échelle à 7 niveaux utilisée par Cox en 1997

Pascoe définit le MCL comme étant le point médian entre la plus petite et la plus grande intensité que le patient a qualifiée comme « OK ! », et l'UCL comme étant l'intensité que le patient a qualifiée comme « TOO LOUD ! », niveau qui correspond pour lui à un son « si fort que l'on ne veut rien entendre de plus fort ».

Les UCL et MCL ont été plus tard définis en rapport avec la compréhension de la parole : l'UCL est ainsi le niveau d'intensité auquel la parole devient inconfortablement forte (Newby et Popelka 1992, (Gelfand, 2001), ou le niveau au-dessus duquel il n'y a pas d'amélioration de la compréhension de la parole (Dirks et al., 1981). Le MCL est décrit comme le niveau d'intensité auquel la parole est « confortablement forte » (Martin, 1994), ou le niveau auquel la compréhension de la parole est maximale (Brandy, 2002), (Shapiro, 1975).

Hawkins a décrit un protocole de mesure des UCL par « tracking » (Hawkins, 1980) utilisant des sons purs entre 250 et 4000Hz, et demandant au patient d'appuyer sur un bouton quand le son devient « inconfortablement fort », c'est à dire si fort que le patient ne voudrait pas l'entendre, quelle qu'en soit la durée (Morgan et al., 1974).

En 2018 la British Society of Audiology a publié des recommandations pour la mesure des UCL (Byrom et al., 2022): la consigne est de presser un bouton dès lors que le

son devient « si fort qu'il est inconfortable ». Le stimulus est constitué de sons purs, à une intensité initiale de 60dB HL ou au seuil s'il est plus élevé, avec des incréments de 5dB, chaque stimulation dure une seconde et est suivie d'une pause d'une durée de 2 à 5 secondes, les fréquences sont parcourues dans le même ordre que pour l'audiométrie, et l'opérateur observe le visage du patient pour s'arrêter dès qu'il y a un signe de « détresse » ou un « tressaillement ».

La SFORL (Société Française d'Oto-Rhino-Laryngologie) recommande, lors du bilan d'orientation prothétique, d'effectuer « une audiométrie supraliminaire, la recherche des seuils d'inconfort et, si nécessaire, la mesure de la progression de la sensation sonore » (Thai-Van et al., 2022).

Plusieurs équipes ont proposé des protocoles permettant d'explorer la dynamique du champ auditif du patient en recherchant la fonction de sonie :

- La méthode de mesure de la croissance de sonie, appelée Loudness Growth in $\frac{1}{2}$ Octave Bands (LGOB) (Allen et al., 1990) : les stimuli sont des bruits périodiques par bandes d'un demi octave, centrés sur 250Hz, 500Hz, 1000Hz, 2000Hz et 4000Hz, une pause de 5 à 8 secondes est laissée entre 2 stimulations, et les réponses du patient sont données en utilisant une échelle catégorielle de sonie de 7 niveaux. Pendant la première phase la stimulation démarre à 60dB SPL et descend par incréments de 5dB jusqu'à ce que le patient ne donne plus de réponse, alors la stimulation passe à 65dB et on monte par incréments de 5dB jusqu'à ce que le patient indique « Trop fort ». Pendant la deuxième phase, l'intensité et la fréquence du stimulus varient aléatoirement, jusqu'à avoir balayé 3 fois chacun des 15 niveaux par fréquence. Ce test, très complet car il explore tout le champ auditif du patient – en tout cas jusqu'à 4000 Hz – permet de s'affranchir des biais inhérents aux méthodes ascendantes et

descendantes, en revanche il dure 30mn, ce qui est très long pour un test de routine.

- La norme ISO 16832:2006 (*ISO 16832:2006(en), Acoustics — Loudness scaling by means of categories*, s. d.) propose une méthode d'évaluation de la fonction de sonie : les stimuli, signaux de bruit bande étroite d'une durée d'1s, sont présentés au patient de manière pseudo aléatoire, en évitant de présenter des sons trop similaires de manière successive. Le patient doit indiquer la sonie sur une échelle catégorielle, qui peut être verbale, numérique ou symbolique. Après une phase d'entraînement au cours de laquelle l'amplitude de la dynamique est estimée, chaque signal est présenté 5 fois de manière pseudo aléatoire.
- Le Loudness Contour Test (Cox et al., 1997), dont l'objectif est de déterminer la fonction de sonie du patient et d'adapter le réglage des appareils en conséquence. Il préconise d'utiliser des sons vobulés, mais il est également possible d'utiliser des sons purs ou des bandes de bruit d'1/3 d'octave. La durée du stimulus est de 4 fois 200ms, et l'incrément est aléatoire, de 3 à 9dB, ou 5dB si le seuil est inférieur à 50dB HL. Le test est réalisé aux fréquences 250, 500, 1000, 2000, 3000 et 4000Hz. L'intensité démarre un incrément au-dessus du seuil et est augmentée jusqu'à obtenir la réponse « Inconfortablement fort » sur une échelle à 7 niveaux. La durée du test est de 5mn par fréquence explorée, le test est automatisé ou manuel.

Il est intéressant de noter que cette dernière méthode est celle à laquelle la méthodologie DSL fait référence (Scollie et al., 2005) pour la mesure de l'inconfort appareillé.

Les tests réalisés et protocoles décrits n'utilisent pas tous le même type de signal. Plusieurs études ont comparé les résultats obtenus selon le type de signal utilisé :

Dirks & Kamm ont observé que les MCL obtenus avec des sons purs étaient plus élevés que ceux obtenus avec du signal de parole, expliquant que la parole était jugée plus forte qu'un son pur à la même intensité car il s'agit d'un signal large bande (Dirks & Kamm, 1976).

Hawkins a comparé les UCL de 19 patients en utilisant 18 stimuli différents, avec une méthode adaptative. Il n'a pas mis en évidence de différence d'UCL entre les stimuli spécifiques en fréquence (sons purs, bandes de bruit d'1/3 d'octave, signal de parole filtré d'1/3 d'octave) mais a bien observé un effet lié à la fréquence. Les UCL obtenus avec des bruits de parole ou des bruits large bande étaient similaires, et comparables aux valeurs obtenues avec les signaux aux fréquences de 500 et 4000Hz (Hawkins, 1980).

Une étude rétrospective conduite sur la mesure des MCL et UCL, leur reproductibilité, leur utilisation (Punch, Joseph, et al., 2004) conclue que les résultats des tests effectués sont plus impactés par les méthodes de test et par les instructions données que par les stimuli utilisés. Les résultats de cette étude suggèrent que les UCL sont moins reproductibles que les MCL, et que les MCL obtenus avec des signaux de parole étaient plus reproductibles que ceux obtenus avec des sons purs, différence non observée pour les UCL.

Formby, en 2017, a montré également que le jugement de sonie d'un patient donné pouvait évoluer avec le temps et en fonction des instructions données (Formby et al., 2017).

3 MATERIELS ET METHODES

L'étude menée est une étude expérimentale conduite auprès de deux groupes de patients. Son objet est de tester la reproductibilité de deux méthodes de mesures des MCL et UCL avec échelle catégorielle de sonie. Le premier groupe est testé avec une méthode ascendante, que nous appellerons « Up », le deuxième groupe avec une méthode ascendante et descendante, que nous appellerons « Up & Down ».

3.1 PARTICIPANTS :

Les patients sélectionnés pour cette étude étaient des adultes présentant une surdité de perception bilatérale symétrique, légère à moyenne, appareillés depuis plus de 6 mois, au sein de la patientèle du centre Audition Conseil de Pierre-Bénite.

Ont été exclus les patients hyperacousiques, ceux qui présentaient des difficultés de compréhension ou de perception visuelle, et ceux dont les conduits auditifs externes étaient obstrués.

Les groupes ont été constitués de manière à être le plus homogènes possible en termes de perte tonale moyenne (PTM), d'âge, de répartition homme/femme.

Les tests ont été effectués auprès de deux groupes de 15 patients, pour lesquels nous avons pu tester les deux oreilles :

- Les patients du groupe « Up » étaient âgés de 51 à 82 ans (moyenne 72,5 ans, écart-type 8,9 ans). Leur PTM était comprise entre 30 et 65dB (moyenne 46,2dB, écart-type 9,1 dB)
- Les patients du groupe « Up & Down » étaient âgés de 70 à 86 ans (moyenne 77,1 ans, écart-type 5,4 ans). Leur PTM était comprise entre 36 et 64dB (moyenne de 45,4dB, écart-type 8,7dB)

Les audiogrammes de chaque groupe sont présentés Figure 4 et Figure 5 ci-après.

Chaque groupe était constitué de 6 hommes et 9 femmes.

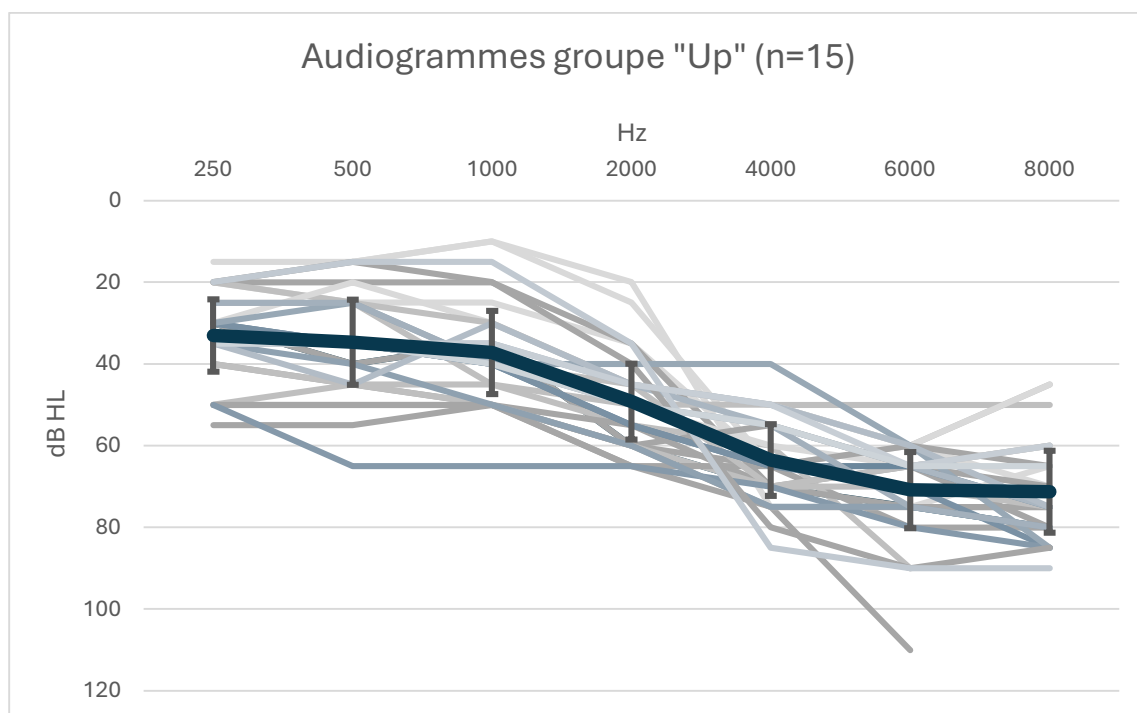


Figure 4 : Audiogrammes des patients du Groupe « Up » (n=15, deux oreilles testées par patient) – la courbe en gras représente l'audiogramme moyen avec écart-types

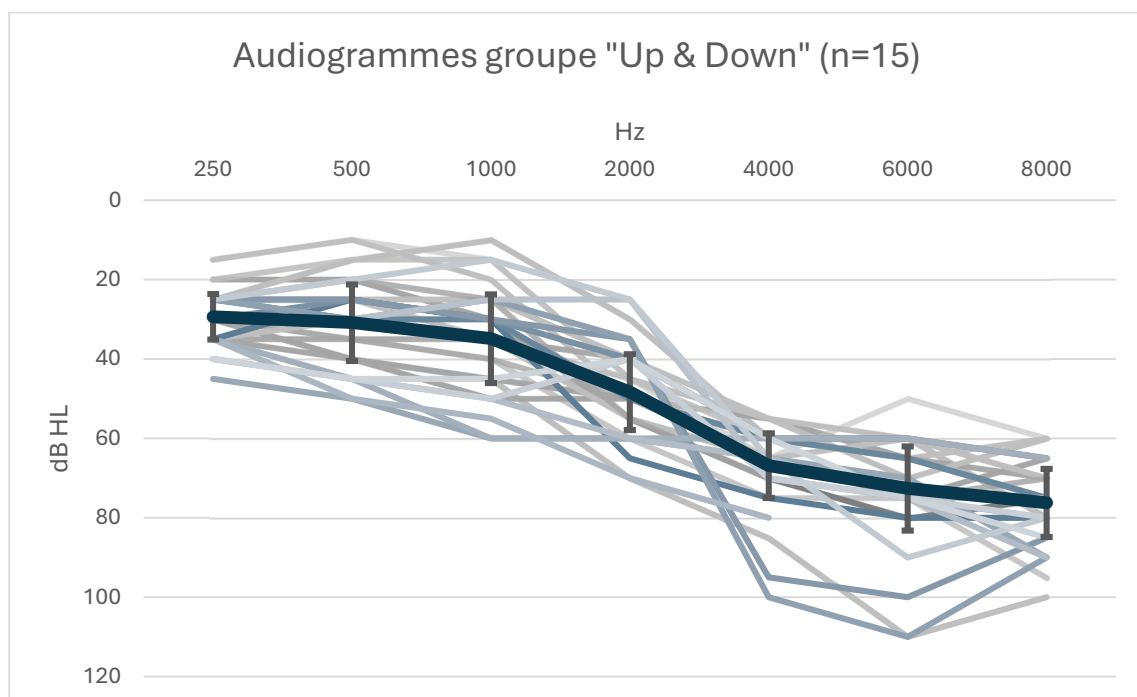


Figure 5 : Audiogrammes des patients du Groupe « Up & Down » (n=15, deux oreilles testées par patient) – la courbe en gras représente l'audiogramme moyen avec écart-types


3.2 PROCEDURE


3.2.1 Matériels


Les tests ont été effectués en cabine insonorisée, avec un audiomètre Aurical Aud avec Hi Pro 2 et un casque TDH39, matériels calibrés en février 2024. Un smartphone était utilisé pour chronométrer les tests. Le patient indiquait ses réponses sur une échelle catégorielle de sonie à 9 niveaux (Annexe 1), inspirée de l'échelle utilisée par Pascoe car permettant une bonne sélectivité des catégories de sonie (Pascoe, 1988). Les réponses sont reportées à la main dans une grille (Annexe 2).

Dans l'objectif de mesurer le ressenti des patients suite à ces tests, et de répondre aux craintes des audioprothésistes jugeant ces tests trop inconfortables et les consignes insuffisamment claires, un questionnaire était soumis au patient en fin de test (Figure 6).

Comment qualifieriez-vous ce test?



Très désagréable



Plutôt désagréable


Plutôt agréable



Très agréable

La consigne donnée vous a paru:


Pas claire du tout



Pas très claire



Plutôt claire


Très claire

La classification des sons vous a paru:


Très difficile


Plutôt difficile


Plutôt facile



Très facile

Figure 6 : questionnaire présenté au patient en fin de test et re-test

3.2.2 Déroulement des tests

Deux tests étaient réalisés pour chaque patient, afin d'évaluer la reproductibilité. Le test et le re-test étaient distants dans le temps d'au moins 10 jours :

- pour le Groupe « Up », le délai entre test et re-test allait de 10 à 42 jours, avec un délai moyen de 22,2 jours,
- pour le Groupe « Up & Down », le délai entre test et re-test allait de 11 à 38 jours, avec un délai moyen de 19,5 jours.

Après examen otoscopique des conduits auditifs externes, l'audiométrie tonale au casque était réalisée si la dernière avait été réalisée plus d'un an auparavant, puis les consignes étaient données au patient et l'échelle visuelle lui était remise.

Les consignes étaient différentes selon le groupe auquel appartenait le patient :

- **Groupe « Up »**

Pour le groupe « Up », la consigne était la suivante :

« Vous allez entendre des sons de plus en plus forts, vous m'indiquerez sur cette échelle pour chaque son présenté dans quelle catégorie vous le situez. Votre réponse doit être aussi spontanée que possible. Nous n'irons pas au niveau TROP FORT car nous ne voulons pas que le test soit douloureux »

- **Groupe « Up & Down »**

Pour le groupe « Up & Down », la consigne était la suivante :

« Vous allez entendre des sons qui seront de plus en plus forts, mais qui baisseront de temps en temps. Vous m'indiquerez sur cette échelle pour chaque son présenté dans quelle catégorie vous le situez. Votre réponse doit être aussi spontanée que possible. Nous n'irons pas au niveau TROP FORT car nous ne voulons pas que le test soit douloureux »

Le test commençait de manière aléatoire par l'oreille gauche ou l'oreille droite. Le re-test commençait par l'oreille opposée.

La stimulation se faisait au moyen de sons purs continus, choisis pour leur spécificité fréquentielle et la reproductibilité des études les ayant comparé à d'autres stimuli (Cox et al., 1997; Hawkins, 1980). La stimulation durait 2 à 3 secondes. En cas de non-réponse du patient le stimulus était présenté à nouveau.

Après mise en place du casque, un test d'entraînement était réalisé, en faisant entendre, à 1000Hz, trois sons d'intensités différentes afin que le patient puisse les classer sur l'échelle.

Puis le test démarrait (démarrage du chronomètre) :

- Groupe « Up » : pour chaque fréquence, en commençant à 250 Hz, la stimulation démarrait à l'intensité de départ (cf Tableau 1), puis augmentait par incréments de 5dB jusqu'à atteindre le niveau TRES FORT. Cette intensité était retenue comme UCL, c'est-à-dire non pas le seuil de douleur mais l'inconfort initial (Cox et al., 1997; Hawkins, 1980). Le MCL retenu était le point moyen entre le plus bas et le plus haut niveau auquel le patient a répondu « BIEN » (Pascoe, 1988).
- Groupe « Up & Down » : pour chaque fréquence, en commençant à 250 Hz, la stimulation démarrait à l'intensité de départ (cf Tableau 1), augmentait par incréments de 5dB à trois reprises, puis diminuait de 5dB. Ceci était reproduit jusqu'à atteindre le niveau TRES FORT. Cette intensité était retenue comme UCL1. L'intensité était alors abaissée de 5 dB puis la procédure continuait jusqu'à atteindre à nouveau le niveau TRES FORT. Cette intensité était retenue comme UCL2. L'UCL retenu était la valeur la plus haute entre UCL1 et UCL2, se basant sur les études conduites par Elmasian et al., indiquant que la

perception d'un son avait tendance à aller dans le sens de l'intensité du stimulus précédent, et ce d'autant plus que la durée entre les deux stimuli était brève (Elmasian et al., 1980). Le MCL retenu était le point moyen entre le plus bas et le plus haut niveau auquel le patient a répondu « BIEN ».

La Figure 7 représente la procédure.

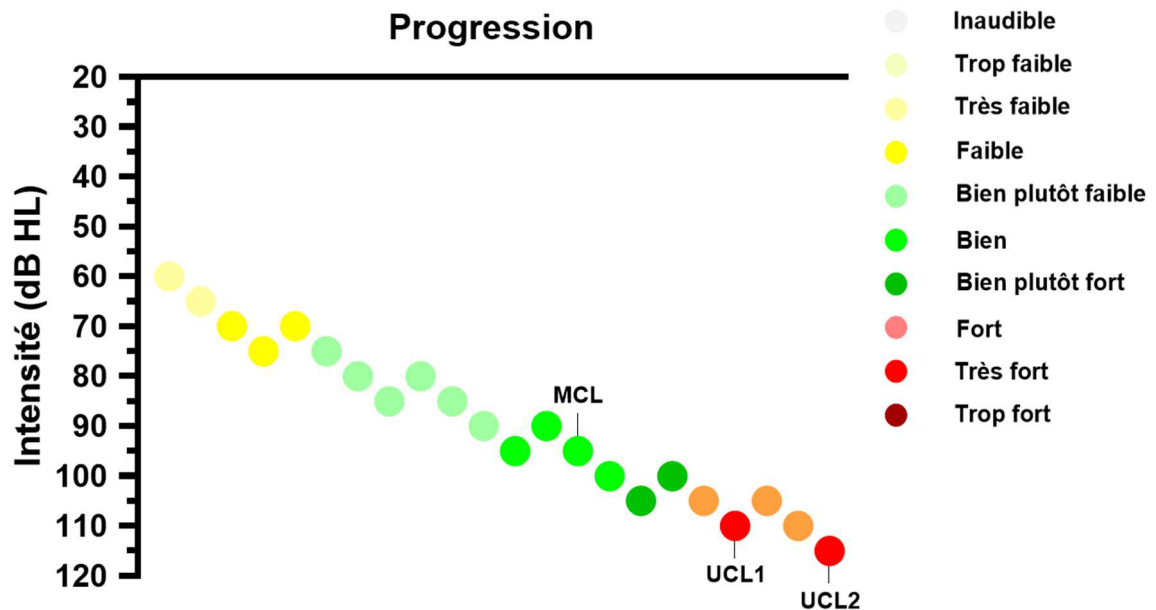


Figure 7 : Représentation schématique du déroulé du test selon la méthode « Up&Down » pour une fréquence donnée. Pour chaque intensité de stimulation (en ordonnées), la catégorie de sonie indiquée par le patient est notée (ici en code couleur). Après 3 incréments successifs de 5dB l'intensité est abaissée de 5 dB. Lorsque la catégorie TRES FORT est atteinte (UCL1) l'intensité est à nouveau abaissée de 5 dB puis la procédure recommence jusqu'à ce que le patient indique à nouveau la catégorie TRES FORT (UCL2).

Notes :

- Si pour une fréquence donnée le niveau « TRES FORT » n'était pas atteint avant la limite de l'audiomètre, la valeur UCL retenue était égale à la limite de l'audiomètre +5dB.
- Si le niveau « TROP FORT » était atteint sans passer par le niveau « TRES FORT », l'UCL retenu était l'intensité pour laquelle le niveau « TROP FORT » avait été spécifié.

- Si le niveau « BIEN » n'était pas spécifié pour une fréquence donnée, le MCL était calculé comme la moyenne des intensités du plus proche niveau inférieur et du plus proche niveau supérieur, pondérée par l'écart avec le niveau « BIEN ».

Chaque réponse était notée sous forme numérique dans la grille prévue à cet effet, en précisant également si une réaction au niveau du visage était observée. Les fréquences étaient parcourues jusqu'à 8000 Hz. Le chronomètre était alors arrêté avant de passer à l'oreille opposée et de procéder de même.

fréquence (Hz)	250	500	1000	2000	4000	6000	8000
Intensité de départ (dB SL)	20	20	20	10	5	5	5

Tableau 1 : Intensités initiales de la stimulation pour chaque fréquence, exprimées en dB SL. L'intensité est d'autant plus basse et proche du seuil d'audition que la fréquence est élevée et par conséquent que le champ auditif est pincé.

En fin de test, le questionnaire (Figure 6) était soumis au patient, et ses réponses notées dans la grille (Annexe 3)

3.3 ANALYSES STATISTIQUES

Nous comparerons les variances des seuils obtenus entre le test et le re-test en utilisant la méthode ANOVA, à un ou plusieurs facteurs, afin d'établir ou non une différence entre test et re-test. Nous utiliserons les statistiques descriptives pour décrire nos données : moyenne, écart-type, valeur minimale et maximale, ainsi que les histogrammes de distribution en fréquence pour comparer les écarts test / re-test entre les deux méthodes.

4 RESULTATS

Nous nous attacherons en premier lieu à exposer les résultats de la mesure des seuils MCL et UCL pour chaque méthode, en comparant test et re-test, afin d'établir ou non une reproductibilité, et détaillerons les résultats propres à la méthode « Up & Down ». Puis nous comparerons les deux groupes entre eux sur les écarts de seuils obtenus.

4.1 GROUPE « UP » : COMPARAISON TEST / RE-TEST

4.1.1 MCL

Les MCL moyens obtenus pour le groupe « Up » lors du test et re-test (et leurs écart-types) sont présentés dans le Tableau 2 et la Figure 8 :

Fréquence (Hz)		250	500	1000	2000	4000	6000	8000
MCL test (dB HL)	moy	70,0	72,3	73,0	79,3	86,9	92,8	91,2
	σ	10,8	13,8	13,5	11,3	11,1	9,0	11,0
MCL re-test (dB HL)	moy	70,8	72,5	73,0	78,7	88,2	95,9	92,1
	σ	11,9	14,2	15,6	13,8	11,3	11,3	9,9

Tableau 2 : MCL moyens et écart-types mesurés lors du test et re-test pour le Groupe « Up » (n=15)

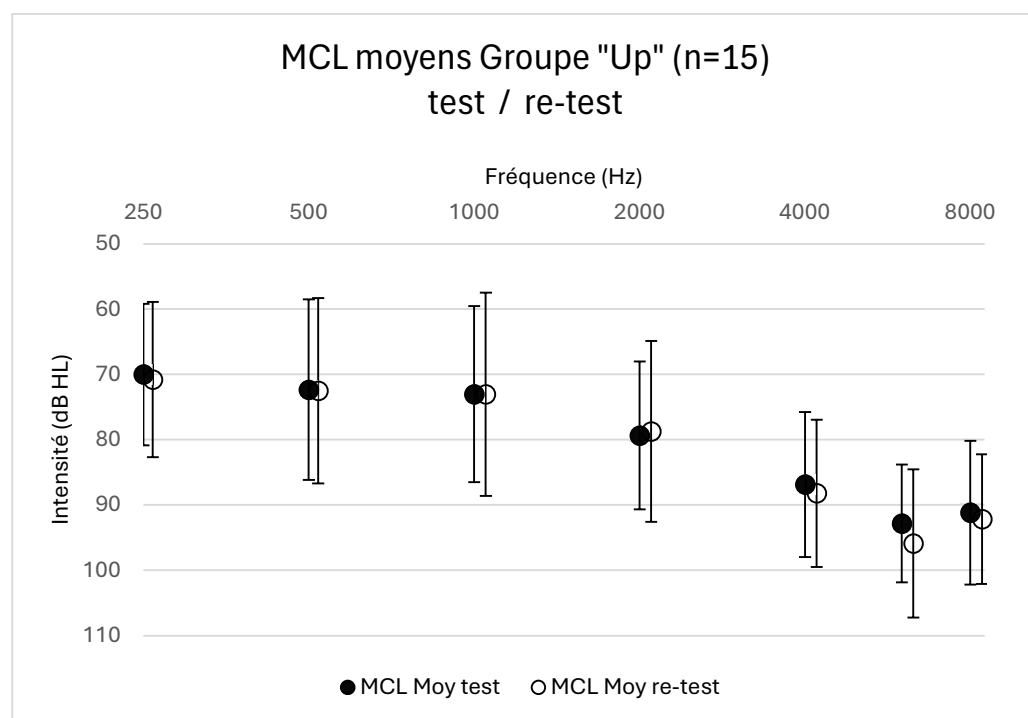


Figure 8 : MCL moyens mesurés pour le groupe « Up » lors du test et du re-test. Les barres d'erreur représentent les écart-types.

L'analyse ANOVA à deux facteurs effectuée met en évidence une différence significative entre les MCL mesurés à différentes fréquences ($p < 0,001$), mais pas de différence significative entre le test et le re-test ($p = 0,520$).

4.1.2 UCL

Les UCL moyens obtenus pour le groupe « Up » lors du test et re-test (et leurs écart-types) sont présentés dans le Tableau 3 et la Figure 9 :

Fréquence (Hz)		250	500	1000	2000	4000	6000	8000
UCL test (dB HL)	moy	90,2	90,3	90,7	95,7	100,8	107,0	106,1
	σ	10,9	13,9	12,0	10,8	11,5	8,6	8,9
UCL re-test (dB HL)	moy	89,7	90,3	88,7	94,3	103,5	109,8	104,3
	σ	11,8	13,8	12,1	12,8	12,6	12,0	8,2

Tableau 3 : UCL moyens et écart-types mesurés lors du test et re-test pour le Groupe « Up » ($n = 15$)

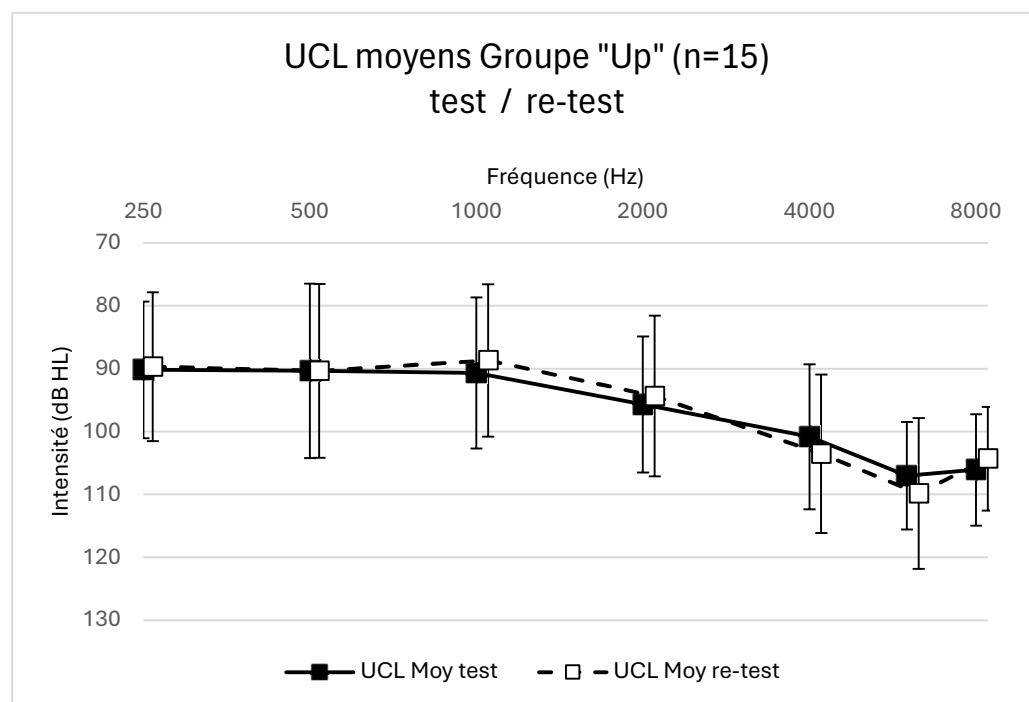


Figure 9 : UCL moyens mesurés pour le groupe « Up » lors du test et du re-test. Les barres d'erreur représentent les écart-types.

La comparaison statistique par une analyse ANOVA à 2 facteurs indique également une différence significative entre les fréquences ($p < 0,001$), mais n'en met pas en évidence entre test et re-test ($p = 0,988$).

4.2 GROUPE « UP & DOWN »

4.2.1 Comparaison test / re-test

4.2.1.1 MCL

Les MCL moyens obtenus pour le groupe « Up & Down » lors du test et re-test (et leurs écart-types) sont présentés dans le Tableau 4 et la Figure 10 ci-dessous :

Fréquence (Hz)		250	500	1000	2000	4000	6000	8000
MCL test	moy	66,4	69,6	70,6	75,7	86,8	93,8	93,3
(dB HL)	σ	8,8	10,4	10,1	8,9	11,0	9,9	8,1
MCL re-test	moy	64,2	70,2	69,5	75,4	87,7	94,7	93,0
(dB HL)	σ	8,6	9,1	11,4	9,1	9,4	10,2	7,6

Tableau 4 : MCL moyens et écart-types mesurés lors du test et re-test pour le Groupe « Up & Down » (n=15)

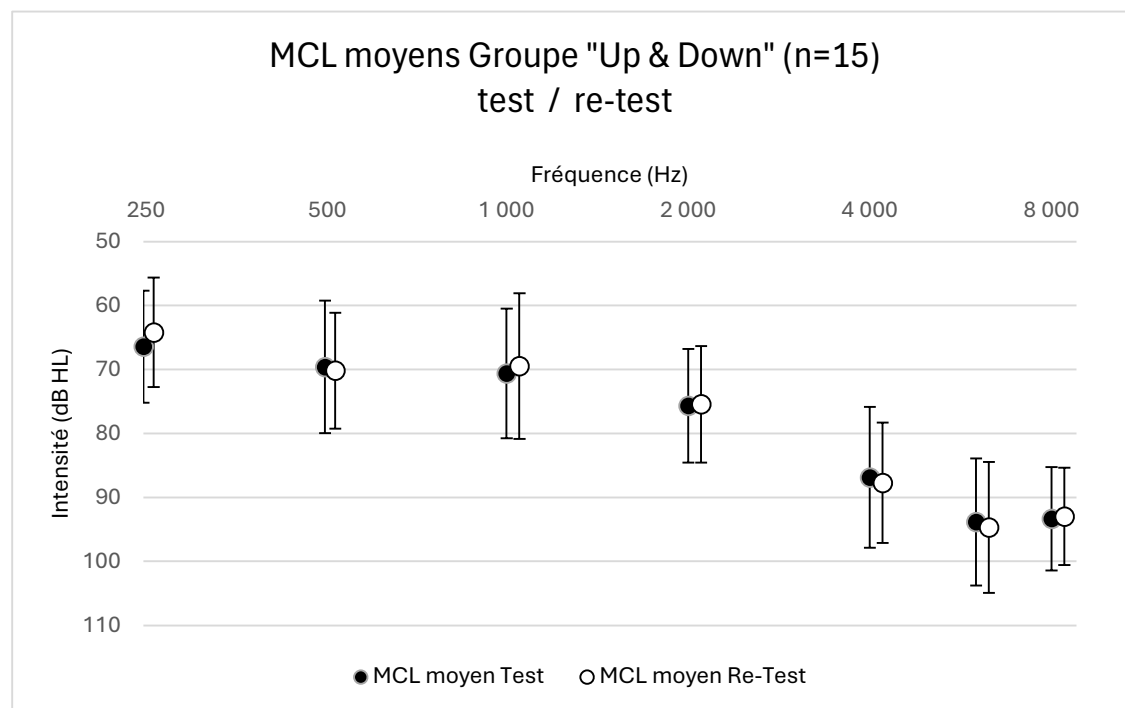


Figure 10 : MCL moyens mesurés pour le groupe « Up&Down » lors du test et du re-test. Les barres d'erreur représentent les écart-types.

L'analyse ANOVA effectuée, comme précédemment, montre un effet fréquence ($p < 0,001$) mais pas de différence significative entre test et re-test ($p = 0,804$).

4.2.1.2 UCL

Les UCL moyens obtenus pour le groupe « Up & Down » lors du test et re-test (et leurs écart-types) sont présentés dans le Tableau 5 et la Figure 11 :

Fréquence (Hz)		250	500	1000	2000	4000	6000	8000
UCL test	moy	88,3	87,4	86,0	89,8	99,3	107,2	102,8
(dB HL)	σ	12,0	11,6	10,3	9,2	12,9	11,7	9,3
UCL re-test	moy	83,3	86,7	84,7	89,0	101,0	105,3	104,1
(dB HL)	σ	9,6	12,1	11,1	8,1	12,3	10,3	8,8

Tableau 5 : UCL moyens et écart-types mesurés lors du test et re-test pour le Groupe « Up & Down » (n=15)

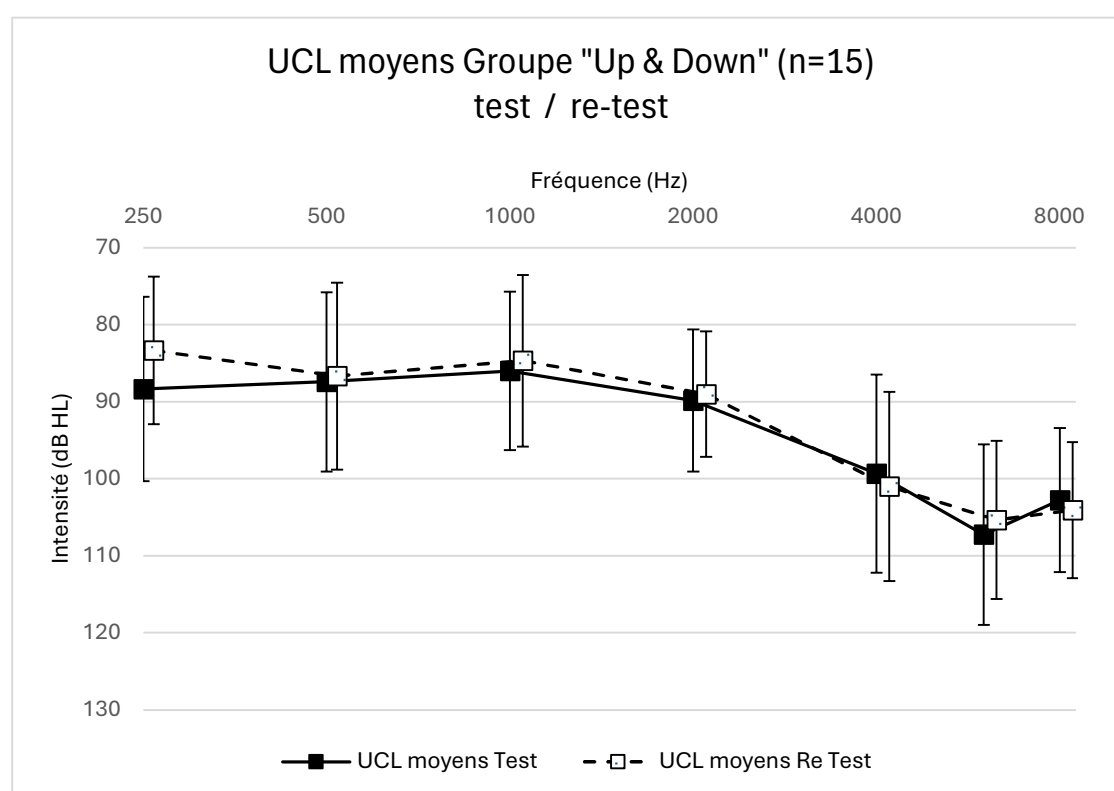


Figure 11 : UCL moyens mesurés pour le groupe « Up&Down » lors du test et du re-test. Les barres d'erreur représentent les écart-types.

La comparaison statistique des UCL par une analyse ANOVA à 2 facteurs, comme pour le groupe « Up », indique également une différence significative entre les fréquences ($p < 0,001$), mais n'en met pas en évidence entre test et re-test ($p = 0,355$).

4.2.2 Comparaison entre les 2 UCL obtenus pour une fréquence et un test donnés

Pour évaluer l'intérêt de la méthode « Up & Down », nous avons mesuré les écarts entre UCL1, première intensité spécifiée comme UCL et UCL2, la deuxième spécifiée comme UCL au cours du même test et pour la même fréquence (cf Figure 7). La Figure 12 ci-dessous représente la distribution des écarts entre ces 2 mesures, test et re-test confondus :

**Groupe "Up&Down" (n=15):
distribution fréquentielle des écarts entre UCL1 et UCL2**

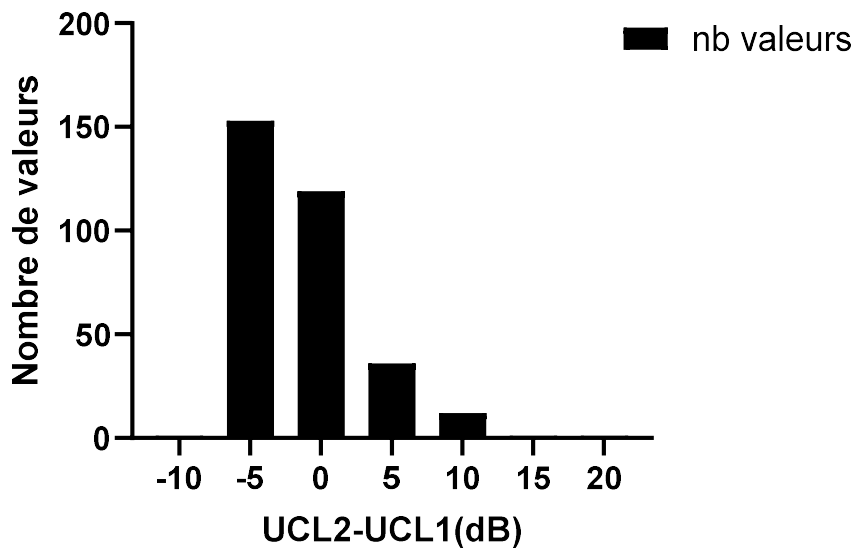


Figure 12 : Distribution des écarts entre UCL1 et UCL2 obtenus au cours d'un même test pour une même fréquence pour le groupe « Up & Down ». Un écart positif indique qu'UCL2 est supérieur à UCL1.

On observe que dans 37% des cas il n'y a pas d'écart entre UCL1 et UCL2 et que dans 48% des cas l'écart est négatif: UCL2 est plus bas qu'UCL1. Dans seulement 15% des cas on obtient un UCL2 plus haut qu'UCL1.

4.3 COMPARAISON DES 2 GROUPEs

4.3.1 Durée

Afin d'évaluer la possibilité d'utiliser ces tests en routine, on compare le temps passé par test entre le Groupe « Up » et le Groupe « Up & Down » : les résultats sont présentés Figure 13.

En moyenne, le test du Groupe « Up » dure 10mn25s (écart-type 2mn16s), contre 14mn41s (écart-type 4mn27s) pour le groupe « Up & Down ».

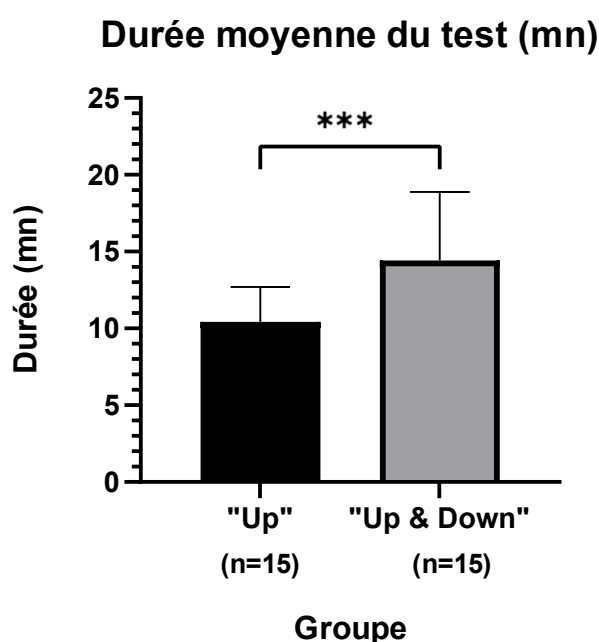


Figure 13 : Durée moyenne du test (en mn) en fonction du groupe, test et re-test confondus. Les différences de moyennes sont significatives (ANOVA, $p < 0,001$)

On observe également qu'au fil de l'étude la durée moyenne par point de mesure décroît, quelle que soit la méthode utilisée (Annexe 4)

4.3.2 Ecart sur les seuils obtenus

Nous avons vu précédemment que quelle que soit la méthode utilisée, les seuils mesurés, MCL et UCL, étaient comparables entre test et re-test. Nous avons voulu évaluer si les écarts entre test et re-test étaient comparables d'une méthode à l'autre.

4.3.2.1 MCL

Les statistiques descriptives (Tableau 6) indiquent un écart moyen de 0,37 dB sur les MCL pour le groupe « Up » et de -0,71dB pour le groupe « Up&Down ». Les écarts mesurés vont de -15,8dB à +22,5dB pour le groupe « Up » et de -17 à +17,5dB pour le groupe « Up&Down ». On note que 95% des écarts se situent entre 4,7 et 6 dB pour le groupe « Up » et entre 4,4 et 5,6dB pour le groupe « Up & Down » :

Écarts MCL test – re-test (n=30) :

	Groupe « Up »	Groupe « Up & Down »
Nb valeurs	188	180
<u>Statistiques sur les valeurs réelles des écarts :</u>		
Moyenne (dB)	0,37	-0,71
Ecart-type (dB)	6,99	6,49
Minimum (dB)	-15,8	-17,5
Maximum (dB)	22,5	17,5
<u>Statistiques sur les valeurs absolues des écarts :</u>		
Moyenne (dB)	5,34	5,00
95% IC moy - sup (dB)	5,99	5,61
95% IC moy - inf (dB)	4,70	4,39

Tableau 6 : statistiques descriptives se rapportant aux écarts entre les MCL mesurés entre le test et le re-test pour chaque groupe

En représentant ces écarts sous forme d'histogramme de distribution (Figure 14), on observe des distributions similaires entre les 2 groupes.

Ecart MCL test / re-test : distribution (n=30)

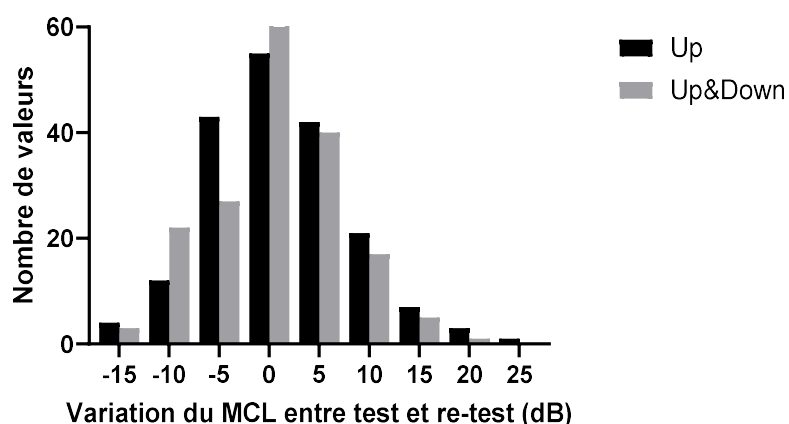


Figure 14 : Histogrammes de distribution en fréquence des écarts mesurés pour chaque groupe entre les MCL du test et du re-test, toutes fréquences confondues

L'analyse ANOVA de ces écarts en fonction du groupe n'indique pas de différence significative ($p=0,190$).

4.3.2.2 UCL

Les statistiques descriptives (Tableau 7) indiquent un écart moyen de 0dB sur les UCL pour le groupe « Up » et de -0,99dB pour le groupe « Up & Down ». Les écarts mesurés vont de -20dB à +20dB pour le groupe « Up » et de -35 à +20dB pour le groupe « Up & Down ». On note que 95% des écarts se situent entre 4,8 et 6,2dB pour le groupe « Up » et entre 5,2 et 6,8dB pour le groupe « Up & Down » :

Ecarts UCL test – re-test (n=30) :

	Groupe « Up »	Groupe « Up & Down »
Nb valeurs	208	208
<u>Statistiques sur les valeurs réelles des écarts :</u>		
Moyenne (dB)	0,00	-0,99
Ecart-type (dB)	7,49	8,20
Minimum (dB)	-20,00	-35,00
Maximum (dB)	20,00	20,00
<u>Statistiques sur les valeurs absolues des écarts :</u>		
Moyenne (dB)	5,48	5,99
95% IC moy - sup (dB)	6,18	6,76
95% IC moy - inf (dB)	4,79	5,21

Tableau 7 : statistiques descriptives se rapportant aux écarts entre les UCL mesurés entre le test et le re-test, pour chaque groupe.

En représentant ces écarts sous forme d'histogramme de distribution (Figure 15), on observe des distributions similaires, avec toutefois une légère asymétrie pour le groupe « Up&Down » vers les valeurs négatives.

Ecart UCL test / re-test : distribution

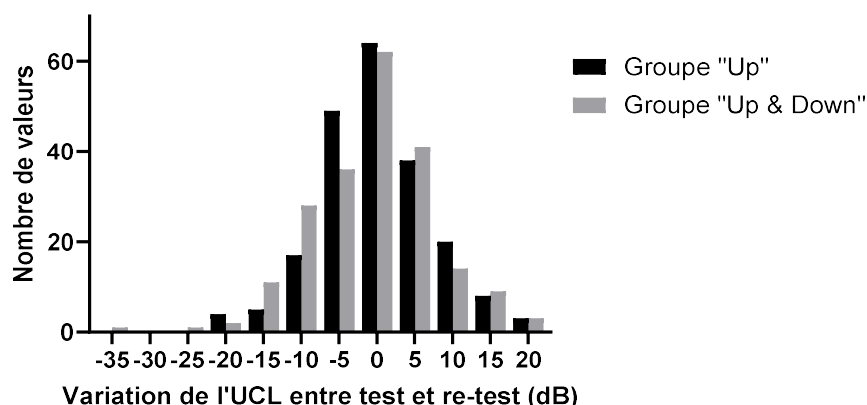


Figure 15 : Histogrammes de distribution en fréquence des écarts mesurés en valeur réelle pour chaque groupe entre les UCL du test et du re-test, toutes fréquences confondues.

L'analyse ANOVA de ces écarts en fonction du groupe n'indique pas de différence significative ($p=0.201$).

4.3.3 UCL et réaction au niveau du visage

Les éventuelles réactions du patient au niveau de son visage (contraction musculaire, tressaillement, froncement de sourcil,...) ayant été systématiquement notées pendant le test, nous avons voulu voir quelle était la proportion de ces réactions sur le nombre d'UCL mesurés, pour chaque groupe. Les UCL fixés à +5dB HL au-dessus de la limite de l'appareillage, en cas d'absence de réponse, n'ont pas été pris en compte. Les résultats sont repris dans le Tableau 8 :

		Groupe « Up »	Groupe « Up & Down »
UCL mesurés (nb)		416	416
Réactions observées	nb	92	94
	%	22,1	22,5

Tableau 8 : Nombre de réactions observées sur le visage du patient par rapport au nombre d'UCL mesurés dans chaque groupe ($n=30$)

On observe que la proportion d'UCL mesurés pour lesquels le patient a présenté une réaction au niveau du visage est similaire dans les deux groupes.

4.3.4 Réponses aux questionnaires

Sur les 60 réponses aux questionnaires (résultats détaillés en Annexe 5), le test a été jugé plutôt agréable ou très agréable 56 fois (soit 93% des réponses), la classification des sons a été considérée comme plutôt facile ou très facile 37 fois (soit 62% des réponses), et la consigne a été jugée comme plutôt claire ou très claire dans tous les cas. La Figure 16 permet d'observer les différences entre les deux groupes :

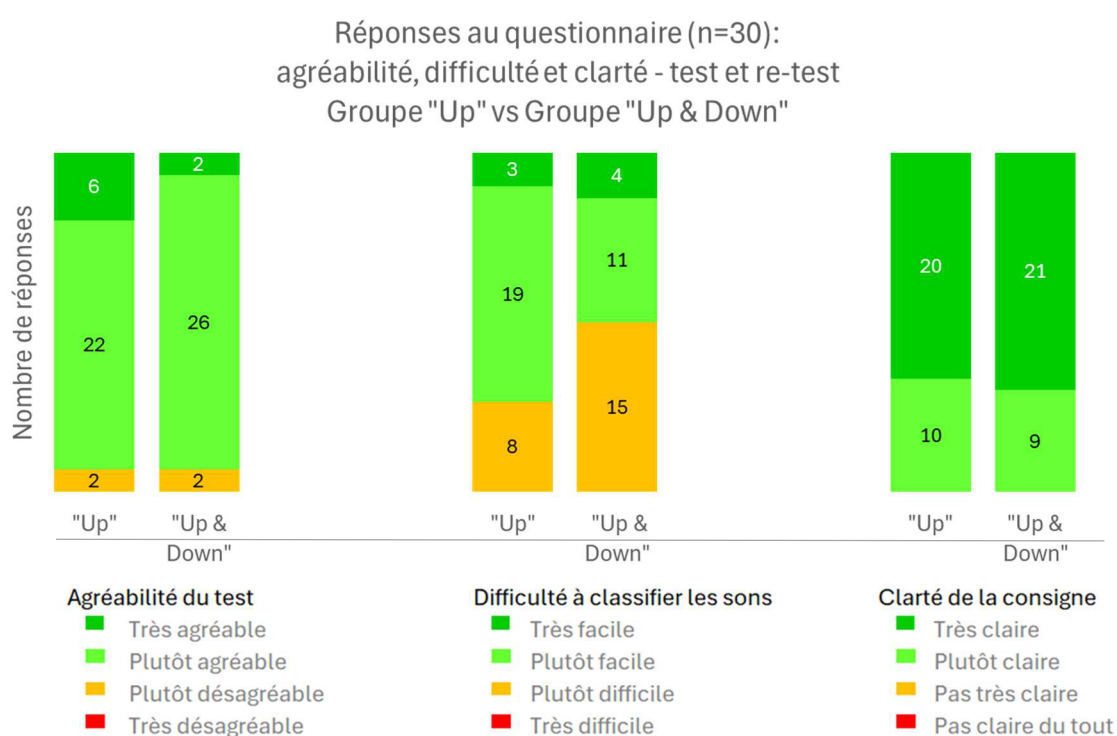


Figure 16 : réponses aux questionnaires, test et re-test,, en comparant le groupe « Up » et le groupe « Up & Down »

On observe que la différence notable entre les deux groupes concerne la difficulté à classer les sons, jugée plutôt difficile à 8 reprises (soit 27% des réponses) dans le groupe « Up » et à 15 reprises (soit 50% des réponses) dans le groupe « Up & Down ».

5 DISCUSSION

5.1 REPRODUCTIBILITE

L'étude menée ici suggère une bonne reproductibilité des deux méthodes, que ce soit pour la détermination des MCL ou celle des UCL, résultats concordants avec la littérature, en considérant tout type de signal et toutes de modalités de passation des tests (Ventry et al., 1971), (Beattie & Culibrk, 1980), (Berger & Shiplett, 1982), (Beattie & Sheffler, 1981), (Walker et al., 1984), (Sammeth et al., 1989).

Ces mêmes études ont montré que 95% des MCL variaient entre 8 et 12 dB entre test et re-test, et que 95% des UCL variaient entre 4 et 10dB. Nos résultats sont plutôt concordants pour les UCL, puisqu'ils varient de 4,8 à 6,2dB pour le groupe « Up » et de 5,2 à 6,8dB pour le groupe « Up&Down ». En revanche, pour les MCL les variations que nous avons observées sont moins importantes : 4,7 à 6dB pour le groupe « Up » et 4,4 à 5,6dB pour le groupe « Up&Down ».

Il est à noter que les conditions de test de la reproductibilité, que ce soit pour les MCL ou pour les UCL, sont toujours différentes sur au moins un point : fréquences testées différentes, population de normo-entendants, test et re-test réalisés pendant la même séance. Hawley *et al* ont montré, pour les mesures répétées d'UCL dans le temps, des écart-types de 10dB à 4000 Hz contre 5dB entre 500 et 2000Hz (Hawley *et al.*, 2017). Une étude comparant les MCL obtenus avec des sons purs et des trains d'ondes amorties aux fréquences de 250 et 2000Hz, obtient une différence de 1 à 2,5dB entre test et re-test (Berger & Shiplett, 1982), cependant l'étude est menée sur 10 personnes et 2 fréquences, ce qui représente un échantillon assez faible. Les sujets étaient normo-entendants et la méthode ne leur permettait de répondre que par 'Fort' ou 'Faible'.

Une autre étude (Beattie et al., 1997) compare sur 31 sujets normo-entendants différentes méthodes de mesure de la fonction de sonie avec échelle à 7 niveaux : ascendante, descendante, aléatoire. L'équipe utilise des sons vobulés aux fréquences de 500 et 3000Hz, et teste chaque méthode 5 fois pour chaque session. Elle procède à deux sessions pour chaque patient (test et retest). Les résultats sont calculés toutes méthodes confondues, en considérant les 5 mesures pour chaque méthode et chaque stimulus. Les différences sont mises en évidence au travers des écart-types, qui vont de 4,9 à 5,9dB au fil des 5 mesures, et sont de 5dB entre test et retest quelle que soit la méthode utilisée. Nos écart-types mesurés sont plus élevés mais sont spécifiques à un signal et une méthode de mesure, avec un test unique par session, ce qui peut probablement augmenter la variabilité des résultats.

Une étude pointe des différences de reproductibilité entre les catégories de sonie, établissant que pour les catégories 'Très faible', 'Fort', 'Très fort' et 'Trop fort' la reproductibilité était la même que pour la détermination des seuils auditifs, alors que pour les catégories 'Faible' et 'Bien' elle était inférieure (Rasmussen et al., 1998). Les tests sont réalisés sur des normo-entendants, avec des sons purs, à des fréquences de 500 à 4000Hz, et un délai de 1 à 4 semaines entre test et re-test. Les différences observées avec nos résultats pourraient tenir à la population étudiée (normoentendants versus malentendants), à l'échelle utilisée (7 versus 9 niveaux) ou aux fréquences explorées (jusqu'à 4000Hz versus jusqu'à 8000Hz).

Enfin, la variabilité indiquée par Allen en 1990 pour la procédure LGOB (Allen et al., 1990) était inférieure à 10dB, pour les fréquences de 250 Hz à 4000Hz et pour toute la fonction de sonie, soit de 20 à 120dB SPL. Les conditions sont assez différentes des nôtres, et sans précision sur les conditions de calcul de cette variabilité il est difficile de comparer les résultats.

5.2 INTERET DE LA METHODE « UP & DOWN »

Une des hypothèses du présent travail était que la méthode « Up & Down » pouvait permettre d'être plus précis sur la fonction de sonie, et éventuellement de repousser quelque peu les UCL. On observe par les tests réalisés que le deuxième UCL spécifié par le patient est majoritairement plus bas que le premier, phénomène qui s'explique probablement par le fait qu'un son fort perçu influence la perception du son présenté immédiatement après (Elmasian et al., 1980). Il n'y a par conséquent que dans 15% des cas que la méthode permettrait de « repousser » l'UCL, mais l'UCL ainsi atteint correspond-il réellement à l'inconfort initial recherché ? Nous pouvons en douter, puisque nous sommes allés au-delà de l'inconfort initialement atteint.

Le temps moyen passé pour la méthode « Up & Down » est significativement plus important que pour la méthode « Up » (14mn vs 10mn) et la difficulté ressentie par le patient est plus importante pour le groupe « Up & Down » que pour le groupe « Up ». L'ensemble de ces résultats ne sont pas en faveur de la méthode « Up & Down ».

5.3 REFLEXION ET PISTES POUR UN PROTOCOLE DE MESURE DES UCL

Si l'on devait proposer un protocole basé sur la méthode « Up », quelques pistes d'améliorations pourraient être envisagées :

- Echelle de sonie : Une des limites de la méthode avec l'échelle catégorielle de sonie est que, les catégories étant discontinues, le patient a tendance à vouloir changer de catégorie à chaque stimulation, et pourrait ainsi rapidement signifier le seuil d'inconfort alors qu'il ne l'a pas réellement atteint. Pour éviter que le patient ne soit tenté de changer de catégorie à chaque stimulation, il pourrait être envisagé d'utiliser une échelle qui soit continue, allant de « Inaudible » à « Trop fort », avec un curseur permettant au patient de situer sa perception, et une valeur numérique à l'arrière de cette échelle, qui ne serait vue que par

l'audioprothésiste. Pour plus de praticité un système numérique avec une échelle continue sur une tablette et la valeur qui s'implémente dans l'audiomètre serait bien évidemment beaucoup plus pratique.

- Durée du test : la durée des tests réalisés pour cette étude est, dans les deux cas, assez importante, de l'ordre de 10mn en moyenne pour le groupe « Up » et 14mn pour le groupe « Up & Down », ce qui est peu compatible avec un test de routine. Notre objectif était de balayer une bonne partie de la dynamique de l'oreille, si bien sûr on recherche en routine uniquement les UCL, on peut sur les fréquences pour lesquelles la perte auditive du patient est faible démarrer à des intensités de stimulations bien plus élevées (certaines études évoquent 60dB HL, ou au seuil s'il est supérieur).
- Afin d'avoir une bonne fiabilité des UCL mesurés, on peut imaginer, lorsque l'UCL est atteint pour une fréquence donnée, marquer une pause dans la stimulation puis présenter à nouveau le stimulus à la même intensité pour que le patient confirme l'inconfort.
- Une autre piste, pour améliorer la précision de la mesure, serait d'abaisser d'un cran l'intensité lorsque l'inconfort est signifié, puis la faire remonter avec des incréments plus petits. Ceci est surtout utile sur les fréquences pour lesquelles le champ auditif est fortement pincé.

5.4 LIMITES

Au-delà du test de reproductibilité, il aurait été intéressant de comparer les résultats des 2 méthodes au sein du même groupe de patients afin d'observer si les valeurs d'UCL et de MCL étaient comparables. Pour le présent travail cela aurait impliqué pour les patients de se rendre au centre d'audioprothèse à 4 reprises, ce qui aurait pu être décourageant pour bon nombre de patients.

Quelle que soit la méthode, une réaction au niveau du visage n'a été observée que dans 22% des cas. Ceci peut nous orienter vers un manque de pertinence de cet indicateur mais peut aussi nous laisser supposer que nous n'avons pas toujours atteint réellement l'inconfort.

On peut s'interroger également sur l'impact de la mesure des MCL et des UCL au cours du même test : les MCL mesurés sont plus élevés si les UCL ont été mesurés avant (Punch, Rakerd, et al., 2004). La mesure de l'UCL pour une fréquence donnée impacte-t-elle la perception du MCL de la fréquence suivante ? On peut supposer que la réponse dépend du temps écoulé entre les deux mesures (Elmasian et al., 1980). Or sur un champ auditif très pincé ce temps a pu être relativement court dans notre étude.

Que l'on considère ou non cet aspect, l'interrogation permanente lors de la réalisation de ces tests est de savoir si l'on a réellement atteint l'inconfort, d'autant que l'on a raisonné sur les tests en stimuli spécifiques en fréquence, qui ne sont pas écologiques par rapport à l'environnement sonore du patient. L'observation de la concordance entre les seuils d'inconforts oreilles nues et l'inconfort mesuré oreilles appareillées pourra nous aider à valider une méthode de test.

Enfin, une méthode ne peut réellement être considérée comme reproductible que si les résultats sont similaires avec des opérateurs différents, ce qui n'a pas été le cas dans cette étude.

6 CONCLUSION

L'objectif de ce travail était de comparer la reproductibilité de deux méthodes de mesure des MCL et des UCL avec échelle de sonie. Les deux méthodes, ascendante classique « Up » et ascendante et descendante « Up & Down », donnent des résultats reproductibles, avec moins de variabilité pour les MCL mesurés avec la méthode « Up & Down » qu'avec la méthode « Up », alors que pour les UCL c'est la méthode « Up » qui donne le moins de variabilité.

La durée du test avec la méthode « Up & Down » est plus importante qu'avec la méthode « Up », et les patients trouvent plus difficile la classification des sons dans la méthode « Up & Down ».

La méthode « Up » nous semble par conséquent bien adaptée à la pratique quotidienne, en démarrant à une intensité de stimulation plus élevée (60dB HL ou au seuil s'il est supérieur) pour diminuer la durée du test si l'on ne recherche que les UCL. Il est important que les consignes soient claires, précises, et toujours données au patient de la même façon.

La confirmation de l'UCL atteint pour chaque fréquence, en demandant au patient s'il confirme la catégorie 'Très fort', pourrait permettre une plus grande fiabilité de la mesure.

La méthode « Up&Down » donnant moins de variabilité pour les MCL, elle pourrait être choisie pour explorer la dynamique auditive de manière précise dans la zone de confort.

Bibliographie

- Allen, J. B., Hall, J. L., & Jeng, P. S. (1990). Loudness growth in 1/2-octave bands (LGOB)—A procedure for the assessment of loudness. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 88(2), 745-753. <https://doi.org/10.1121/1.399778>
- Beattie, R. C., & Culibrk, J. (1980). Effects of a Competing Message on the Speech Comfortable Loudness Level for Two Instructional Sets. *Ear and Hearing*, 1(5), 242.
- Beattie, R. C., Huynh, R. C., Ngo, V. N., & Jones, R. L. (1997). IHAF Loudness Contour Test : Reliability and Effects of Approach Mode in Normal- Hearing Subjects. *Journal of the American Academy of Audiology*, 8(4).
- Beattie, R. C., & Sheffler, M. V. (1981). Test-Retest Stability and Effects of Psychophysical Methods on the Speech Loudness Discomfort Level. *International Journal of Audiology*, 20(2), 143-156. <https://doi.org/10.3109/00206098109072691>
- Berger, K. W., & Shiplett, L. L. (1982). The reliability of MCLs with pure tones and damped wave trains. *The Journal of Auditory Research*, 22(1), 61-64.
- Brandy. (2002). Speech audiometry. In *Handbook of clinical audiology* (J. Katz, p. 105-106).
- Byrom, P., Shadis, A., Turton, L., & Bird, J. (2022). *Determination of uncomfortable loudness levels*. British Society of Audiology. <https://www.thebsa.org.uk/wp-content/uploads/2023/10/OD104-36-Recommended-Procedure-Uncomfortable-Loudness-2.pdf>
- Cox, R. M., Alexander, G. C., Taylor, I. M., & Gray, G. A. (1997). The Contour Test of Loudness Perception. *Ear and Hearing*, 18(5), 388.
- Dirks, D. D., & Kamm, C. (1976). Psychometric Functions for Loudness Discomfort and Most Comfortable Loudness Levels. *Journal of Speech and Hearing Research*, 19(4), 613-627. <https://doi.org/10.1044/jshr.1904.613>

- Dirks, D. D., Kamm, C. A., Dubno, J. R., & Velde, T. M. (1981). Speech recognition performance at loudness discomfort level. *Scandinavian Audiology*, 10(4), 239-246.
<https://doi.org/10.3109/01050398109076187>
- Elmasian, R., Galambos, R., & Bernheim, A., Jr. (1980). Loudness enhancement and decrement in four paradigms. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 67(2), 601-607.
<https://doi.org/10.1121/1.383937>
- Formby, C., Payne, J., Yang, X., Wu, D., & Parton, J. M. (2017). Repeated Measurement of Absolute and Relative Judgments of Loudness : Clinical Relevance for Prescriptive Fitting of Aided Target Gains for soft, Comfortable, and Loud, But Ok Sound Levels. *Seminars in Hearing*, 38(1), 26. <https://doi.org/10.1055/s-0037-1598064>
- Gelfand, S. A. (2001). Speech audiometry. *Essentials of audiology*, 257-290.
- Hawkins, D. B. (1980). The effect of signal type on the loudness discomfort level. *Ear and Hearing*, 1(1), 38-41. <https://doi.org/10.1097/00003446-198001000-00006>
- Hawley, M. L., Sherlock, L. P., & Formby, C. (2017). Intra- and Intersubject Variability in Audiometric Measures and Loudness Judgments in Older Listeners with Normal Hearing. *Seminars in Hearing*, 38(1), 3. <https://doi.org/10.1055/s-0037-1598063>
- ISO 16832:2006(en), *Acoustics—Loudness scaling by means of categories*. (s. d.).
<https://www.iso.org/obp/ui/fr/#iso:std:iso:16832:ed-1:v1:en>
- Legent, F. (avec Internet Archive). (1998). *Manuel pratique des tests de l'audition*. Paris : Masson. http://archive.org/details/manuelpratiquede0000unse_t6x3
- Martin, F. N. (1994). Speech audiometry. *Introduction to audiology*, 126-127.
- Morgan, D. E., Wilson, R. H., & Dirks, D. D. (1974). Loudness discomfort level : Selected methods and stimuli. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 56(2), 577-581.
<https://doi.org/10.1121/1.1903293>
- Newby, H. A., & Popelka, G. R. (1992). Testing auditory function : Speech audiometry. *Audiology*, 183-184.

- Pascoe, D. (1988). Clinical measurements of the auditory dynamic range and their relation to formulas for hearing aid gain. *Hearing aid fitting: Theoretical and practical views*, 129-152.
- Punch, J., Joseph-, A., & Rakerd, B. (2004). Most comfortable and uncomfortable loudness levels : Six decades of research. *American Journal of Audiology*, 13(2), 144-157.
[https://doi.org/10.1044/1059-0889\(2004/019\)](https://doi.org/10.1044/1059-0889(2004/019))
- Punch, J., Rakerd, B., & Joseph, A. (2004). Effects of Test Order on Most Comfortable and Uncomfortable Loudness Levels for Speech. *American Journal of Audiology*, 13(2), 158-163. [https://doi.org/10.1044/1059-0889\(2004/020\)](https://doi.org/10.1044/1059-0889(2004/020))
- Rasmussen, A. N., Olsen, S. O., Borgkvist, B. V., & Nielsen, L. H. (1998). Long-term test-retest reliability of category loudness scaling in normal-hearing subjects using pure-tone stimuli. *Scandinavian Audiology*, 27(3), 161-167.
<https://doi.org/10.1080/010503998422665>
- Renart, X. (1983). *La méthodologie du pré-réglage pour le choix de l'appareil auditif*.
- Sammeth, C. A., Birman, M., & Hecox, K. E. (1989). Variability of Most Comfortable and Uncomfortable Loudness Levels to Speech Stimuli in the Hearing Impaired. *Ear and Hearing*, 10(2), 94.
- Scollie, S., Seewald, R., Cornelisse, L., Moodie, S., Bagatto, M., Larnagaray, D., Beaulac, S., & Pumford, J. (2005). The Desired Sensation Level Multistage Input/Output Algorithm. *Trends in Amplification*, 9(4), 159. <https://doi.org/10.1177/108471380500900403>
- Shapiro, I. (1975). Prediction of most comfortable loudness levels in hearing aid evaluation. *The Journal of Speech and Hearing Disorders*, 40(4), 434-438.
<https://doi.org/10.1044/jshd.4004.434>
- Thai-Van, P. H., Mosnier, I., & Dejean, F. (2022). *Recommandation pour la pratique clinique—Parcours de soin du patient presbycousique*. Société Française d'Oto-Rhino-

Laryngologie. https://www.sforl.org/wp-content/uploads/2022/03/Reco-Parcours-de-soins-du-patient-presbyacousique_2022.pdf

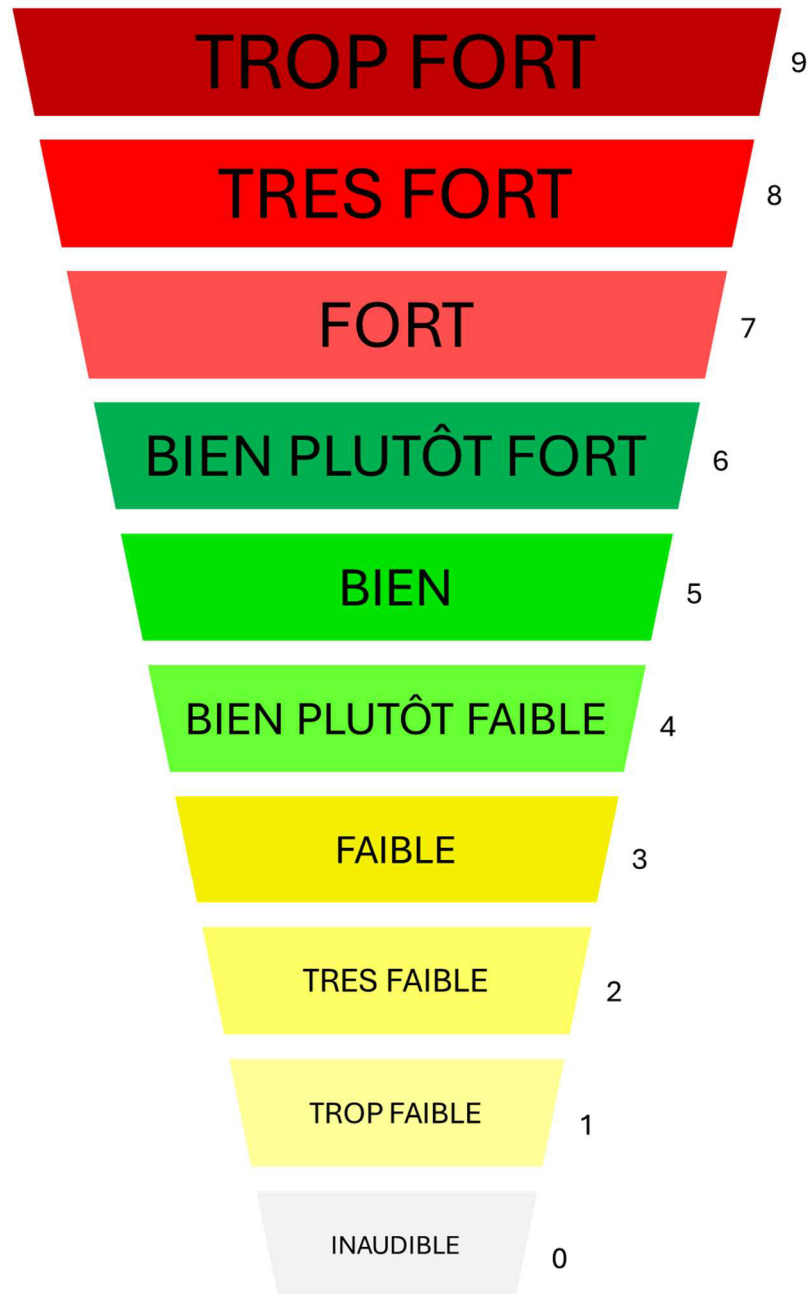
Ventry, I. M., Woods, R. W., Rubin, M., & Hill, W. (1971). Most Comfortable Loudness for Pure Tones, Noise, and Speech. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 49(6B), 1805-1813. <https://doi.org/10.1121/1.1912585>

Walker, G., Dillon, H., Byrne, D., & Christen, R. (1984). The use of loudness discomfort levels for selecting the maximum output of hearing AIDS. *Australian and New Zealand Journal of Audiology*, 6(1), 23-32.

Annexes

Annexe 1 Echelle de sonie

Ici est représentée l'échelle utilisée pendant les tests :



Annexe 2 Trame de relevé des valeurs

Le document présenté ici est celui utilisé pour chaque test et permet de noter toutes les informations utiles, les valeurs de sonie indiquées par le patient, et ses réponses au questionnaire

Nom: _____ Age: _____
 Date: _____
 Droitier ☐ Gaucher ☐
 Oreille D ☐ G ☐ PTM: _____
 Groupe 1 ☐ 2 ☐ Durée: _____
 Test 1 ☐ 2 ☐

	(+20)	(+20)	(+20)	(+10)	(+5)	(+5)	(+5)	
	250	500	1000	2000	4000	6000	8000	
0								0
5								5
10								10
15								15
20								20
25								25
30								30
35								35
40								40
45								45
50								50
55								55
60								60
65								65
70								70
75								75
80								80
85								85
90								90
95								95
100								100
105								105
110								110
115								115
120								120

Oreille D ☐ G ☐

PTM:

Durée:

	(+20)	(+20)	(+20)	(+10)	(+5)	(+5)	(+5)	
	250	500	1000	2000	4000	6000	8000	
0								0
5								5
10								10
15								15
20								20
25								25
30								30
35								35
40								40
45								45
50								50
55								55
60								60
65								65
70								70
75								75
80								80
85								85
90								90
95								95
100								100
105								105
110								110
115								115
120								120





Réponses au questionnaire:

Test			
<input type="checkbox"/> très désagréable	<input type="checkbox"/> plutôt désagréable	<input type="checkbox"/> plutôt agréable	<input type="checkbox"/> très agréable
Classification des sons			
<input type="checkbox"/> très difficile	<input type="checkbox"/> plutôt difficile	<input type="checkbox"/> plutôt facile	<input type="checkbox"/> très facile
Consigne			
<input type="checkbox"/> pas claire du tout	<input type="checkbox"/> pas très claire	<input type="checkbox"/> plutôt claire	<input type="checkbox"/> très claire





Annexe 3 Questionnaire

Le document de la présente annexe est celui présenté au patient en fin de test. Ses réponses étaient notées sur la trame.





Comment qualifieriez-vous ce test?

			
Très désagréable	Plutôt désagréable	Plutôt agréable	Très agréable

La consigne donnée vous a paru:

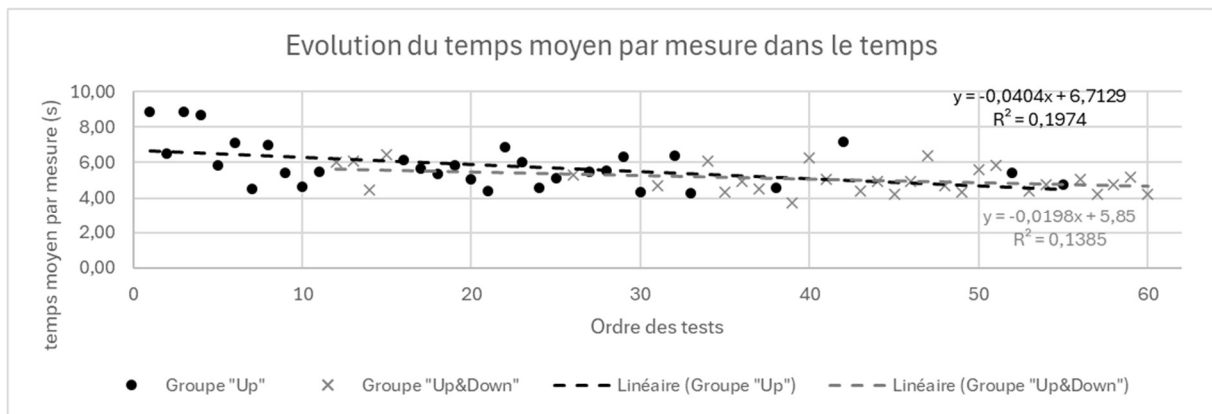
			
Pas claire du tout	Pas très claire	Plutôt claire	Très claire

La classification des sons vous a paru:

			
Très difficile	Plutôt difficile	Plutôt facile	Très facile

Annexe 4 Evolution du temps moyen par réponse au fil des tests

Le temps passé pour chaque test est rapporté au nombre de stimulations effectuées pendant le test, quel que soit le groupe, et en considérant test et re-test. On observe une légère diminution de la durée de réponse au fil des tests, quel que soit le groupe (n=30):



Annexe 5 Réponses au questionnaire

Le tableau ci-dessous synthétise les réponses apportées par les patients au questionnaire, qui leur a été remis à la fin de chaque test ou re-test (n=30)

	"Up"		"Up & Down"		2 groupes confondus	
	nb	%	nb	%	nb	%
Agréabilité du test:						
Très désagréable	0	0	0	0	0	0
Plutôt désagréable	2	6,7	2	7	4	7
Plutôt agréable	22	73,3	26	87	48	80
Très agréable	6	20	2	7	8	13
Difficulté à classifier les sons:						
Très difficile	0	0	0	0	0	0
Plutôt difficile	8	26,7	15	50,0	23	38,3
Plutôt facile	19	63,3	11	36,7	30	50
Très facile	3	10	4	13	7	11,7
Clarté de la consigne:						
Pas claire du tout	0	0	0	0	0	0
Pas très claire	0	0	0	0	0	0
Plutôt claire	10	33,3	9	30,0	19	31,7
Très claire	20	66,7	21	70,0	41	68,3