LIVRE BLANC – 2015

Conseils d'adaptation bimodale

RESUME

Dans une adaptation bimodale, une oreille est stimulée acoustiquement avec une aide auditive et le côté opposé est stimulé électriquement avec un implant cochléaire.

Pour que tout adulte ou enfant, porteur à la fois d'un implant cochléaire et d'une aide auditive controlatérale, puisse bénéficier de cette stratégie bimodale, Oticon a mis en place un guide de réglage spécifique dans le logiciel Genie. Développé par Carisa Reyes, Responsable audiologiste au Boys Town National Research Hospital, l'organigramme d'adaptation bimodale sert de guide aux audioprothésistes dans le processus de réglage. L'objectif est de fournir une méthode cohérente et pratique, tout en gardant à l'esprit les contraintes dans l'adaptation au quotidien.

Fondé sur les récentes connaissances dans le domaine de recherche bimodale, ce document explique l'approche rationnelle, les stratégies recommandées, les procédures et les mises en garde de cette adaptation bimodale.

- Candidats à l'adaptation bimodale
- Quand adapter l'aide auditive
- Comment adapter l'aide auditive
- Organigramme bimodal
- Evaluation des avantages
- Etudes de cas

Remerciements : Merci à Marc A. Brennan, Ph.D. et Lisa S. Davidson, Ph.D. pour la relecture du manuscrit.

L'organigramme bimodal tient compte de l'ajustement des quatre axes de réglage : adaptation à large bande passante, adaptation à bande passante réduite, utilisation de l'abaissement fréquentiel et équilibrage de l'intensité. Le tableau est disponible dans Genie lorsque vous adaptez Oticon Dynamo ou Oticon Sensei Super Power.

Carisa Reyes, Au.D., CCC-A.
Membre de l'équipe audiologie au Boys Town National Research Hospital

oticon
PEOPLE FIRST

Candidats à l'adaptation bimodale :

Plus de la moitié des patients qui reçoivent un implant cochléaire ont une aide auditive sur l'oreille non implantée[1]. Si ces sujets sont équipés d'un appareil de correction auditive controlatérale, l'accès à des signaux binauraux et bilatéraux (tels que ceux résultant de l'effet de l'ombre de la tête et de la redondance) ainsi que des indices acoustiques complémentaires (tels que la fréquence fondamentale) peut améliorer les performances de l'implant cochléaire. Dans cette optique, la stimulation bimodale se réfère à l'utilisation d'un implant cochléaire d'un côté et d'une aide auditive de l'autre ; ainsi l'amélioration des performances est supérieure avec l'ajout d'une aide auditive controlatérale par rapport à l'implant cochléaire seul. Même les patients atteints d'une perte d'audition significative dans l'oreille non implantée attestent de ce bienfait[2-4]. Pour ceux qui n'obtiennent pas une reconnaissance vocale dans le bruit[5], ils témoignent d'une amélioration de l'écoute musicale et de la perception de hauteur[6-9]. De plus, de nombreuses études ont attesté d'une qualité sonore plus naturelle et une facilité d'écoute améliorée grâce à la stimulation bimodale[3,10-15]. Enfin, la stimulation bimodale peut faciliter, chez les jeunes enfants, la compréhension de la parole et améliorer leurs compétences littéraires quand ils recevront par la suite un implant cochléaire sur le deuxième côté[16-18]. La mise en place de l'audition bilatérale est considérée comme la norme dans le suivi des porteurs d'implant cochléaire [19,20] . Par conséquent, tous les implants cochléaires unilatéraux dotés d'une audition résiduelle dans l'oreille controlatérale devraient être considérés comme des candidats pour la stimulation bimodale.

Adapter une aide auditive dans l'oreille non implantée donne des indices acoustiques qui peuvent améliorer les performances de l'implant cochléaire.

Quand adapter l'aide auditive :

Le temps recommandé entre l'activation de l'implant cochléaire et la stimulation bimodale varie selon différentes études cliniques [21,22]. Certains font valoir que le report de la stimulation bimodale peut faciliter l'adaptation à l'implant cochléaire. Toutefois, dans le cas où une aide auditive n'est pas utilisée ou dans le cas où son adaptation est reportée dans le temps, l'amélioration des résultats sur le long terme n'a pas été prouvée. Beaucoup de candidats à l'implant cochléaire sont déjà équipés d'une amplification bilatérale ; ainsi l'utilisation en continu de l'aide auditive controlatérale après l'implantation maintiendra cette stimulation bilatérale. L'utilisation immédiate de l'aide auditive permettra à l'utilisateur de bénéficier de la stimulation bimodale le plus tôt possible. L'utilisation continue de cette amplification peut également aider le patient à s'habituer à l'implant cochléaire. Il peut y avoir des cas isolés où cette approche ne serait pas appropriée, mais en général, le réglage bimodal est recommandé ; et ce, le plus tôt possible.

Si l'optimisation de l'adaptation bimodale doit être réalisée, il est recommandé de le faire une fois que la programmation de l'implant cochléaire est stable[23,24]. Toutefois, il est vivement conseillé de réaliser cette adaptation au plus tôt (à condition que l'implant cochléaire soit à un niveau confortable), car l'obtention d'un réglage stable peut prendre plusieurs mois.

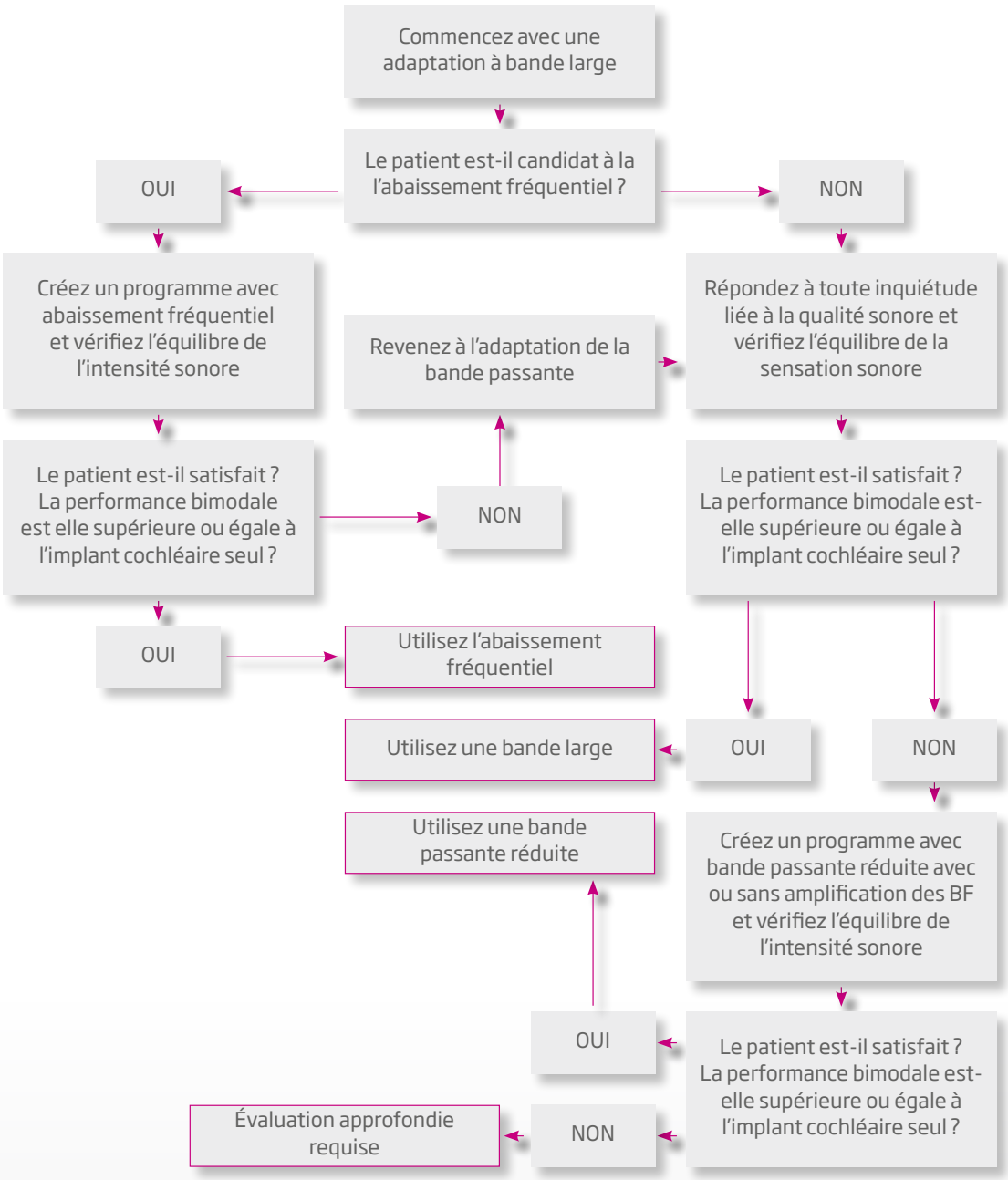
Comment adapter l'aide auditive :

Des études ont montré que beaucoup de patients avaient une aide auditive controlatérale dont l'amplification était sous-évaluée (c'est-à-dire en deçà des cibles) [25,26]. Ce document n'aborde pas le processus d'ajustement d'une aide auditive standard ; mais à minima, il est préconisé de suivre les recommandations pour la sélection et la vérification de l'amplification afin d'optimiser l'audibilité et le confort d'écoute pour différents niveaux d'entrée[27,28] .

Cette procédure n'est pas universelle. L'approche donnant le meilleur résultat variera probablement selon les patients.

Il a été suggéré que l'optimisation du réglage d'une aide auditive controlatérale (en fonction de la réponse en fréquence et de l'équilibre en intensité sonore) peut accorder un bénéfice supérieur à celui d'une aide auditive standard[2,3,29,30]. Cependant, à l'heure actuelle, il n'y a pas de réglage unique pour cette adaptation bimodale universellement reconnu[21,22]. Aussi, il existe des résultats contradictoires qui indiquent que l'optimisation de l'aide auditive controlatérale au-delà des cibles vérifiées avec les méthodes classiques ne donnent pas de résultats supérieurs[31]. Néanmoins, certaines stratégies d'ajustement peuvent être examinées et étudiées car selon la littérature ces approches ont une réelle capacité d'améliorer les résultats. Il convient de noter que le réglage qui fournit le plus grand bénéfice ou celui subjectivement qui fournit une écoute plus satisfaisante variera, nécessairement, d'un patient à l'autre[32].

Organigramme Bimodal



Tous les patients porteurs d'un implant cochléaire unilatéral et qui ont gardé une audition résiduelle dans l'oreille opposée sont des candidats à l'utilisation d'une aide auditive. Cet organigramme présente une méthode pratique et éprouvée pour procéder à l'adaptation d'une aide auditive controlatérale. Il tient compte de la bande passante d'adaptation (large ou réduite), de l'utilisation de l'abaissement fréquentiel et de l'équilibrage de la sensation sonore.

Organigramme bimodal :

L'organigramme joint a été développé pour servir de guide dans le processus de réglage. Cette procédure n'a pas vocation à être universelle et à s'appliquer à toutes les adaptations. La population de porteur d'implant cochléaire est extrêmement diversifiée et le jugement clinique peut justifier d'une approche différente d'un patient à un autre[33].

Une méthode logique qui tient compte des contraintes liées à la pratique clinique quotidienne

L'objectif de ce modèle est d'examiner les différents réglages de l'aide auditive en utilisant une méthode logique et fondée sur des études tout en gardant à l'esprit les contraintes liées à la pratique quotidienne (par exemple, les contraintes de temps, les différents réglages de l'aide auditive et de l'implant cochléaire réalisés par différents acteurs, etc.). Ce guide met l'accent sur le réglage spécifique de l'aide auditive. Toutefois, il peut y avoir des cas où l'ajustement de l'implant cochléaire sera plus approprié.

L'organigramme intègre à la fois la réponse fréquentielle de l'aide auditive et l'équilibrage de l'intensité sonore. Tout ceci est détaillé dans les paragraphes suivants.

Adaptation à large bande passante :

Il est recommandé de commencer par une adaptation bimodale à bande large car ses avantages ont été largement prouvés. Avant d'être équipé d'un implant cochléaire, la mojorité des patients bénéficiait déjà de cette stratégie.

Méthodologie : En dehors de l'optimisation de la qualité d'écoute et du confort, l'objectif de l'adaptation bimodale est de permettre un accès au plus grand nombre d'indices acoustiques bilatéraux, binauraux et complémentaires. Par exemple, des indices liés aux différences interaurales de niveau[34,35]. De plus, les basses fréquences fournissent des informations acoustiques sur la hauteur de la voix ou de la musique qui sont difficilement transmis par l'implant cochléaire[7,36-38]. Au total, ces indices supplémentaires peuvent contribuer à l'amélioration de la localisation, de la perception de la musique et de la reconnaissance de la parole (en particulier dans le bruit). Plusieurs études ont mis en évidence des avantages bimodaux de l'utilisation de cette stratégie par rapport à une amplification limitée aux basses fréquences[32,39,40].

Stratégie recommandée : Atteindre les cibles fournies par la méthodologie appropriée sur une bande passante aussi large que possible en utilisant des mesures REM ou des valeurs InSitu simulées.

Bande passante restreinte avec ou sans accentuation des basses fréquences :

S'il est plus prudent de commencer par une adaptation à bande large, il convient de noter que de nombreux patients implantés ont des pertes auditives importantes dans les hautes fréquences et/ou des zones mortes du côté non implanté. Il n'est peut-être pas possible d'amplifier les hautes fréquences ou d'utiliser l'abaissement fréquentiel. Même si l'amplification de ces fréquences est possible ceci peut dégrader les performances chez certains patients. Les avantages potentiels de cette approche peuvent être l'allongement de la durée de vie de la pile, la non restitution de ces fréquences indésirables et la limitation de l'effet Larsen.

Méthodologie : Plusieurs études ont suggéré que l'amélioration de la perception de la parole dans le cadre d'une adaptation bimodale est obtenue à partir des basses fréquences[4,40-43]. Une étude réalisée sur des adultes montre une amélioration de la performance bimodale lorsque l'amplification ne dépasse pas la zone morte [44]. D'autres recherches sont nécessaires sur le sujet mais l'amplification limitée des hautes fréquences doit être envisagée dans les cas d'une dégradation des performances bimodales (performances bimodales inférieures à celles de l'implant cochléaire seul) ou lorsqu'il y a un manque d'amélioration subjective et objective de l'adaptation bimodale. Les travaux de Mok et al. (2006; 2010)[45,46] ont confirmé que le bénéfice bimodal était supérieur chez les sujets présentant des seuils d'audition avec appareil abaissés dans les zones fréquentielles moyennes et/ou élevées. Enfin, quelques auteurs ont suggéré ou démontré que certains patients préféraient et / ou tiraient profit d'approches d'amplification alternatives, y compris celle qui consiste à renforcer les basses fréquences et à réduire l'amplification sur les hautes fréquences[2,3,24,29].

Avertissement : la localisation peut être moins bonne par rapport à la mise en place d'un réglage à bande passante large ou d'un abaissement fréquentiel[32,35]. Parce que la suppression de l'amplification des hautes fréquences peut affecter la perception des différences interaurales de niveau, cette approche n'est pas préconisée par défaut.

Stratégies recommandées : Il convient de noter qu'il n'y a pas de méthode unique pour limiter l'amplification des hautes

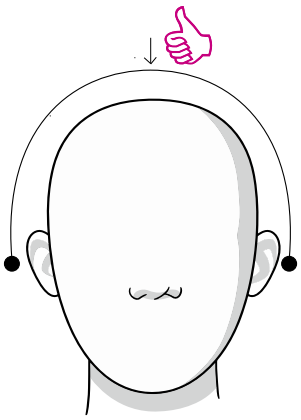
fréquences dans le réglage de l'aide auditive controlatérale. En se basant sur les travaux de Zhang et al. (2014), la limite fréquentielle de la zone morte est déterminée en utilisant le test des courbes d'accord psychophysiques (SWPTC) ou le test d'Egalisation des seuils (TEN Test). L'amplification s'arrête à la fréquence limite de cette zone morte.

Le SWPTC ou le TEN test peuvent ne pas être disponibles en cabine. Certains patients, comme les jeunes enfants, sont susceptibles de ne pas pouvoir y répondre. Des études ont montré que les zones mortes sont souvent présentes sur les surdités sévères-profondes[47], et qu'elles peuvent être estimées sur la base des seuils en sons purs. Autrement dit, l'amplification n'est disponible que jusqu'aux fréquences où les seuils sont égaux ou supérieurs à 80-90 dB HL. Dans une étude de Davidson et al. (2015) sur des enfants âgés et de jeunes adultes, la fréquence de coupure a été définie comme la fréquence la plus grave ayant un seuil supérieur à 90 dB HL et où la moyenne quadratique du spectre de la parole à 60 dB après amplification descendait en dessous de ce seuil. D'autre part, Zhang et al. (2014) ont étudié des adultes et ont choisi la fréquence de coupure à 80 dB HL. Ils l'ont comparé aux résultats du TEN Test et du SWPTC. Ils ont constaté que les fréquences de coupure à 80 dB étaient sélectionnées avec le TEN Test dans 5 cas sur 11 et semblaient toujours plus élevées que lors de l'utilisation du SWPTC. On pourrait donc avoir besoin de tester différentes fréquences de coupure pour déterminer celle qui donne de meilleurs résultats.

Abaissement fréquentiel :

Afin d'essayer de faire correspondre les bandes passantes fréquentielles des stimulations électriques d'un côté et acoustiques de l'autre, il faut que la perception des hautes fréquences avec l'aide auditive soit maximisée. L'abaissement fréquentiel est désormais disponible sur le marché dans de nombreux appareils auditifs et il est utilisé pour améliorer l'audibilité des hautes fréquences.

Méthodologie : Pour les porteurs d'aides auditives, l'abaissement fréquentiel améliore la détection des hautes fréquences et la reconnaissance de la parole[48,49] . Sur les adaptations bimodales, la plupart des recherches n'ont pas démontré de bénéfice significatif par rapport aux systèmes de transposition[50] ou de compression fréquentielle[51-53]. Cependant, la plupart de ces études ont indiqué que le taux d'acceptation de cet abaissement fréquentiel était élevé et que les performances n'étaient pas diminuées. Une étude récente auprès d'enfants âgés et de jeunes adultes[32] a montré une amélioration de la localisation spatiale, de la reconnaissance du locuteur et de la compréhension. De plus, la plupart des sujets ont préféré l'abaissement fréquentiel.



L'équilibrage de la sensation sonore tente d'équilibrer le volume perçu entre l'implant cochléaire et l'aide auditive. Le point d'équilibre entre signal électrique et acoustique est recherché en augmentant ou en diminuant le niveau sonore de l'aide auditive. Imprimez et fixez cette image sur un mur. Demandez au patient d'indiquer sur l'arc, représenté sur l'image, la provenance du son. L'équilibre est atteint lorsque le patient indique percevoir ce son directement devant lui (flèche). Pour certains patients, ce procédé est plus aisé que d'évaluer les niveaux sonores de chacun des deux systèmes. [59]

Candidature : Les recommandations du "Clinical Practice Guidelines for Paediatric Amplification"[28] (American Academy of Audiology, 2013) indique que l'abaissement fréquentiel est envisageable si la restitution de l'audibilité des hautes fréquences s'avère impossible avec une amplification conventionnelle. L'amélioration potentielle de l'audibilité dépendra de la perte auditive du patient, du type de stratégie d'abaissement disponible et des différents paramètres choisis. En général, le patient est un candidat à la recomposition fréquentielle si les réglages de l'aide auditive montrent suffisamment de bande passante audible pour être en mesure de recevoir les composantes hautes fréquences inaudibles sans provoquer de distorsions nuisibles.

Stratégie recommandée : McCreery et al. (2013) ont montré que l'utilisation d'un abaissement fréquentiel qui maximise la bande passante audible, entraîne de meilleurs résultats[49]. L'objectif d'augmentation de l'audibilité est applicable à toutes les formes d'abaissements fréquentiels.

Procédure : Déterminer la Fréquence de Sortie Audible Maximale (à savoir, la fréquence audible la plus élevée dans le signal vocal amplifié) via des mesures REM ou des valeurs InSitu simulées. Trouver ensuite les paramètres appropriés de la recomposition fréquentielle afin d'améliorer l'audibilité tout en minimisant la distorsion. Utiliser pour cela les outils disponibles (par exemple, Verifit ou l'outil d'assistance de l'abaissement fréquentiel)[48,54].

Equilibrage de la sensation sonore :

Avec une aide auditive et un implant cochléaire bien réglés, le son doit être aussi audible et confortable que possible dans les deux oreilles pour différents niveaux d'entrée. Parfois, les patients demandent des ajustements de volume. Par exemple, une augmentation du gain dans les basses fréquences peut être nécessaire pour compenser la sensation de baisse de volume sonore quand la bande passante restreinte est utilisée[32]. Alternativement, une diminution du gain peut être nécessaire en raison de la sommation binaurale de l'intensité[55].

Compte tenu des différences d'échelles de sensation sonores entre les stimulations acoustique et électrique[55] et des facteurs liés aux différences de traitement du signal (compression, bande passante, la réduction de bruit, etc.)[56,57], il peut être difficile de faire correspondre le volume entre ces deux systèmes. Néanmoins, plusieurs auteurs ont suggéré ou démontré que les avantages de l'adaptation bimodal pour la localisation spatiale et pour la reconnaissance de la parole sont obtenus avec des appareils dont l'intensité est équilibrée[2,3,23,55].

Stratégie recommandée : Dans la littérature, plusieurs méthodes ont été décrites pour l'équilibrage de la sensation sonore[2,23,45,58]. Cependant, cette utilisation de sons calibrés nécessite beaucoup de temps et peut être compliquée avec certains patients. Dorman et al. (2014)[59] ont trouvé que, malgré le fait que le bénéfice bimodal puisse être obtenu avec une intensité sonore asymétrique entre les deux oreilles, le plus grand bénéfice a été observé lorsque le signal acoustique de l'aide auditive était sensiblement plus doux que celui de l'IC ou à «un volume sonore plus confortable ». Les auteurs ont conclu qu'il n'était pas nécessaire d'atteindre un haut degré de précision lors de cette recherche d'équilibrage d'intensité. Bien que la procédure décrite ci-dessous porte essentiellement sur le réglage de l'aide auditive, il peut y avoir des cas où il est plus approprié de régler le volume global de l'implant cochléaire.

Procédure : Si l'aide auditive doit être ajustée, modifiez le gain et/ou la compression jusqu'à la perception d'une intensité sonore égale (ou presque égale) avec celle de l'implant. Vous pouvez également faire les réglages avec l'aide auditive seule afin que le niveau d'écoute soit « le plus confortable ». Finalisez le réglage à l'aide de mesures REM.

Dorman et al. (2014)[59] ont trouvé « le point d'équilibre » sonore, en utilisant un graphique représentant une tête avec un arc pour indiquer la provenance du son. Des ajustements sont effectués jusqu'à la perception du son au centre du visage.

Remarque : Le ou les ajustements approprié/s tels que le gain global ou la compression seront dépendants de la perception du patient et des réglages des aides auditives qui peuvent être modifiés. Le meilleur discernement devra être adopté.

Avertissement : Il faut être prudent si une réduction significative de gain est nécessaire car cela pourrait réduire l'audibilité. Le patient peut avoir besoin d'être conseillé au sujet de cette réduction et/ou une réévaluation des réglages de l'implant cochléaire peut être nécessaire.

Évaluation des avantages :

Répertorier les résultats est important afin de démontrer que les performances bimodales sont équivalentes voire supérieures à celles de l'implant cochléaire seul. Il existe différentes mesures qui peuvent être utilisées.

Stratégie recommandée : Les tests de mots et de phrases dans le calme et dans le bruit, suivant la procédure décrite dans le "Minimum Speech Test Battery for Adults"[60]. Pour les jeunes enfants, seules les mesures adaptées à l'âge devront être utilisées. Faites les évaluations, si possible, avec l'implant seul, l'aide auditive seule puis avec les deux à la fois. Il se pourrait que les performances avec l'aide auditive seule soient très faibles. A l'inverse, si l'oreille controlatérale contribue potentiellement à améliorer la perception de la parole, il est alors recommandé de boucher et/ou de protéger cette oreille pour l'isoler de celle équipée de l'implant cochléaire.

Abaissement fréquentiel : En cas d'utilisation, il peut être utile de réaliser le "Ling six sound detection" et des tests de discrimination/identification, plus particulièrement ceux qui concernent les sons /s/ et /S/.

Sensation sonore : Tenez compte des seuils auditifs mesurés séparément avec l'implant cochléaire et l'aide auditive. Il est à souligner que ceux-ci doivent être réalisé en complément des mesures REM. L'objectif est de valider les niveaux de détection des sons faibles et de comparer ces niveaux de détection minimums aux niveaux d'entrée faibles au travers des deux dispositifs. Avec un réglage d'implant cochléaire approprié, les seuils devraient être équivalents pour toutes les fréquences. Avec l'aide auditive, les seuils dépendront du degré de la perte auditive et des réglages. Par exemple, les seuils des hautes fréquences devraient être élevés avec une bande passante restreinte. D'autre part, ces seuils hautes fréquences peuvent être sensiblement meilleurs avec la recomposition fréquentielle par rapport à la bande passante large (voir Davidson et al. 2015). Si les résultats ne sont pas conformes, il est recommandé de poursuivre l'évaluation.

Autres mesures : Les mesures d'évaluation actuelles portant sur la reconnaissance de la parole peuvent ne pas être suffisamment pertinentes pour montrer les effets bénéfiques de l'adaptation bimodale. Si le temps vous le permet, il peut être utile d'étudier les points suivants :

- Les tests vocaux avec des haut-parleurs multiples
- Les tests vocaux en milieu réverbérant[61]
- Localisation spatiale
- Perception de la musique
- Reconnaissance du locuteur
- Reconnaissance des émotions
- Questionnaires subjectifs (par exemple le SSQ)

Que faire si l'adaptation bimodale n'apporte aucun bénéfice ou une dégradation :

- Contactez le régleur de l'implant cochléaire afin de reconsidérer les réglages.
- Envisagez une implantation cochléaire bilatérale.
- Des tests plus approfondis (par ex. pour l'équilibrage de la sensation sonore) peuvent être envisagés.
- Davantage de temps peut être nécessaire pour s'adapter au signal bimodal[62,63] et / ou à la stratégie bimodale (par exemple pour un patient qui utilisait une bande passante large et qui essaye pour la première fois l'abaissement fréquentiel). Envisagez une rééducation auditive si cela n'est pas déjà le cas[62].
- Reiss et al. (2014)[64] ont suggéré que certains patients utilisant une adaptation bimodale peuvent éprouver des difficultés importantes avec l'intégration spectrale binaurale et seront incapables de résoudre l'inadéquation de différences de hauteurs perçue entre les deux oreilles. Les stratégies alternatives de réglages telles que le chevauchement minimal[65,66] doivent être explorées. Laria et al. (2014)[67] ont présenté un cas, dans lequel l'amélioration a été observée lorsque la bande de fréquence de l'implant n'a pas chevauché celle de l'aide auditive. Notons que les protocoles hybrides actuels recommandent certains chevauchements entre signal acoustique et électrique[68,69]. Si cette approche est appropriée pour un patient, l'audioprothésiste doit faire des essais pour déterminer la fréquence de coupure qui donnera les meilleurs résultats.
- Certains patients présentent une baisse de leurs performances avec une adaptation bimodale[11,58]. Toutefois, il s'agit davantage d'une exception que d'une règle.

Remarques finales

Les progrès technologiques des implants cochléaires et leurs résultats ont abouti à des critères de candidature élargis. Il y a donc plus de candidats à l'implantation qui présentent une audition résiduelle significative. La stimulation bimodale doit être prise en compte afin de donner accès aux indices acoustiques bilatéraux et binauraux. L'aide auditive doit, au minimum, être adaptée à la cible et vérifiée à l'aide de mesures REM. De meilleurs résultats peuvent être obtenus par optimisation du réglage de l'aide auditive. Cette optimisation peut inclure l'utilisation de courbes de réponses alternatives et/ou l'équilibrage de la sensation sonore. En raison de la variabilité inhérente à la population implantée, la meilleure configuration, varie d'un patient à l'autre. L'évaluation des résultats est importante pour individualiser l'approche du réglage de l'aide auditive.

Etude de cas :

Aidez-nous à diffuser les connaissances sur les adaptations bimodales en ajoutant vos propres données d'appareillage bimodal. Envoyez la description complète du cas à Kamilla Angelo, PhD, kian@oticon.com.

Le patient 1 est un homme de 88 ans présentant une surdité progressive ancienne.

Le patient 2 est une femme de 57 ans présentant une perte auditive bilatérale en relation avec un aqueduc vestibulaire élargi.

Références

1. Dorman, M. F. & Gifford, R. H. Combining acoustic and electric stimulation in the service of speech recognition. Int J Audiol 49, 912–9 (2010).
2. Ching, T., Psarros, C., Hill, M., Dillon, H. & Incerti, P. Should Children Who Use Cochlear Implants Wear Hearing Aids in the Opposite Ear. Ear & Hearing 22, 365 -80 (2001).
3. Ching, T., Incerti, P & Hill, M. Binaural benefits for adults who use hearing aids and cochlear implants in opposite ears. Ear and hearing (2004). doi:10.1097/00003446-200402000-00002
4. Cullington, H. E. & Zeng, F.-G. G. Comparison of bimodal and bilateral cochlear implant users on speech recognition with competing talker, music perception, affective prosody discrimination, and talker identification. Ear Hear 32, 16–30 (2011).
5. Illg, A., Bojanowicz, M., Lesinski-Schiedat, A., Lenarz, T. & Büchner, A. Evaluation of the bimodal benefit in a large cohort of cochlear implant subjects using a contralateral hearing aid. Otol. Neurotol. 35, e240–4 (2014).
6. Chang, JE, Bai, JY & Zeng, FG. Unintelligible low-frequency sound enhances simulated cochlear-implant speech recognition in noise. Biomedical Engineering (2006). doi:10.1109/TBME.2006.883793
7. Kong, YY, Stickney, GS & Zeng, FG. Speech and melody recognition in binaurally combined acoustic and electric hearing. The Journal of the Acoustical … (2005). doi:10.1121/1.1857526
8. Straatman, LV, Rietveld, A. & Beijen, J. Advantage of bimodal fitting in prosody perception for children using a cochlear implant and a hearing aid. The Journal of the … (2010). at <http://scitation.aip.org/content/asa/journal/jasa/128/4/10.1121/1.3474236>
9. Sucher, CM & McDermott, HJ. Bimodal stimulation: benefits for music perception and sound quality. Cochlear Implants International (2009). doi:10.1002/cii.398
10. Hamzavi, J, Pok, M. S. & Gstoettner, W. Speech perception with a cochlear implant used in conjunction with a hearing aid in the opposite ear. … journal of audiology (2004). doi:10.1080/14992020400050010
11. Tyler, RS, Parkinson, AJ, Wilson, BS & Witt, S. Patients utilizing a hearing aid and a cochlear implant: speech perception and localization. Ear and … (2002). doi:10.1097/00003446-200204000-00003
12. Armstrong, M., Pegg, P., James, C. & Blamey, P. Speech perception in noise with implant and hearing aid. The American journal of otology 18, S140–1 (1997).
13. Blamey, P. J., Armstrong, M. & James, J. Cochlear implants, hearing aids, or both together? In G. M. Clark (Ed.). Cochlear implants 273 – 277 (1997).
14. Berrettini, S., Passetti, S., Giannarelli, M. & Forli, F. Benefit from bimodal hearing in a group of prelingually deafened adult cochlear implant users. American journal of otolaryngology 31, 332–338 (2010).
15. Ullauri, A, Crofts, H & Wilson, K. Bimodal benefits of cochlear implant and hearing aid (on the non-implanted ear): a pilot study to develop a protocol and a test battery. Cochlear implants … (2007). doi:10.1179/cim.2007.8.1.29
16. Nittrouer, S, Caldwell, A, Lowenstein, JH & Tarr, E. Emergent literacy in kindergartners with cochlear implants. Ear and … (2012). at <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3419773/>
17. Nittrouer, S & Chapman, C. The effects of bilateral electric and bimodal electric–Acoustic stimulation on language development. Trends in amplification (2009). at <http://tia.sagepub.com/content/13/3/190.short>
18. Nittrouer, S., Kuess, J. & Lowenstein, J. H. Speech perception of sine-wave signals by children with cochlear implants. J. Acoust. Soc. Am. 137, 2811 (2015).
19. Offeciers, E, Morera, C, Müller, J & Huarte, A. International consensus on bilateral cochlear implants and bimodal stimulation. Acta oto- … (2005). at <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16109670>
20. Balkany, T. et al. William House Cochlear Implant Study Group: position statement on bilateral cochlear implantation. Otology & Neurotology 29, 107–108 (2008).

21. Scherf, F. & Arnold, LP. Exploring the clinical approach to the bimodal fitting of hearing aids and cochlear implants: results of an international survey. Acta oto-laryngologica (2014). at <http://informahealthcare.com/doi/abs/10.3109/00016489.2014.914244>

22. Siburt, HW & Holmes, AE. Bimodal Fitting: A survey of current clinical practice. American journal of audiology (2015). at <http://aja.pubs.asha.org/article.aspx?articleid=2279994>

23. Keilmann, AM, Bohnert, AM & Gosepath, J. Cochlear implant and hearing aid: a new approach to optimizing the fitting in this bimodal situation. European Archives of Oto- ... (2009). doi:10.1007/s00405-009-0993-9

24. Huart, SA & Sammeth, CA. Hearing aids plus cochlear implants: Optimizing the bimodal paediatric fitting. The Hearing Journal (2008). doi:10.1097/01.HJ.0000342441.45181.6e

25. Yehudai, N, Shpak, T, Most, T & Luntz, M. Functional status of hearing aids in bilateral-bimodal users. Otology & Neurotology (2013). doi:10.1097/MAO.0b013e3182898131

26. Harris, MS & Hay McCutcheon, M. An analysis of hearing aid fittings in adults using cochlear implants and contralateral hearing aids. The Laryngoscope (2010). doi:10.1002/lary.21148

27. American Academy of Audiology. Guidelines for the Audiologic Management of Hearing Impairment. . Audiology Today 18, (2006).

28. American Academy of Audiology. Clinical Practice Guidelines: Paediatric Amplification. . http://audiology-web.s3.amazonaws.com/migrated/PaediatricAmplificationGuidelines.pdf_539975b3e7e9f1.74471798.pdf

29. Ching, T. Y., van Wanrooy, E. & Dillon, H. Binaural-bimodal fitting or bilateral implantation for managing severe to profound deafness: a review. Trends Amplif 11, 161–92 (2007).

30. Ching, T. Y., Incerti, P. & Plant, K. Electric-acoustic stimulation: for whom, in which ear, and how. Cochlear Implants Int 16 Suppl 1, S12–5 (2015).

31. Morera, C, Cavalle, L & Manrique, M. Contralateral hearing aid use in cochlear implanted patients: multicenter study of bimodal benefit. Acta oto- ... (2012). at <http://informahealthcare.com/doi/abs/10.3109/00016489.2012.677546>

32. Davidson, LS, Firszt, JB & Brenner, C. Evaluation of Hearing Aid Frequency Response Fittings in Paediatric and Young Adult Bimodal Recipients. Journal of the ... (2015). at <http://www.ingentaconnect.com/content/aaa/jaaa/2015/00000026/00000004/art00007>

33. Stelmachowicz, PG & Pittman, AL. The importance of high-frequency audibility in the speech and language development of children with hearing loss. ... –Head & Neck ... (2004). doi:10.1001/archotol.130.5.556

34. Seeber, BU, Baumann, U & Fastl, H. Localization ability with bimodal hearing aids and bilateral cochlear implants. The Journal of the Acoustical ... (2004). doi:10.1121/1.1776192

35. Potts, LG, Skinner, MW & Litovsky, RA. Recognition and localization of speech by adult cochlear implant recipients wearing a digital hearing aid in the nonimplanted ear (bimodal hearing). Journal of the ... (2009). at <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2876351/>

36. Bartov, T & Most, T. Song Recognition by Young Children With Cochlear Implants: Comparison Between Unilateral, Bilateral, and Bimodal Users. Journal of Speech (2014). at <http://sig17perspectives.pubs.asha.org/article.aspx?articleid=1870320>

37. Fata, E. F., James, CJ & Laborde, ML. How much residual hearing is 'useful'for music perception with cochlear implants? Audiology and ... (2009). doi:10.1159/000206491

38. Gfeller, K, Oleson, J, Knutson, JF & Breheny, P. Multivariate predictors of music perception and appraisal by adult cochlear implant users. Journal of the ... (2008). at <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2677551/>

39. Neuman, AC & Svirsky, MA. Effect of hearing aid bandwidth on speech recognition performance of listeners using a cochlear implant and contralateral hearing aid (bimodal hearing). Ear and hearing (2013). at <http://europepmc.org/articles/pmc3748228>

40. Sheffield, SW & Gifford, RH. The benefits of bimodal hearing: effect of frequency region and acoustic bandwidth. Audiology and Neurotology (2014). doi:10.1159/000357588

41. Kong, YY & Carlyon, RP. Improved speech recognition in noise in simulated binaurally combined acoustic and electric stimulations). The Journal of the Acoustical Society of ... (2007). doi:10.1121/1.2717408

42. Zhang, T, Dorman, MF & Spahr, AJ. Information from the voice fundamental frequency (F0) region accounts for the majority of the benefit when acoustic stimulation is added to electric stimulation. Ear and hearing (2010). at <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3684557/>

43. Shpak, T, Most, T & Luntz, M. Fundamental frequency information for speech recognition via bimodal stimulation: cochlear implant in one ear and hearing aid in the other. Ear and hearing (2014). doi:10.1097/AUD.0b013e3182a2c814

44. Zhang, T., Dorman, M. F., Gifford, R. & Moore, B. C. Cochlear dead regions constrain the benefit of combining acoustic stimulation with electric stimulation. Ear Hear 35, 410–7 (2014).

45. Mok, M., Grayden, D., Dowell, R. C. & Lawrence, D. Speech perception for adults who use hearing aids in conjunction with cochlear implants in opposite ears. J. Speech Lang. Hear. Res. 49, 338–51 (2006).

46. Mok, M, Galvin, KL, Dowell, RC & McKay, CM. Speech perception benefit for children with a cochlear implant and a hearing aid in opposite ears and children with bilateral cochlear implants. Audiology and Neurotology (2010). doi:10.1159/000219487

47. Preminger, JE & Carpenter, R. A clinical perspective on cochlear dead regions: intelligibility of speech and subjective hearing aid benefit. Journal of the American ... (2005). at <http://www.ingentaconnect.com/content/aaa/jaaa/2005/00000016/00000008/art00009>

48. Glista, D, Scollie, S, Bagatto, M & Seewald, R. Evaluation of nonlinear frequency compression: Clinical outcomes. ... Journal of Audiology (2009). doi:10.1080/14992020902971349

49. McCreery, RW, Brennan, MA, Hoover, B & Kopun, J. Maximizing audibility and speech recognition with non-linear frequency compression by estimating audible bandwidth. Ear and ... (2013). at <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3566286/>

50. Hua, H, Johansson, B & Jönsson, R. Cochlear implant combined with a linear frequency transposing hearing aid. Journal of the ... (2012). at <http://www.ingentaconnect.com/content/aaa/jaaa/2012/00000023/00000009/art00006>

51. Perreau, A. E., Bentler, R. A. & Tyler, R. S. The contribution of a frequency-compression hearing aid to contralateral cochlear implant performance. J Am Acad Audiol 24, 105–20 (2013).

52. McDermott, H & Henshall, K. The use of frequency compression by cochlear implant recipients with postoperative acoustic hearing. Journal of the American Academy ... (2010). at <http://www.ingentaconnect.com/content/aaa/jaaa/2010/00000021/00000006/art00005>

53. Park, LR, Teagle, H., Buss, E & Roush, PA. Effects of frequency compression hearing aids for unilaterally implanted children with acoustically amplified residual hearing in the nonimplanted ear. Ear and ... (2012). doi:10.1097/AUD.0b013e31824a3b97

54. Alexander, J. M. 20Q: The Highs and lows of frequency lowering amplification. . AudiologyOnline Article 11772, (2013).

55. Blamey, P. J., Dooley, G. J., James, C. J. & Parisi, E. S. Monaural and binaural loudness measures in cochlear implant users with contralateral residual hearing. Ear Hear 21, 6–17 (2000).

56. Van Hoesel, R. Contrasting benefits from contralateral implants and hearing aids in cochlear implant users. Hearing research (2012). at <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378595511002942>

57. Francart, T & McDermott, HJ. Psychophysics, fitting, and signal processing for combined hearing aid and cochlear implant stimulation. Ear and hearing (2013). doi:10.1097/AUD.0b013e31829d14cb

58. Litovsky, RY & Johnstone, PM. Benefits of bilateral cochlear implants and/or hearing aids in children: Beneficios de los implantes cocleares bilaterales y/o auxiliares auditivos en niños. International Journal of ... (2006). doi:10.1080/14992020600782956

59. Dorman, MF, Loizou, P, Wang, S & Zhang, T. Bimodal cochlear implants: the role of acoustic signal level in determining speech perception benefit. Audiology and ... (2014). doi:10.1159/000360070

60. Fabry, D., Firszt, J. B., Gifford, R. H., Holden, L. K. & Koch, D. B. Evaluating speech perception benefit in adult cochlear implant recipients . Audiology Today May, 36 – 43 (2009).

61. Mason, M & Kokkinakis, K. Perception of consonants in reverberation and noise by adults fitted with bimodal devices. Journal of Speech (2014). at <http://jshd.pubs.asha.org/article.aspx?articleid=1832502>

62. Zhang, T., Dorman, M. F., Fu, Q.-J. J. & Spahr, A. J. Auditory training in patients with unilateral cochlear implant and contralateral acoustic stimulation. Ear Hear 33, e70–9 (2012).

63. Luntz, M, Shpak, T & Weiss, H. Binaural-bimodal hearing: concomitant use of a unilateral cochlear implant and a contralateral hearing aid. Acta oto-laryngologica (2005). at <http://informahealthcare.com/doi/abs/10.1080/00016480510035395>

64. Reiss, L., Ito, RA, Eggleston, JL & Wozny, DR. Abnormal binaural spectral integration in cochlear implant users. Journal of the Association for ... (2014). doi:10.1007/s10162-013-0434-8

65. Green, T, Faulkner, A & Rosen, S. Overlapping frequency coverage and simulated spatial cue effects on bimodal (electrical and acoustical) sentence recognition in noise. ... Journal of the Acoustical Society of ... (2014). doi:10.1121/1.4861843

66. Reiss, L., Ito, RA, Eggleston, JL & Liao, S. Pitch Adaptation Patterns in Bimodal Cochlear Implant Users: Over Time and After Experience. Ear and ... (2015). doi:10.1097/AUD.0000000000000114

67. Laria, C, Auletta, G, Riccardi, P & Papa, C. ... good performance with bimodal stimulation in a like-hybrid modality in a patient with profound bilateral sensorineural hearing loss with low-frequencies preservation. American journal of ... (2014). at <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S019607091300207X>

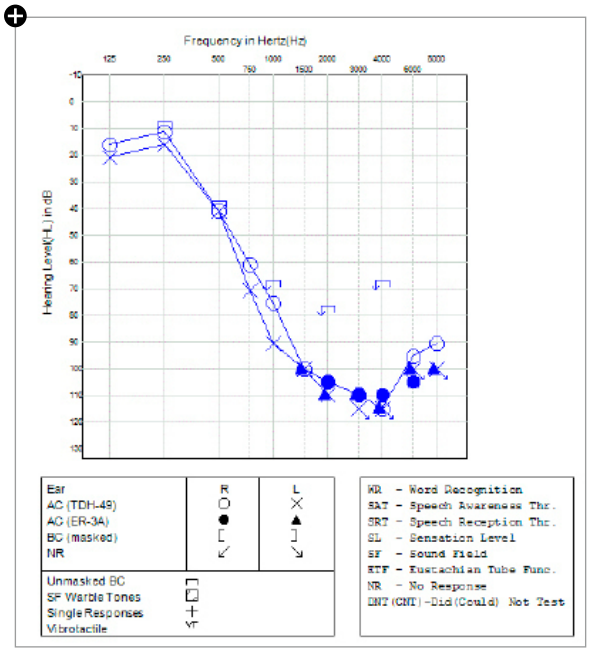
68. Gifford, R. 20Q: Hybrid/EAS cochlear implants- New research and clinical tips. AudiologyOnline Article 828, (2011).

69. Vermeire, K, Anderson, I & Flynn, M. The influence of different speech processor and hearing aid settings on speech perception outcomes in electric acoustic stimulation patients. Ear and ... (2008). doi:10.1097/AUD.0b013e31815d6326

Etude de cas : Patient 1

Le patient 1 est âgé de 88 ans. Il présente une perte auditive ancienne et progressive. Il a été exposé sans protection au bruit au travail et à l'armée. Au moment du bilan pré-implantation, son audiogramme montrait une perte en pente de ski avec audition normale sur le 125 et le 250 Hz et perte profonde sur les hautes fréquences (Cf. Figure 1). Il porte des aides auditives depuis plus de 20 ans. Après bilan, il a été implanté du côté gauche.

Figure 1. Audiogramme pré-implantation du patient 1.



Le patient 1 continue d'utiliser une aide auditive du côté non implanté. Cette aide auditive utilise de la transposition de fréquence pour optimiser la perception des hautes fréquences. Le patient a indiqué sa préférence pour l'abaissement fréquentiel par rapport à une amplification bande large. Les mesures REM montrent une audibilité jusqu'à 1000 Hz (Figure 2). L'assistant d'abaissement fréquentiel (Figure 3), prédit une performance optimale en utilisant la fréquence de coupure à 1600 Hz (La première fréquence transposée) et en utilisant le "mode Etendu" (transposition de bandes de fréquence au lieu de 3 dans le "Mode Basic"). Le gain pour les sons transposé est réglé sur la valeur 0 par défaut.

Figure 2. Speech Map montrant les mesures REM pour le patient 1. Le test 1 (vert) montre les résultats pour une adaptation standard à large bande alors que le test 4 (orange) montre les résultats de l'abaissement fréquentiel.

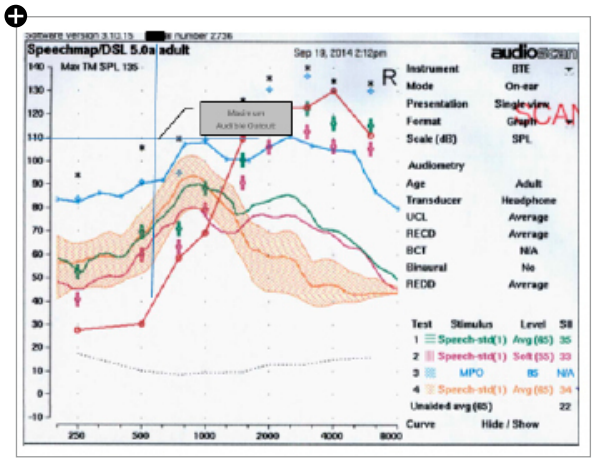
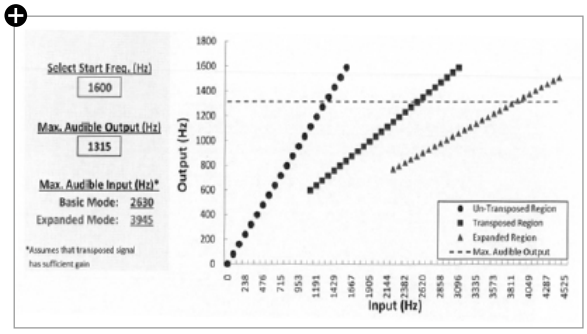


Figure 3. Réglages proposés par l'assistant d'abaissement fréquentiel.

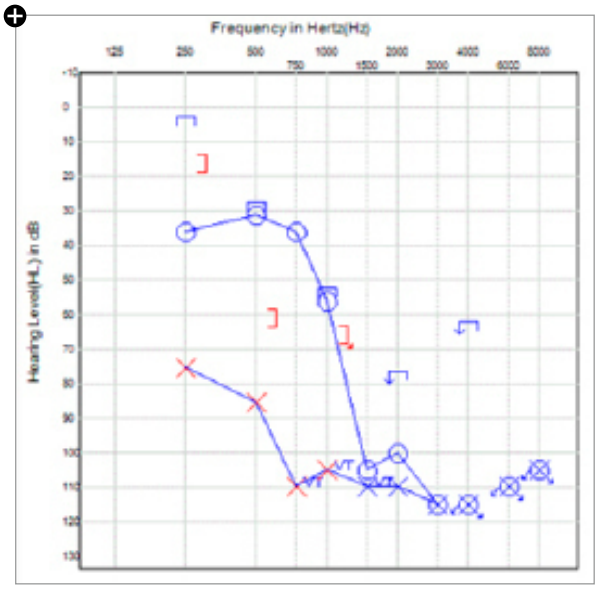


Le patient 1 porte son implant depuis environ 1 an et ses performances de compréhension sont montrées dans la table 1. Les résultats montrent une amélioration par rapport aux résultats pré-implantation et des résultats meilleurs avec l'adaptation bimodale. Le patient est satisfait de son aide auditive.

TEST	Pre-Implant Score for Left Hearing Aid	Pre-Implant Score for Both Hearing Aids	Score with the Right Hearing Aid Alone	Score with Cochlear Implant Alone	Score in the Bimodal Condition
CNC Test -Words Correct -Phonemes Correct	12% 31%	Did not Test	24% 44%	40% 53%	40% 71%
HINT Sentences -Words Correct in Quiet	26%	62%	43%	57%	92%
AZ Bio Sentences -Words Correct in Quiet	Did not Test	32%	Did not Test	27%	67%

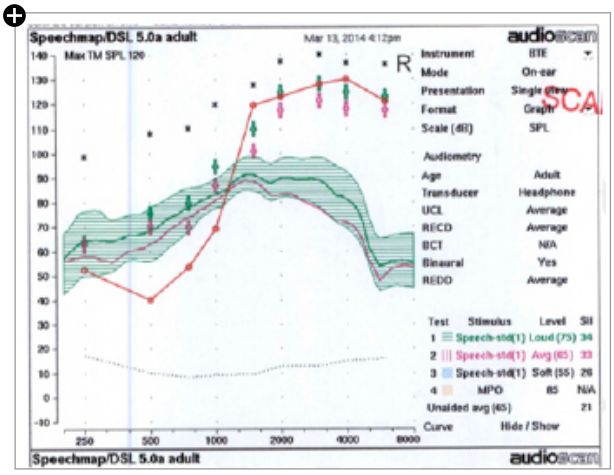
Etude de cas : Patiente 2

La patiente 2 est âgée de 57 ans et elle présente une perte auditive progressive due à un aqueduc vestibulaire élargi. Au moment du bilan pré-implant, sa perte auditive était en pente. Les seuils vont d'une perte moyenne à profonde du côté droit et de sévère à profonde du côté gauche. Après bilan, elle a été implantée du côté gauche. Elle utilise son implant depuis environ 1 an et demi.



La patiente 2 continue d'utiliser son aide auditive du côté non implanté. Celle-ci est réglée sur les cibles données par la méthodologie DSL5.0 Adulte sur une bande passante aussi large que possible compte tenu de sa perte auditive. L'abaissement fréquentiel pourtant disponible dans son aide auditive n'a pas été activé. En effet, l'audibilité n'est pas améliorée car la fréquence vocale maximum audible est à 1500 Hz et le 1500 Hz et la plus basse fréquence de départ disponible.

En raison de la sommation binaurale, la patiente a demandé une légère réduction du gain. Les mesures REM sont représentées ci-dessous.



Les résultats des tests vocaux sont montrés dans la table 2. Les résultats indiquent une amélioration significative par rapport aux tests pré-implantation. La performance de l'adaptation bimodale est similaire ou légèrement supérieure à celle obtenue avec l'implant cochléaire seul. La patiente est satisfaite de son aide auditive.

TEST	Pre-Implant Score for Left Hearing Aid	Pre-Implant Score for Both Hearing Aids	Score with the Right Hearing Aid Alone	Score with Cochlear Implant Alone	Score in the Bimodal Condition
CNC Test -Words Correct -Phonemes Correct	Did not Test	 38% 80%	Did not Test	 80% 91%	 85% 95%
HINT Sentences -Words Correct in Quiet	32%	51%	58%	90%	98%
AZ Bio Sentences -Words Correct in Quiet -Words Correct in Noise	Did not Test	 26% Did not Test	Did not Test	 90% 66%	 98% 76%

People First

People First est notre promesse
pour rendre à chacun :
la liberté de communiquer sans contrainte,
d'interagir naturellement et
de participer activement.

20710FR / 01.16