



Méthodologies d'appareillage Paramètres acoustiques et psychoacoustiques. Intérêts et limites

Matthieu Del Rio Bordeaux - Yves Lasry Nantes

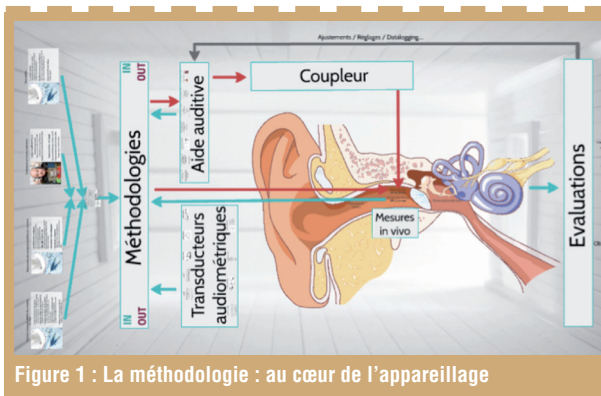


Figure 1 : La méthodologie : au cœur de l'appareillage

L'adaptation d'aides auditives auprès de nos patients malentendants s'appuie sur des règles précises qu'il convient d'appliquer, afin d'assurer une satisfaction qui permettra une restauration des capacités auditives, tout en préservant un confort suffisant pour assurer un port continu de la correction auditive.

La méthodologie est au cœur de cette recherche du gain idéal qui offrira la possibilité de remplir ces objectifs (Figure 1). S'agissant par définition d'un « concept qui se rapporte aux méthodes de recherches permettant d'arriver à certains objectifs au sein d'une science », la méthodologie d'appareillage intègre en entrée de nombreux paramètres acoustiques et psychoacoustiques qui seront utiles pour cette détermination de la cible d'amplification.

A ce propos, il convient tout d'abord de rappeler que la quête de ce gain « idéal » se concentre sur une zone spécifique de l'anatomie de nos patients qui se situe à proximité du tympan. En effet, ces méthodologies de calculs de cibles d'amplification que nous utilisons couramment intègrent notamment des données audiométriques mesurées à proximité du tympan pour estimer une amplification nécessaire en ce même lieu.

Leur objectif étant de trouver les valeurs physiques de gain par fréquence procurant au déficient auditif les mêmes sensations d'intensité que celle du normo-entendant, Jacques DEHAUSSY nous rappelle que « le but de tout appareillage auditif est de rapprocher au maximum l'audition du déficient auditif de l'audition du sujet auditivement normal » (Figure 2).

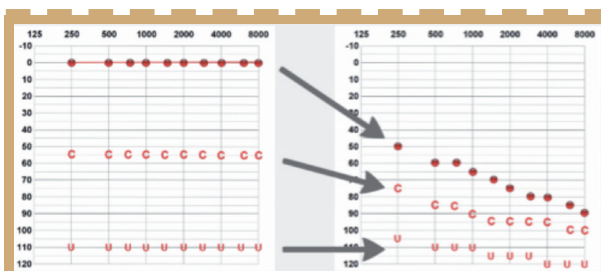


Figure 2 : Transfert de la dynamique du normo entendant

1

Les transducteurs audiométriques et leurs influences

Toutefois, lors de la mesure des différents niveaux de sensation ressentis par le patient, nous avons recours à des transducteurs audiométriques qui nous permettront d'estimer (ou de mesurer), avec plus ou moins de précision le niveau de pression acoustique nécessaire à proximité du tympan pour obtenir de telles sensations auditives.

La mesure du niveau de pression acoustique est classiquement mesurée en dB SPL (Sound Pressure Level) et prend pour référence 0 une pression de $2 \cdot 10^{-5}$ Pa. Mais les transducteurs audiométriques que nous utilisons lors de nos mesures sont calibrés en dB HL (Hearing Level) et ils intègrent des paramètres statistiques qui nous éloignent de la réalité de la mesure chez le patient que nous devons appareiller. L'objectif de ce dB HL est de faciliter la lecture de l'audiogramme et des différents seuils pour les différentes fréquences testées. Unité de mesure de l'audition, le dB HL tient compte du fait qu'une personne normo-entendante âgée de 18 ans n'entend pas tous les sons allant de 125 à 8000 Hz de façon égale pour une pression acoustique donnée. Pour cela, il intègre des correctifs statistiques par fréquence déterminés sur une population de normo-entendant. Ainsi, les niveaux émis dans cette unité de mesure ne sont pas le reflet exact des niveaux qui seront mesurés à proximité du tympan pour un sujet en particulier. La fonction de transfert qui permet d'estimer les valeurs SPL au tympan à partir de données en dB HL est nommée RetSPL et est dépendante du type de transducteur utilisé, ainsi ces correctifs statistiques ne seront pas les mêmes si les mesures ont été réalisées au casque, aux inserts, en champ libre ou à l'aide d'un vibreur. Il est par ailleurs intéressant de signaler que le calibrage de chacun des ces transducteur se réalise à l'aide d'un coupleur différent (6CC pour le casque, 2CC pour les inserts et mastoïde artificiel pour le vibreur) (Figure 3).



Figure 3 : Casque, inserts et vibreur

Afin de limiter la part statistique inhérente à l'utilisation de ces différents transducteurs, on peut avoir recours à l'utilisation d'un microphone sonde situé à proximité du tympan préalablement à la mesure

des différents seuils auditifs. Ainsi, une correspondance pourra être établie pour réaliser une mesure directe ou indirecte en dB SPL. Ces mesures (Real Ear Coupler Difference / Real Ear to Dial Difference) permettront de réaliser une audiométrie en dB SPL qui sera bien plus précise et non dépendante des correctifs statistiques inhérents à l'utilisation du dB HL. (Figure 4) La graphique utilisée dans ce cas sera nommé SPLogramm et utilisera comme unité d'intensité le dB SPL au même titre que les aides auditives que nous adaptions.

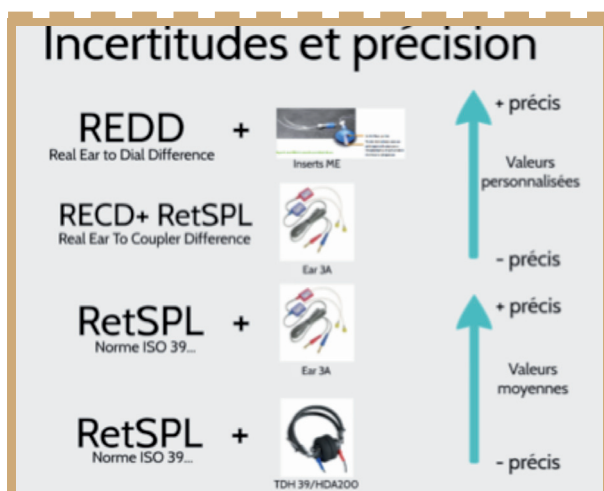


Figure 4 : Incertitudes et précisions

2

Pré-requis à la mesure des paramètres de l'audition

Au delà de ces correctifs, il conviendra bien entendu de réaliser la mesure des différents niveaux de sensations auditives le plus précisément possible, en respectant les différents règles définies dans les normes régissant la pratique de l'audiométrie. Ainsi, la cabine audiométrique doit répondre à certains critères que sont notamment le bruit de fond ambiant (qui doit être inférieur à 40 dB A en moyenne sur une heure) ainsi que le temps de réverbération à 500 Hz (qui doit être inférieur à 500 ms). Le matériel audiométrique doit pour sa part être conforme aux normes audiométriques et calibré annuellement. Les positions du testeur et du patient doivent quant à elles permettre une utilisation confortable du matériel de mesure par le testeur, tout en assurant que celui-ci pourra observer le patient testé en le balayant du regard pendant tout le déroulement de l'examen. Le patient installé de façon confortable ne devra pas pouvoir prévoir la présence ou l'absence de signal. Bien entendu, l'examen devra être réalisé en l'absence de tout bruit perturbant durant son déroulement.

Les consignes préalables à chacune des mesures jouent elles aussi un rôle primordial dans la mesure, qui se doit d'être reproductible. Elles doivent donc être claires, précises et parfaitement comprises par le sujet testé qui devra rester attentif et concentré durant toute la durée de l'examen. Il est enfin important que le patient comprenne le rôle de l'examen qui lui est administré dans le processus d'appareillage. La nature de la réponse du patient (signe de la main, hochement de la tête, utilisation d'un poire réponse) doit aussi être définie préalablement au test afin d'éviter toute erreur de mesure).

Au-delà de ces prérequis, il convient d'être très attentif concernant le positionnement des différents transducteurs audiométriques (casque, inserts, vibrateur) pour assurer une exactitude et une reproductibilité de la mesure dans le temps et dans l'espace.

3

Paramètres acoustiques et psychoacoustiques

Une fois que l'ensemble de ces prérequis aura pu être intégré au protocole de mesure, la recherche des différents seuils audiométriques peut désormais s'envisager. La mesure de ces différents seuils est aussi parfaitement normée et chacune d'entre elles doit également suivre un protocole strict défini par les normes qui les régissent, que ce soit dans l'ordre de présentation des différents signaux mais aussi dans la détermination de l'intensité permettant une perception minimale, confortable, ou inconfortable.

Mesures liminaires

Ainsi, concernant la mesure des seuils tonals liminaires qui devra être évaluée tout d'abord sur l'oreille supposée être la meilleure, l'ordre de présentation des signaux est défini, et c'est la fréquence 1000 Hz qui doit être présentée initialement, s'agissant du son le plus facile à détecter. Ce sont ensuite les fréquences plus aiguës (1500, 2000, 3000, 4000, 6000 et 8000 Hz) qui seront proposées. Afin d'assurer une fiabilité dès la première mesure réalisée, le 1000 Hz est à nouveau testé avant d'envisager une présentation des fréquences plus graves (750, 500, 250 puis 125 Hz). Pour cette dernière, il faudra être particulièrement attentif et déterminer la plus faible intensité permettant une perception auditive, et non une sensation vibro-tactile. Pour ce qui concerne les intensités, il faudra tout d'abord déterminer une intensité assurant avec certitude une perception auditive. Puis, conformément à la procédure « Down 10 Up 5 » mise au point par Hughson et Westlake, le seuil sera tout d'abord identifié en déterminant la plus faible intensité perçue par le patient, intensité qui devra être successive à une non réponse du patient 5 dB en deçà de cette valeur de seuil. Le seuil identifié devra ensuite être validé en suivant le même processus à deux reprises. Ainsi, 3 valeurs de seuil mesurées à cette même intensité permettront de confirmer de façon certaine la mesure réalisée dont le résultat pourra alors être noté sur l'audiogramme. L'oreille contrôlatérale pourra ensuite être testée, en suivant le même procédé.

Il conviendra bien sûr d'être attentif à l'écart d'audition interaural et utiliser à bon escient un signal de masquage dans le cas d'une différence de seuil importante entre les deux oreilles pour une fréquence donnée.

Pour la mesure des seuils en conduction osseuse, ce masquage sera obligatoire, quelle que soit la fréquence et l'intensité présentées. Le positionnement du vibrateur devra être précis sur la mastoïde et ne devra pas être en contact avec le pavillon pour éviter toute sensation vibro-tactile. La force d'application du vibrateur étant elle aussi normée (5,4 Newton), il conviendra de faire attention à ne jamais déformer l'arceau qui maintient le vibrateur autour de la tête du patient. Dans le cas de cette mesure au vibrateur qui permet de mesurer la perception de l'oreille interne, en court-circuitant l'oreille externe et l'oreille moyenne, l'ordre de présentation des fréquences sera le suivant : 1000, 1500, 2000, 3000, 4000, 1000, 750, 500 puis 250 Hz.

Mesures supraliminaires

Une fois les seuils tonals liminaires mesurés avec exactitude, il faudra ensuite réaliser des mesures supraliminaires, l'audition de notre patient ne pouvant se limiter à ce seuil (Figure 5). Ainsi, c'est classiquement les seuils subjectifs de d'inconfort et de confort qui seront à même de compléter cette mesure initiale, permettant ainsi



de quantifier la sensation auditive du patient en trois points de sa dynamique pour chacune des fréquences testées. Si l'on souhaite analyser plus précisément la dynamique résiduelle du malentendant pour chacune de ces fréquences, la mesure de la sensation auditive peut être mesurée selon 7 différents niveaux de l'échelle de sensation définis par Cox en 1997 : Très faible (seuil tonal liminaire), Faible, Confortable mais un peu faible, Confortable mais un peu fort, Fort mais tolérable, Inconfortable. (Figure 6)

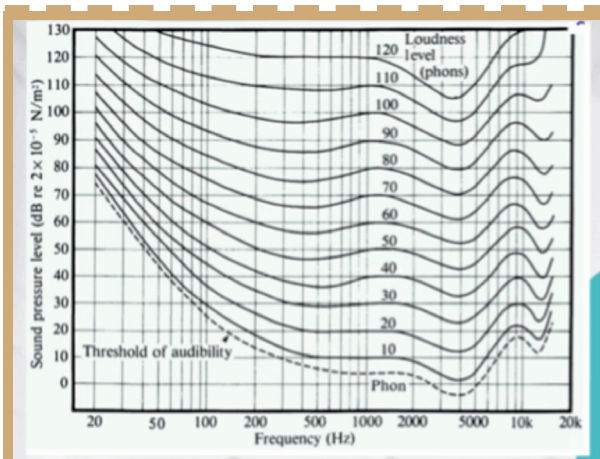


Figure 5 : Le champ dynamique en dB SPL, Norme NF ISO 226

1	Very soft	Très faible
2	Soft	Faible
3	Comfortable, but Slightly Soft	Confortable, mais un peu faible
4	Comfortable	Confortable
5	Comfortable, but Slightly Loud	Confortable, mais un peu fort
6	Loud, but O.K.	Fort, mais tolérable
7	Uncomfortably Loud	Inconfortable

Figure 6 : Les différents niveaux de sensation auditive selon Cox, 1997

Le Seuil Subjectif d'Inconfort (dénomination établie par X. Renard en 1977), se mesure en présentant pour chaque fréquence un signal à 80 dB HL, qui sera progressivement augmenté par pas de 5 dB jusqu'à la détection par le testeur d'un signe objectif d'inconfort, qui peut être selon Wallenfels une contraction musculaire autour des yeux.

Le Seuil Subjectif de Confort (dénomination établie par X. Renard en 1983) sera ensuite mesuré soit au niveau de confort (MCL), soit aux bornes de la zone de sensation dite confortable (MCL Low / MCL High)

Dans le cadre de ces mesures, la reproductibilité est variable, et ce sont les seuils liminaires d'intensité qui assurent la meilleure reproductibilité. Ce sont ensuite et dans l'ordre, le MCL High, le Seuil Subjectif d'Inconfort, puis le MCL Low.

Autres paramètres

Bien entendu, de nombreux autres paramètres peuvent être intégrés dans les données d'entrées des méthodologies de calculs de cible de gain. Il peut s'agir par exemple de l'âge du patient, de son expérience de l'aide auditive, du type de langue qu'il utilise, et de bien d'autres données telles que l'analyse de la progression de la sensation d'intensité, des seuils différentiels d'intensité ou de fréquence. Cette liste n'est pas exhaustive et pourra bien entendu s'enrichir au rythme du progrès des technologies des aides auditives que nous adapterons à l'avenir.

4

Evaluation de la cible proposée

Une fois que les cibles de gain au tympan auront pu être déterminées puis appliquées et validées à l'aide de la mesure in vivo, il conviendra d'évaluer in fine le résultat obtenu afin de pouvoir affiner ces niveaux d'amplification déterminés par calcul mathématiques.

Ce sont notamment l'audiométrie tonale prothétique et l'audiométrie vocale (dans le silence et dans le bruit) qui permettront ces ajustements par une mesure du gain prothétique tonal dans le premier cas, et par une estimation du gain social le dans le second cas.

Une évaluation subjective à l'aide d'un questionnaire spécifique (COSI, APHAB) permettra enfin de proposer une approche personnalisée en fonction de situations sonores précises vécues par le patient.

Ainsi, au-delà du calcul mathématique de cible proposé par la méthodologie, un ajustement de ce réglage initial est nécessaire dans le but d'obtenir le meilleur compromis entre le confort et l'efficacité.

C'est donc la combinaison de l'approche corrective (application des gains prescrits) et de l'optimisation de l'audition résiduelle (intégration de la notion de confort d'écoute) qui permettra de proposer à nos patients le meilleur réglage, réglage qui devra évoluer dans le temps en fonction de son habitude à ses nouvelles capacités auditives.

En conclusion, il est important de rappeler qu'au cœur de nos réglages, les méthodologies prescrivent un gain, mais que celui-ci devra être ensuite ajusté au cas par cas car c'est la prise en compte des besoins individuels et des capacités spécifiques de chacun de nos patients qui nous guidera dans cette démarche de quête du meilleur réglage.

5

Bibliographie

Conversion des seuils audiométriques HL en leur équivalent SPL au tympan. Durand, Delerce, Les Cahiers de l'Audition, n°4/2011

Annexe n°1 à la recommandation 06/11 : « Les écouteurs inserts », BIAP, mai 2010

Annexe n°2 à la recommandation 06/11 : « Le SPL-O-Gram », BIAP, mai 2011

Fitting Methods : Islands in the Setting Sun ?, Ted Venema, Canadian Hearing Report 2014;9(2):14-16

La méthode DSL pour l'appareillage des nourrissons et des enfants, Richard C.Seewald, Phonak Focus n°20,1995

Integrating the RECD into the hearing instrument fitting process, Kevin Munro, Phonak Focus n°33

Audiométrie SPL aux inserts Vs audiométrie HL au casque: étude des différences entre les seuils et impact sur la cible de pré-régulation Nal NL1

Mesures in-vivo ou REM (Real Ear Measurements), Xavier Delerce

Some practical ideas on hearing aid fitting, Robert L.Martin, The Hearing Journal, January 2005, Vol.58, n°1

Decroix G., Dehaussy J. (1965) Stéréaudiométrie et appareillages stéréophoniques, 2ème édition. Arnette, Paris.