

Savia™

BioNumérique



Preuves scientifiques des remarquables performances de Savia

Collection d'études Savia

Avec Savia, Phonak a lancé un système auditif riche de multiples fonctions innovantes. Savia, basé sur un concept BioNumérique unique, a été très rapidement reconnu comme étant la plus grande révolution depuis l'introduction de la technologie numérique. Dans le monde entier, des utilisateurs satisfaits, de même que leurs audioprothésistes, nous parlent de leurs expériences positives avec Savia. Grâce à la haute technologie unique de ce système auditif, de nombreuses personnes ont retrouvé une excellente qualité de vie et les audioprothésistes nous parlent d'un nouveau niveau de satisfaction des utilisateurs.

Depuis que Savia a été introduit sur le marché, de nombreuses études ont été réalisées pour confirmer objectivement ses remarquables performances. Dans ce document, nous présentons une vue d'ensemble des premiers résultats essentiels et dévoilons deux nouvelles études inédites.

Sommaire

- Page 2 AutoPilot
- Page 4 AutoFocus
- Page 6 SoundCleaning
- Page 8 iPPG Successware
- Page 10 DataLogging

PHONAK

hearing systems

AutoPilot



AutoPilot veille à ce que toutes les fonctions de Savia soient convenablement activées, automatiquement, sans intervention manuelle. AutoPilot sélectionne le programme de base correct et les fonctions adéquates d'après le résultat de la classification du signal microphonique incident. De plus, EasyPhone et EasyFM analysent en permanence l'environnement afin de détecter la présence de signaux téléphoniques ou FM et d'activer le programme correspondant.

AutoPilot – sélection précise des programmes pour le plus grand confort auditif

Notre environnement acoustique est multiple et individuel. Les recherches scientifiques ont cependant montré que presque toutes les situations quotidiennes pouvaient se classer en quatre catégories fondamentales: parole au calme, parole dans le bruit, bruit et musique. Dans chacune de ces quatre catégories de situations auditives de base, l'aide auditive doit pouvoir relever des défis auditifs spécifiques. Au calme, par exemple, l'utilisateur s'attend à percevoir l'intégralité des sons et à entendre sans effort. Ecouter de la parole noyée dans le bruit exige des systèmes efficaces de réduction du bruit, afin d'atteindre de hauts niveaux d'intelligibilité vocale. Alors que pour écouter de la musique, par contre, l'utilisateur s'attend à des sonorités fidèles, riches et pures. Pour satisfaire efficacement ces différentes exigences auditives, Savia dispose de quatre programmes de base. Chacun d'eux comprend le mode de traitement du signal et les réglages appropriés à la catégorie correspondante.

Mais l'utilisateur n'a pas à sélectionner manuellement ces programmes. Savia analyse en permanence l'environnement acoustique, le classe dans l'une des quatre catégories et active le programme de base approprié. Toute une série de paramètres acoustiques du signal incident sont ainsi calculés en permanence. Ils caractérisent chaque signal et en permettent la classification précise. Les paramètres analysés décrivent l'intensité du signal, ainsi que ses propriétés spectrales et temporelles. On sait d'après l'Analyse de la Scène



Figure 1

Mode de fonctionnement d'AutoPilot. Dès qu'un environnement acoustique change, AutoPilot le détecte et choisit le programme auditif approprié.

Auditive [1] que ces paramètres sont également utilisés par les êtres humains pour différencier les divers «objets acoustiques» de leur environnement. Des temps d'observation du signal incident pouvant atteindre 10 secondes sont nécessaires pour pouvoir le classer dans l'une des quatre catégories. La transition dans le programme de base approprié prend de 1 à 5 secondes, selon les préférences de l'utilisateur. La figure 1 illustre comment AutoPilot sélectionne automatiquement les programmes de base appropriés dans différents environnements.

Procédure de test

Douze adultes utilisateurs expérimentés d'aides auditives ont participé à l'étude*. Leur perte auditive moyenne (moyenne des pertes liminaires tonales) était de 57 dB et leur âge moyen de 60 ans (écart-type 16,5 ans). Ils ont été appareillés avec des contours d'oreille Savia 211 dSZ. Ils pouvaient également accéder aux programmes manuels, c.-à-d. que la sélection des programmes de base n'était pas seulement déterminée par AutoPilot, mais pouvait être «court-circuitée» manuellement. Les sujets ont été informés des différences entre les quatre programmes de base dans différents environnements acoustiques. Ils ont alors utilisé les aides auditives Savia chez eux pendant une période de 2 semaines. Au cours de cette période, ils ont tenu un journal dans lequel ils décrivaient leurs environnements acoustiques et le comportement correspondant d'AutoPilot. A la fin de l'essai, les sujets devaient juger la performance globale d'AutoPilot.

Résultats

Les sujets ont porté leurs Savia plus de 10 heures par jour en moyenne. La plupart d'entre eux ont utilisé Savia 7 jours par semaine. Un ensemble représentatif de situations acoustiques typiques a donc bien été couvert au cours de cet essai. Les participants ont en général trouvé que la vitesse de transition de la programmation automatique était «juste bien» (figure 2). C'est-à-dire qu'AutoPilot réagissait suffisamment vite à une nouvelle situation et sélectionnait le programme approprié exactement comme le souhaitait l'utilisateur. La fréquence de commutation des programmes de base a également été jugée comme «juste bien» (figure 3). La sélection automatique des programmes ne réagissait donc de façon ni trop «nerveuse», ni trop «dolente» à des changements subtils de l'environnement acoustique mais choisissait le programme de base correct de façon appropriée.

Comme l'environnement acoustique n'est pas exactement le même pour chaque oreille (quand la source de bruit est sur le côté, par exemple), AutoPilot pouvait activer différents programmes de base dans les aides auditives droite et gauche. Cela n'a été qu'occasionnellement noté par les sujets (appréciation médiane: «rarement»). S'il a été remarqué, le phénomène n'a généralement pas été jugé comme gênant. Cela reflète les résultats de recherches antérieures sur les conditions d'écoute asynchrone [2].

En conclusion, AutoPilot assure une sélection fiable et précise du programme de base approprié et contribue ainsi significativement au confort d'utilisation de Savia.

Résumé

Savia avec AutoPilot offre quatre programmes de base pour couvrir automatiquement l'ensemble des besoins d'écoute individuels dans les situations auditives les plus importantes. Les résultats de l'étude confirment que la vitesse et la fréquence de la commutation automatique correspondent bien aux besoins des sujets testés. AutoPilot réagit donc correctement à des situations variées. Il choisit le programme de base qui convient aux besoins de l'utilisateur et contribue ainsi au confort d'utilisation de Savia.

* Cette étude a été réalisée par le Dr Birgitta Gabriel
Hörzentrum Oldenburg, Allemagne.

Cette étude a déjà été publiée en anglais, sous une forme légèrement différente dans:
Savia Field Study News, SoundNavigation: Accurate Program Selection for ultimate convenience (www.phonak.com/com_field_study_news_soundnavigation.pdf).

Bibliographie

- [1] Bregman AS (1990). Auditory Scene Analysis (MIT Press, Cambridge).
- [2] Payne E, Lutman ME (2002). Speech recognition performance and speech quality ratings in asymmetric listening conditions with adaptive directional microphone hearing instruments, International Hearing and Research Conference, Lake Tahoe, California, USA, 2002.

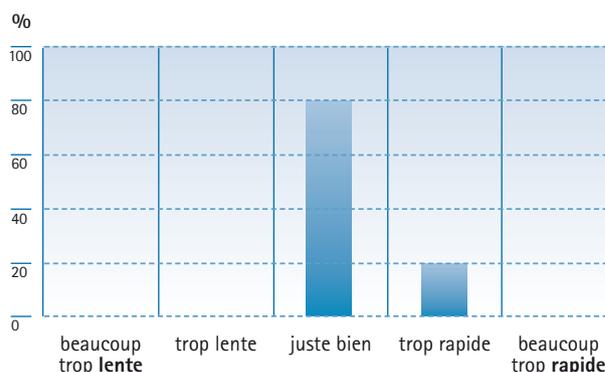


Figure 2

«Comment jugez-vous la vitesse de la commutation automatique quand l'environnement sonore change?»

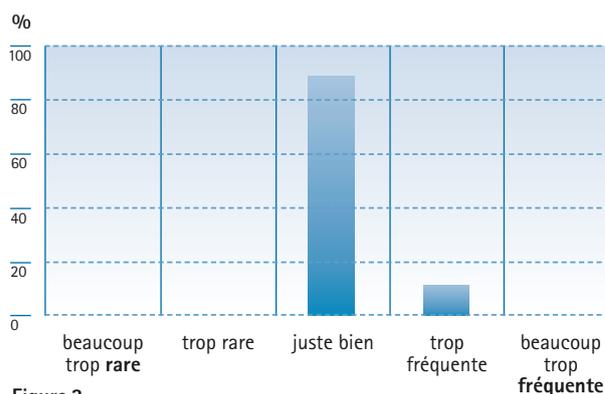


Figure 3

«Comment jugez-vous la fréquence de la commutation automatique quand l'environnement sonore change?»

AutoFocus



AutoFocus se charge du plus important problème de l'appareillage auditif – entendre dans le bruit. Pouvoir comprendre dans le bruit est la première raison qui incite les malentendants à franchir le pas vers l'appareillage. Avec le digital SurroundZoom, la plus moderne des technologies de multi microphones, le bruit gênant est traité de façon adaptative dans 20 canaux indépendants, afin d'atteindre la meilleure intelligibilité. Alors que l'émergence de la parole dans le bruit est la priorité pour discuter en milieu bruyant, les utilisateurs veulent aussi pouvoir compter sur une qualité sonore naturelle et d'excellentes capacités de localisation en d'autres circonstances. Pour la toute première fois, un contour d'oreille peut garantir la localisation spatiale et l'audition naturelle. Si les contours d'oreille sans Real Ear Sound dégradent nettement la localisation avant / arrière, avec les contours d'oreille Savia, par contre, les patients peuvent maintenant localiser sans problème la source sonore.

Real Ear Sound – capacités de localisation spatiale avec des contours d'oreille

La localisation précise des sons s'impose pour que nous nous sentions en sécurité dans tous les environnements acoustiques. Elle contribue également à une meilleure intelligibilité de la parole dans le bruit. La possibilité de localiser les sons est à attribuer à plusieurs caractéristiques acoustiques de l'oreille.

- Différence interauriculaire de temps
- Différence interauriculaire d'intensité sonore
- Indices acoustiques dépendants de la fréquence pour chaque oreille

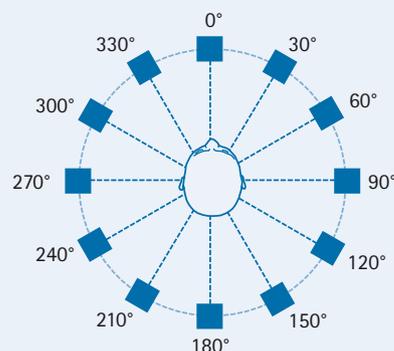
Le traitement des différences interauriculaires de temps et d'intensité sonore impose la mise en œuvre d'appareillages binauraux. Dans le cas de contours d'oreille, cependant, les effets du pavillon – essentiels pour la localisation spatiale – sont perdus en raison du positionnement du microphone à l'extérieur de celui-ci. Les utilisateurs signalent alors souvent que la sonorité de leurs appareils n'est pas vraiment naturelle et qu'ils rencontrent des difficultés de localisation spatiale.

Real Ear Sound

Savia avec Real Ear Sound est le premier système auditif à simuler réellement les caractéristiques spectrales du pavillon. Savia remplit donc les conditions nécessaires à une localisation précise des sons et à une sensation sonore naturelle.

Des essais cliniques ont été réalisés pour évaluer l'effet du Real Ear Sound sur les performances de localisation spatiale. Dix-huit sujets malentendants, âgés de 25 à 80 ans (moyenne d'âge: 61 ans), ont participé à cette étude. Leur perte auditive

liminaire s'élevait à 43 dB (moyenne tonale). Ils avaient une bonne expérience de l'appareillage et ont été appareillés avec des Savia 211 dSZ et leurs propres embouts dotés des événements correspondant à leur perte auditive individuelle. Un bruit à pondération vocale (d'une durée de 500 ms) était présenté dans l'un des 12 haut-parleurs répartis autour du sujet, comme le montre la figure ci-dessous.



Installation d'essai pour les expériences de localisation

Les signaux de test ont été présentés trois fois dans chaque direction, dans un ordre aléatoire. Deux conditions d'essai ont été réalisées: i) en mode omnidirectionnel et ii) avec le Real Ear Sound. Un test d'entraînement a été fait avant d'administrer chaque condition d'essai.

Résultats

Les résultats des épreuves de localisation indiquent clairement de moindres confusions avant / arrière. Le taux de confusions a été réduit en moyenne de 38% (figure 1).

Les effets individuels du Real Ear Sound variaient d'un sujet à l'autre, mais une amélioration était toujours visible. Alors que chez certains malentendants les progrès étaient modestes, chez d'autres l'amélioration des performances avec le Real Ear Sound était considérable (figure 2).

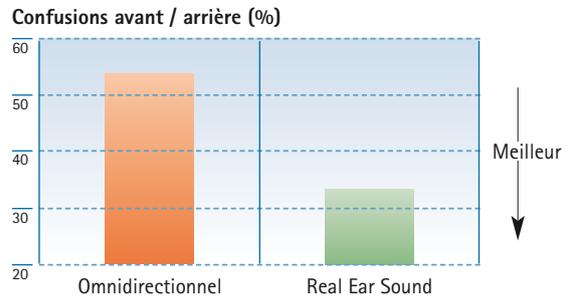


Figure 1

Le Real Ear Sound permet de réduire substantiellement les confusions avant / arrière chez les sujets malentendants (i.e. confusions de 0° avec 180°, et inversement).

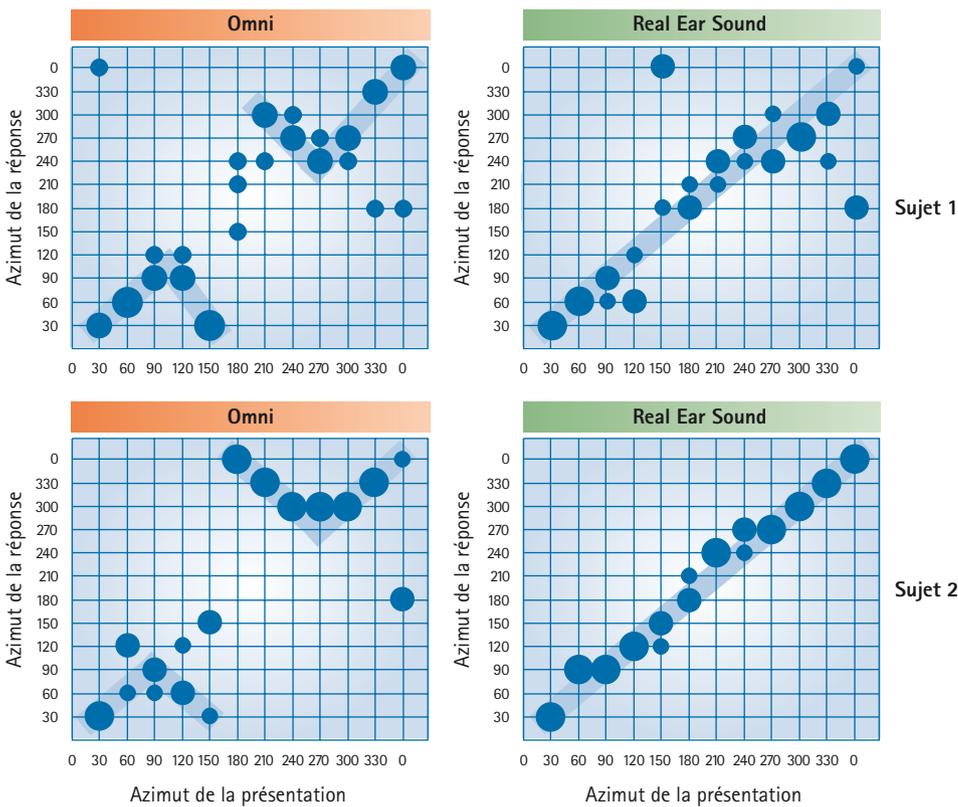


Figure 2

Résultats individuels des expériences de localisation spatiale avec des microphones omnidirectionnels (à gauche) et le Real Ear Sound (à droite). Alors que l'amélioration est modérée chez certains sujets (en haut), d'autres voient leur performances s'améliorer considérablement (en bas).

Résumé

L'étude confirme l'amélioration significative des capacités de localisation spatiale des patients qui utilisent le Real Ear Sound. Le Real Ear Sound compense les limitations résultant de la position du microphone hors du pavillon de l'oreille. Savia permet ainsi, pour la première fois au monde, de bénéficier de capacités de localisations spatiales naturelles avec un contour d'oreille.

SoundCleaning

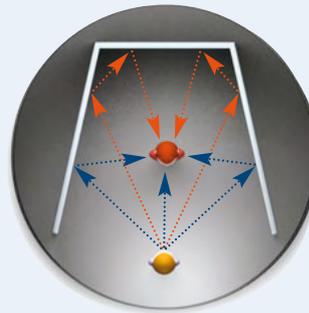


Les fonctions **SoundCleaning** représentent les dernières étapes du circuit de traitement du signal. Elles optimisent le signal en atténuant les bruits indésirables. Le réducteur de bruit à haute résolution, l'Anti-Larsen par Opposition de Phase, le réducteur de bruit du vent ainsi que l'EchoBloc assurent en douceur la meilleure qualité sonore dans chaque environnement.

EchoBloc: reconnu pour être des plus efficaces en milieux réverbérants.

La réverbération provient des réflexions des sons sur les murs, le plafond ou les fenêtres. Ces réflexions produisent des copies du signal original qui sont retardées, amorties et dont le spectre est légèrement modifié. L'auditeur perçoit la superposition du son direct issu de la source et de ses réflexions. Cela se traduit par un effet de traînage temporel du signal original.

La réverbération se caractérise par un temps de réverbération qui indique le temps nécessaire aux ondes réfléchies pour s'estomper. Les temps de réverbération (Trev) typiques vont de 0,4 secondes dans des bureaux et des petites salles de cours, à 4 secondes et plus dans des salles de concert ou des églises. La réverbération affecte l'intelligibilité vocale dans le calme et la dégrade encore plus dans les environnements bruyants. De plus, l'efficacité directionnelle des microphones est réduite dans les milieux réverbérants.



EchoBloc de Savia

Savia est le premier système auditif capable d'atténuer efficacement la réverbération, grâce à la technologie EchoBloc. EchoBloc détecte et supprime la «traîne de la réverbération» présente après la fin du signal utile. EchoBloc est une fonction exclusive qui peut être activée en option dans différents programmes auditifs. De plus, Savia offre un programme auditif spécifique, optimisé pour les milieux réverbérants. Les avantages d'EchoBloc ont été évalués dans une étude clinique*.

Procédure d'évaluation

Vingt et un sujets malentendants, âgés de 22 à 78 ans (moyenne d'âge 60 ans), ont participé au test. La perte auditive moyenne (moyenne tonale) était de 66 dB. Les sujets ont été appareillés en binaural avec deux contours d'oreille Savia 211 dSZ. Deux programmes auditifs ont été activés, à savoir le programme de base «Situations calmes» comme programme par défaut et le programme «Pièce réverbérante» doté de la fonction EchoBloc. Deux types d'investigations ont été réalisés:

1. Comparaison par paires entre les deux réglages dans différents environnements
2. Tests vocaux dans différents environnements

* Cette étude a été dirigée par le Dr Birgitta Gabriel, Hörzentrum Oldenburg, Allemagne.

Différents environnements (réverbérants et non réverbérants) ont été simulés dans une salle de recherche acoustique. Les conditions d'essai étaient ainsi parfaitement contrôlées et reproductibles. Deux environnements ont été utilisés pour les comparaisons par paires : un salon simulé sans réverbération (Trev = 0,5 s), où un journal parlé était diffusé à 65 dB SPL, et une grande pièce réverbérante (Trev= 3,9 s) dans laquelle était diffusé un brouhaha à 65 dB. Dans chacun des deux environnements, les sujets pouvaient commuter à volonté entre leurs deux programmes auditifs. Ils devaient indiquer leur préférence en termes d'intelligibilité vocale, de confort et d'impression générale. Pour chacun de ces critères, les sujets devaient finalement se décider pour un seul des deux programmes auditifs.

Le test vocal a été administré dans deux environnements simulés avec différents degrés de réverbération (salon et pièce réverbérante, comme décrit ci-dessus), sans bruit ambiant. Le matériel vocal était présenté à 55 dB SPL. Dans chacun des deux environnements, le test vocal a été fait dans chacun des deux programmes auditifs de Savia («Situations calmes» et «Pièce réverbérante»).

Résultats

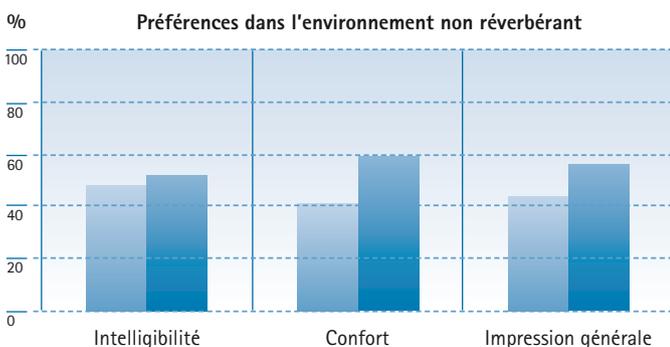


Figure 1
Comparaisons par paires: Programmes auditifs Savia préférés dans le salon simulé – les choix sont équilibrés.

■ Programme «Situations calmes» ■ Programme «Pièce réverbérante»

Résumé

Ces résultats montrent que le confort auditif et l'intelligibilité vocale n'exigent aucun compromis dans les situations réverbérantes. EchoBloc améliore significativement le confort auditif et il est indubitablement préféré en présence de réverbérations. L'intelligibilité vocale n'en est pas affectée. Les patients indiquent même qu'ils comprennent mieux.

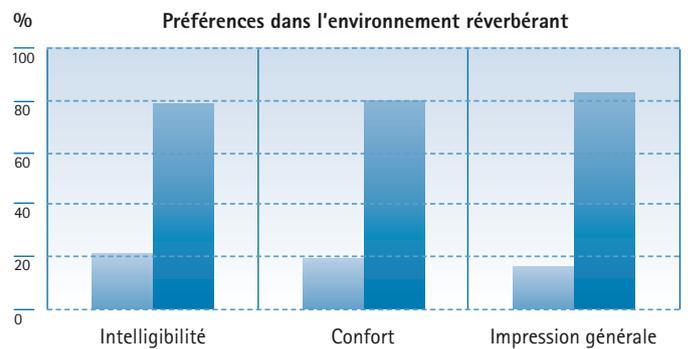


Figure 2
Comparaisons par paires: préférences significatives pour le programme auditif Savia «Pièce réverbérante» dans la pièce réverbérante simulée.

■ Programme «Situations calmes» ■ Programme «Pièce réverbérante»

Comparaisons par paires

Les figures ci-dessus indiquent les préférences des sujets dans les deux environnements. Dans le milieu non réverbérant, aucune préférence claire ne se dégageait pour l'un ou l'autre des programmes auditifs. Les sujets devaient certes se décider à chaque fois pour l'un des deux programmes, mais les choix ont en moyenne été équilibrés. Ceci indique qu'EchoBloc est «transparent» dans des milieux non réverbérants et n'altère donc pas la sonorité des systèmes auditifs.

Dans des milieux réverbérants, par contre, une préférence claire et significative s'est dégagée en faveur du programme auditif «Pièce réverbérante», choisi par quatre-vingt pourcent des sujets dans cette situation. Ceci se vérifie dans chacune des trois catégories (intelligibilité, confort et impression générale).

Tests vocaux

Dans chacun des deux environnements, les résultats des tests vocaux n'ont pas donné de différence significative entre les deux programmes auditifs. Cela confirme les résultats des comparaisons par paires dans les conditions non réverbérantes, où aucune préférence claire n'a pu être observée. Dans les conditions réverbérantes, les sujets avaient l'impression que l'intelligibilité vocale était meilleure avec EchoBloc (figure 2), ce que le test vocal n'a cependant pas confirmé.



iPFG successware est conçu pour rendre les appareillages simples et les suivis prothétiques efficaces. Son nouveau mode de navigation vous donne un accès immédiat aux outils qui conviennent pour l'étape en cours. Les calculs initiaux de Savia conduisent à une excellente acceptation spontanée. Toute une série d'outils logiciels haut de gamme vous permettent de résoudre efficacement chaque problème rémanent lors du suivi prothétique. De plus, Phonak a été le premier à introduire DataLogging avec la Correction de sonie qui fournit des informations objectives sur les besoins et les goûts auditifs personnels de votre patient, et complète harmonieusement ses propres commentaires. La Correction de sonie est le seul outil d'appareillage qui permette, d'un seul clic, d'intégrer dans l'adaptation prothétique ces données spécifiques à chaque environnement.

Analyse du processus d'adaptation fine dans la pratique des appareillages Savia.

La qualité de l'adaptation prothétique dépend du choix de l'appareil et de ses fonctions, des conseils du professionnel et de l'acceptation spontanée de la correction auditive et de la qualité sonore. L'avènement de la technologie numérique a placé la barre encore plus haut et a imposé de faire des calculs initiaux encore plus précis sur la base des données audiométriques. Cette étude a été réalisée pour évaluer la précision de la nouvelle formule de présélection Phonak Digital adaptative, telle qu'elle a été mise en œuvre dans Savia. Une attention toute particulière a été portée à la courbe de réponse en 20 bandes, à la sélection automatique des programmes, aux configurations microphoniques et à l'utilisation du réducteur de bruit du vent.

383 appareillages Savia ont été analysés. Ils provenaient de deux séries de données: la première comptait 180 appareillages réalisés dans le cadre de la validation en vue de

l'introduction de Savia sur le marché, et la seconde 203 appareillages Savia réalisés après l'introduction sur le marché. Tous les utilisateurs ont été vus au moins deux fois après l'adaptation initiale. L'analyse s'est polarisée sur la comparaison des calculs initiaux avec les réglages issus de l'adaptation fine de la courbe de réponse et du gain.

Résultats:

- La formule Phonak Digital adaptative a été utilisée dans 98% des appareillages.
- Un test anti-larsen a été réalisé dans 63% des cas, bien qu'une étude antérieure ait montré que le larsen ne se manifestait que dans 15% des appareillages, avant d'avoir effectué le test. Il semble que le test anti-larsen soit devenu un acte de routine dans les appareillages modernes.
- Dans plus de 32% des cas, AutoPilot était utilisé sans autre programme manuel. 1 à 3 programmes manuels supplémentaires étaient souhaités dans 64% des cas. Ceci confirme l'importance de pouvoir offrir une aide auditive très flexible qui dispose d'un excellent automatisme, mais aussi d'un choix de programmes manuels supplémentaires, accessibles de différentes façons.
- Le comportement de l'automatisme n'a été ajusté que dans 17% des cas. A chaque fois, le temps de réaction a dû être allongé (transitions plus douces). Des analyses plus poussées des données n'ont révélé aucune corrélation entre l'âge de l'utilisateur et l'action demandée.
- Le contrôle manuel du gain a été activé dans tous les appareillages où il était disponible!
- Les réglages par défaut du Real Ear Sound et du digital SurroundZoom n'ont pas été modifiés, ce qui atteste de l'efficacité des nouveaux modes microphoniques.

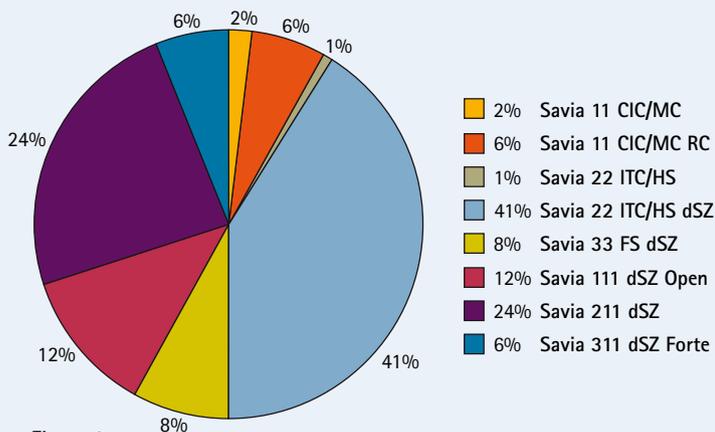


Figure 1 Répartition des modèles analysés dans la 2^{ème} série de données de cette étude.

Le plus remarquable, c'est l'analyse des réglages de la courbe de réponse et du gain. Bien que quelques ajustements individuels aient été nécessaires, les calculs initiaux ne demandent, globalement, pratiquement pas d'adaptation fine.

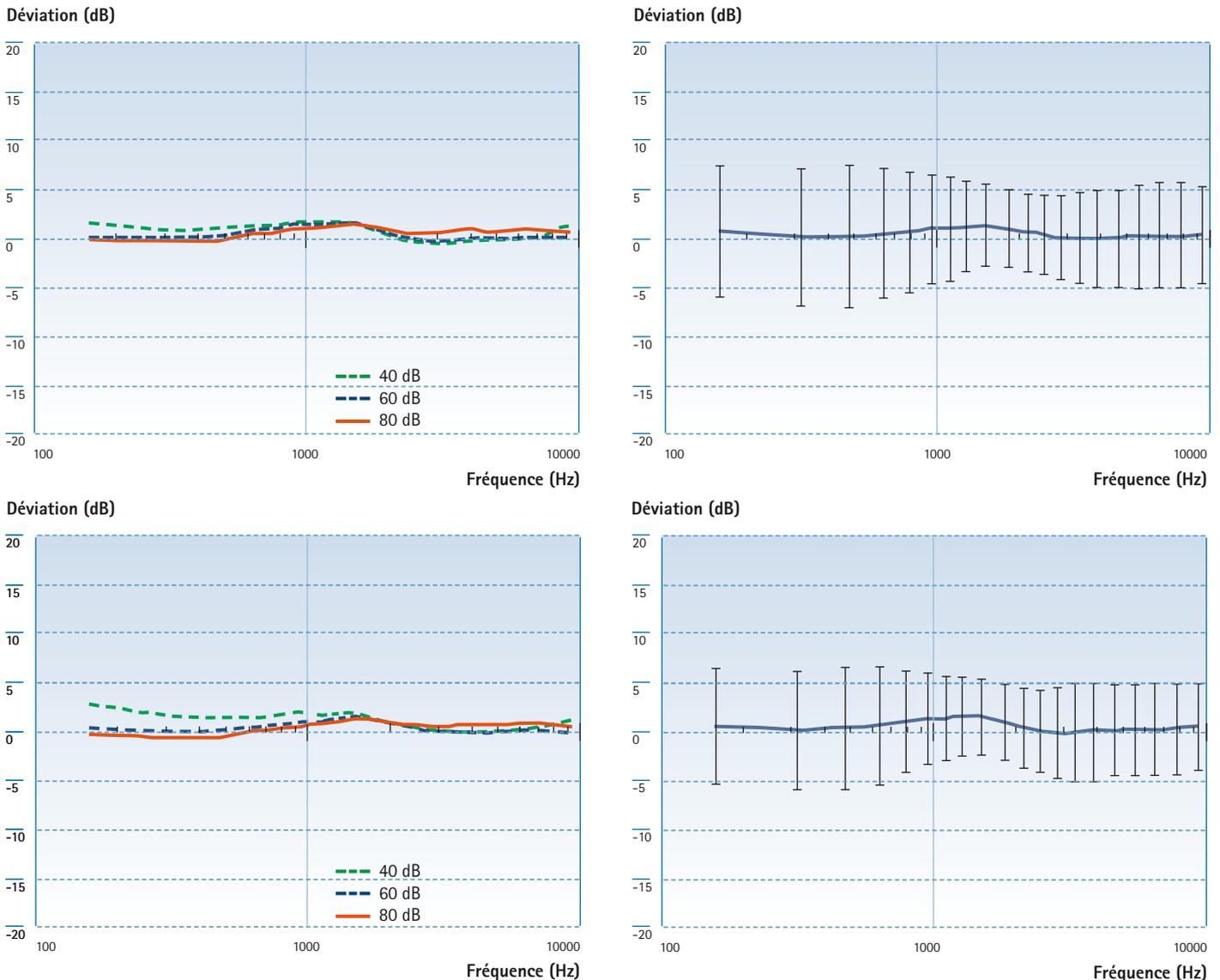
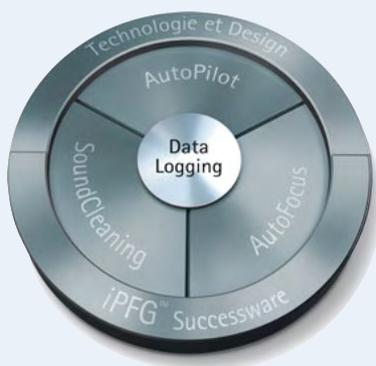


Figure 2 Résultats généraux de l'adaptation fine de 203 appareillages Savia. Les données du haut indiquent les modifications apportées au programme calme et celles du bas concernent l'adaptation fine du programme pour le bruit.

Résumé

Les résultats ont montré qu'il n'a été que très peu nécessaire d'ajuster les réglages initiaux de tous les modèles Savia lors du suivi prothétique. Cela conduit à une meilleure acceptation spontanée par l'utilisateur et permet de réduire le temps à consacrer à l'adaptation fine. Les calculs initiaux basés sur la formule de présélection Phonak Digital adaptative atteignent donc bien leur objectif d'assurer l'acceptation spontanée. De plus, l'analyse des données a montré que l'automatisme AutoPilot ne demande aucun ajustement dans 80% des appareillages. On n'a pas mis en évidence de corrélation entre l'âge des sujets et les constantes de temps souhaitées pour l'automatisme.

DataLogging

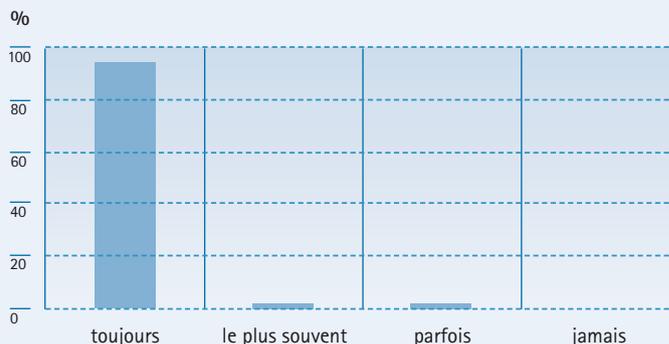


Enquête sur l'efficacité de DataLogging

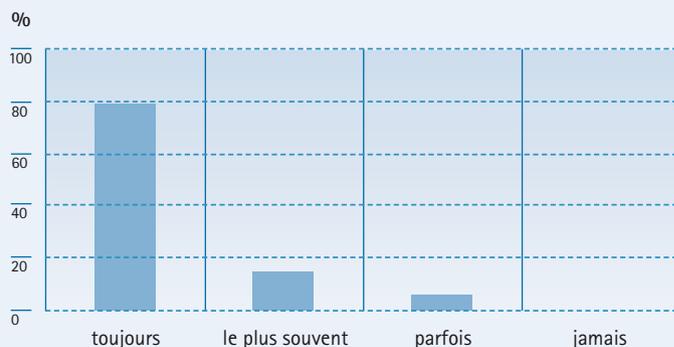
Les utilisateurs ont souvent du mal à donner des indications précises sur leurs situations auditives quotidiennes et leurs préférences respectives de sonie. DataLogging a été conçu pour surmonter ce handicap en procurant à l'audioprothésiste des données objectives supplémentaires relatives à la durée d'utilisation des appareils, aux programmes sélectionnés et aux ajustements de gain nécessaires. De plus, la Correction de sonie analyse ces données et permet à l'audioprothésiste de mettre en œuvre, d'un seul clic, les préférences de sonie individuelles propres à chaque programme.

Un questionnaire a été rempli par 34 audioprothésistes. A la date de l'enquête, ils avaient réalisés 969 appareillages Savia (soit une moyenne de 28,5 appareillages par audioprothésiste). Le temps moyen écoulé entre l'adaptation initiale et la visite de suivi prothétique de ces appareillages était de 1,6 semaines. Les résultats de cette enquête sont présentés ici:

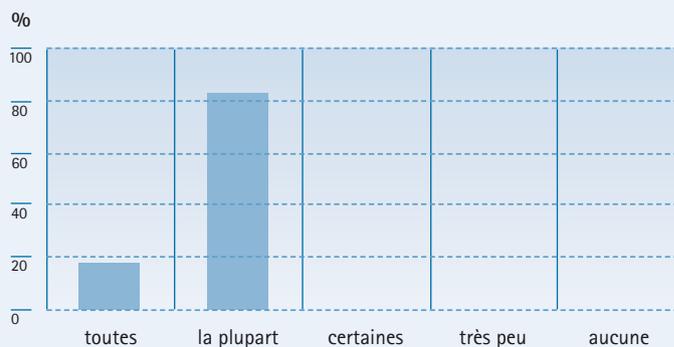
Avez-vous laissé DataLogging activé?



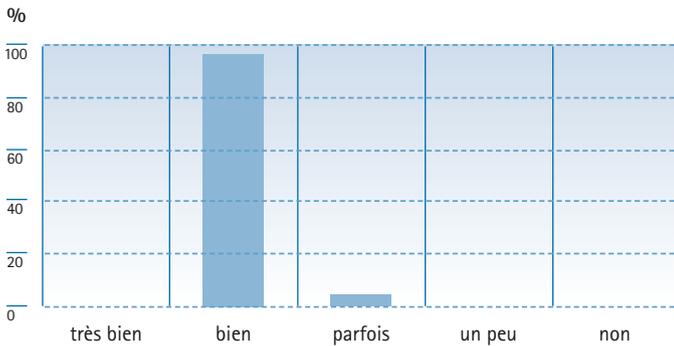
Utilisez-vous DataLogging lors du suivi prothétique?



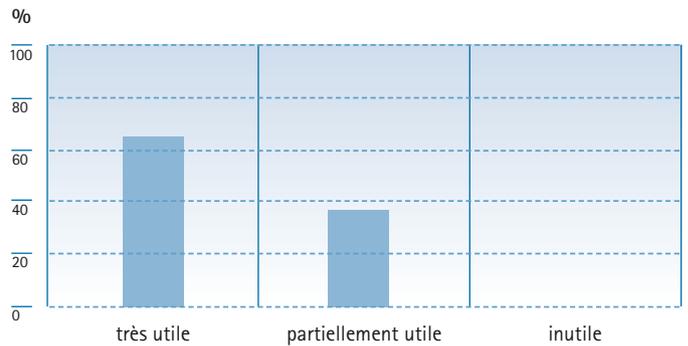
Les données affichées sont-elles faciles à comprendre?



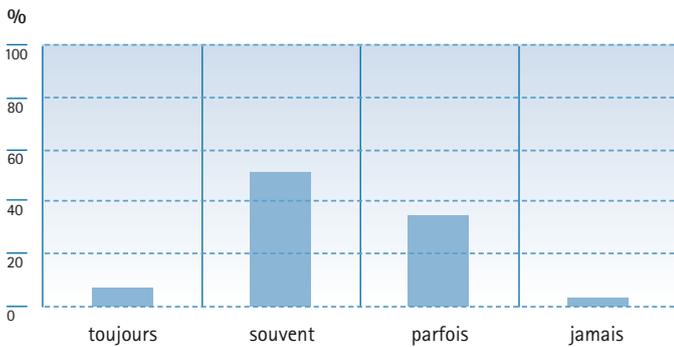
Les données correspondent-elles aux remarques du patient?



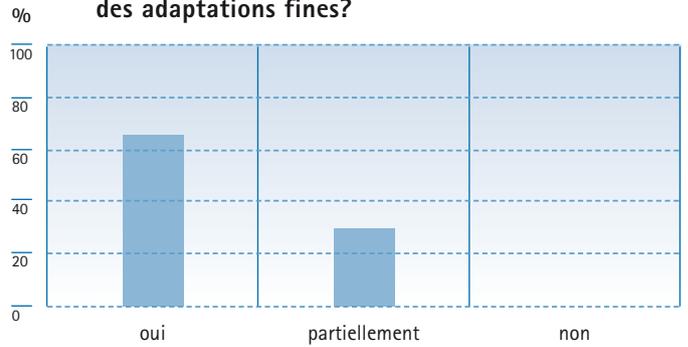
DataLogging avec la Correction de sonie est-il utile?



Acceptez-vous les réglages proposés?



DataLogging contribue-t-il à l'efficacité des adaptations fines?



Résumé

Ces données, recueillies chez 34 audioprothésistes qui ont effectué près de 1 000 appareillages Savia, montrent clairement ce qu'apportent les données objectives fournies par le DataLogging dans le processus d'adaptation prothétique. Il est clairement établi que la combinaison du DataLogging et de la Correction de sonie se traduit par des adaptations fines plus rapides et plus efficaces. DataLogging collecte des informations sur différents environnements. La Correction de sonie permet d'intégrer ces données dans les programmes de base automatiques très flexibles d'AutoPilot. C'est la façon la plus rapide et la plus efficace de réaliser des adaptations fines basées sur les besoins réels des utilisateurs.

Cette vue d'ensemble des études disponibles, ainsi que les études encore en cours, prouvent scientifiquement l'efficacité des fonctions révolutionnaires de Savia. Les résultats positifs sont confirmés par le formidable écho provenant aussi bien des malentendants appareillés que des audioprothésistes.

**Savia – le bon choix pour vous
et vos patients**

Bibliographie

- Blauert J (1997). Spatial hearing. The psychophysics of human sound localization. Revised edn. MIT Press, Cambridge, MA.
- Bregman AS (1990). Auditory Scene Analysis (MIT Press, Cambridge).
- Dillon H, James A, Ginis J (1997). Client Oriented Scale of Improvement (COSI) and its relationship to several other measures of benefit and satisfaction provided by hearing aids. J Am Acad Audiol 8(1): 27-43.
- Checkley P and Kühnel V (2000). Advantages of an adaptive multimicrophone system. The Hearing Review 7 (5): 58-60 & 74.
- Gabriel B (2003). Research Report 20030029, Hörzentrum Oldenburg, Germany.
- Johnson CE (2000). Children's phoneme identification in reverberation and noise. Journal of Speech Language and Hearing Research 43(1): 144-57.
- Killion M (2004). Myths about hearing in noise and directional microphones. Hearing Review 11(2): 14-19,72-73.
- Kochkin S (1993). MarkeTrak III identifies key factors in determining customer satisfaction. Hearing Journal 46(8): 39-44.
- Noble W and Byrne D (1990). A comparison of different hearing aid systems for sound localization in the horizontal and vertical planes. British Journal of Audiology 24: 335-342.
- Orton JF and Preves DA (1979). Localization ability as a function of hearing aid microphone placement. Hearing Instruments 30: 18-21.
- Plomp R (1976). Binaural and monaural speech intelligibility of connected discourse in reverberation as a function of azimuth of a single competing sound source (speech or noise). Acoustica 34: 200-211.
- Ricketts T and Henry P (2002). Evaluation of an adaptive, directional-microphone hearing aid. Int. Journal of Audiology 41: 100-112.
- Ricketts TA, Hornsby BW (2003). Distance and reverberation effects on directional benefit. Ear and Hearing 24(6): 472-84.
- v. Wallenberg EL, Kollmeier B (1989). Audiologische Akustik 38: 50-65.
- Payne E, Lutman ME (2002). Speech recognition performance and speech quality ratings in asymmetric listening conditions with adaptive directional microphone hearing instruments, International Hearing and Research Conference, Lake Tahoe, California, USA, 2002.