

Claro – AudioZoom numérique adaptatif

(Adaptive Digital AudioZoom dAZ)

Séparation active,
adaptative de la parole
et du bruit

Introduction

L'un des plus grands défis auxquels sont confrontés les malentendants atteints de pertes auditives de perception est de pouvoir comprendre la parole en présence de bruits perturbants. De plus, la capacité de compréhension de la parole dans le bruit est d'autant plus faible que la perte auditive est importante (Killion, 1997), *figure 1*. En milieu bruyant, l'amplification du signal ne résout généralement pas le problème. C'est l'amélioration du rapport du signal au bruit (S/B) qui peut améliorer l'intelligibilité dans le bruit (Agnew, 1997; Wolf et al., 1999). Pour les fabricants d'aides auditives, le défi est donc de mettre en œuvre des technologies qui puissent augmenter le niveau du signal utile tout en atténuant celui du bruit perturbant. De nombreuses approches ont été appliquées dans le passé (atténuation des graves, modification automatique des courbes de réponse et traitement numérique du signal, par exemple). La meilleure méthode à ce jour pour améliorer le S/B consiste à utiliser des microphones directionnels et la technique des multi-microphones (Valente, 1998).

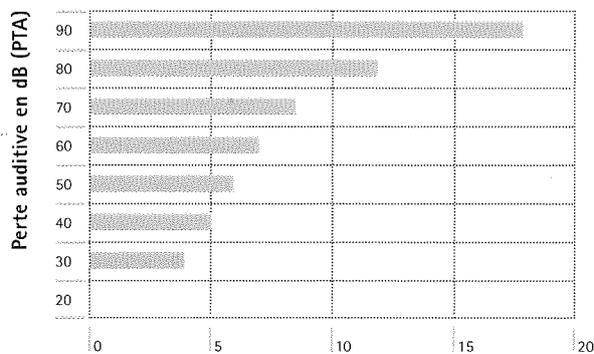
PHONAK

hearing systems

Evolution de l'effet directionnel dans les aides auditives

Microphones directionnels

Les aides auditives à microphones directionnels sont disponibles sur le marché depuis le début des années 70. Bien que les premiers produits n'aient pas réussi à s'imposer, de nombreuses études ont montré qu'ils étaient très efficaces (Nielsen et Ludvigsen, 1978; Madison et Hawkins, 1983; Mueller et al., 1983; Hawkins et Yacullo, 1984). Les courbes polaires des microphones directionnels classiques se rapprochent d'une cardioïde (atténuation maximale pour les sons à 180° d'azimut) et, bien conçus, ils offrent généralement une amélioration de 3 à 4 dB du S/B (Nielsen et Ludvigsen, 1978; Hawkins et Yacullo, 1984). Malgré les avantages de S/B associés à ces premiers microphones directionnels, quelques inconvénients pratiques se sont révélés en ce qui concerne leur utilisation dans la vie quotidienne: le plus important étant qu'ils n'offraient pas le choix d'un mode omni-directionnel s'il était requis.



Rapport du signal au bruit en dB (réf.: audition normale)

Figure 1

S/B requis pour 50% de reconnaissance de mots en fonction de la perte auditive, par rapport à l'audition normale. (Killion, 1997).

A peu près à la même époque, les appareils intra-auriculaires ont fait leur apparition et sont devenus très vite populaires. Bien qu'ils ne soient pas plus performants que les microphones directionnels en termes d'amélioration du S/B, la préférence des utilisateurs pour de plus petits modèles a fait que cette technologie fut très appréciée. De plus, de nombreux fabricants offraient la technologie directionnelle comme option sur leurs appareils, ce qui laissait supposer qu'elle était réservée à des applications particulières plutôt qu'aux situations courantes de la vie quotidienne. A cette époque, les considérations techniques et esthétiques dans la production des intra-auriculaires interdisaient l'emploi des microphones directionnels et il fallait faire un choix entre ce type d'appareils et les technologies directionnelles.

Technique du multi-microphone

Un progrès important a été accompli dans la technologie des microphones directionnels avec l'avènement des multi-microphones. Phonak a été un pionnier dans ce domaine technologique avec l'introduction de l'AudioZoom dans des contours d'oreille en 1993, puis dans l'intra-auriculaire MicroZoom en 1997. Cette technologie utilise deux microphones omnidirectionnels distincts, parfaitement appariés, conçus pour permettre à l'utilisateur de commuter électroniquement entre les modes directionnels et omnidirectionnels. En outre, l'emploi de cette technologie a permis de mieux réduire le bruit (7 à 8 dB d'amélioration du S/B dans les cas de pertes auditives moyennes à sévères). Des études récentes réalisées avec des appareils à AudioZoom surpuissants ont même indiqué une amélioration de 13,7 dB du S/B dans les cas de pertes auditives sévères à profondes (Kuehnel et al., 1999). L'efficacité de la technique de l'AudioZoom a été confirmée par un grand nombre d'études. Elles ont mis en évidence des améliorations significatives du S/B et des niveaux de satisfaction élevés des consommateurs (Valente et al., 1995; Kochkin, 1996; Agnew et Block, 1997; Voos, 1997; Gravel et al., 1999; Kuehnel et al., 1999; Pumford et al., 1999; Schuchman et al., 1999; Valente et al., 1999).

Bien que la technique des multi-microphones ait pu surmonter beaucoup des inconvénients des microphones directionnels classiques, ces réseaux microphoniques ont toujours une direction fixe de suppression maximale du bruit. Dans la vie réelle cependant, les bruits perturbants ne proviennent pas toujours de la même direction.

Le défi du numérique

L'avènement des technologies numériques dans les aides auditives permet d'améliorer encore la technique des multi-microphones. Malgré les grands espoirs placés dans les traitements numériques du signal, différentes études ont montré que le numérique seul ne suffit pas à améliorer l'intelligibilité vocale dans le bruit (May et al., 1998a; May et al., 1998b; Bille et al., 1999). L'intégration de microphones directionnels ou de multi-microphones dans des appareils numériques n'a pas apporté d'amélioration significative par rapport aux appareils analogiques à multi-microphones (Ricketts et Dhar, 1999). Ayant reconnu les limites des courbes polaires fixes, certains appareils numériques offrent la possibilité de commuter manuellement entre différentes courbes polaires fixes. Cela exige toutefois de l'utilisateur qu'il décide non seulement du programme approprié mais qu'il reconnaisse aussi la direction du bruit et sélectionne manuellement la réponse microphonique correspondante. Ceci n'est pas une tâche aisée et l'utilisateur doit connaître les environnements acoustiques et avoir une bonne dextérité manuelle. La technique des multi-microphones suscite toujours, depuis des années, le même intérêt pour les chercheurs, intérêt essentiellement dû à ses avantages reconnus pour les utilisateurs. Malgré l'intérêt croissant pour le traitement numérique du signal, aucune amélioration n'a pu être obtenue dans les aides auditives directionnelles. La question subsiste donc:

Comment la puissance du numérique pourrait-elle faire progresser la technique de l'AudioZoom?

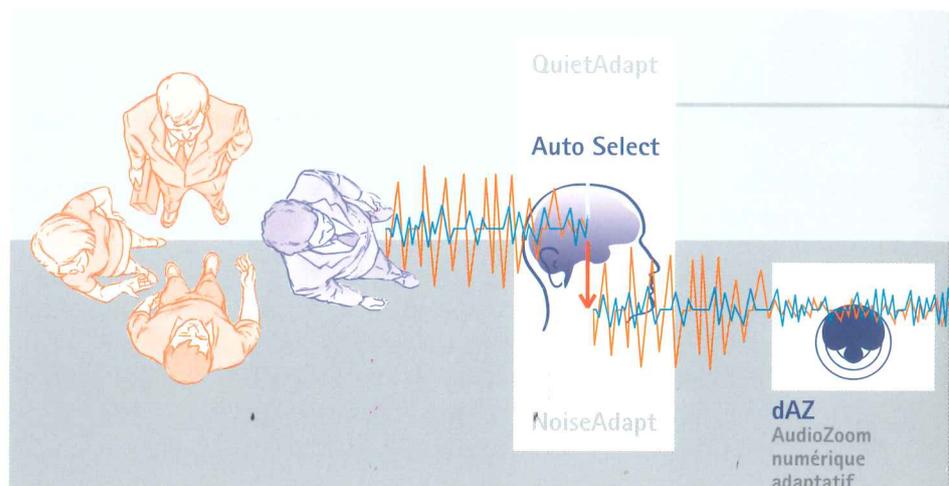


Figure 2

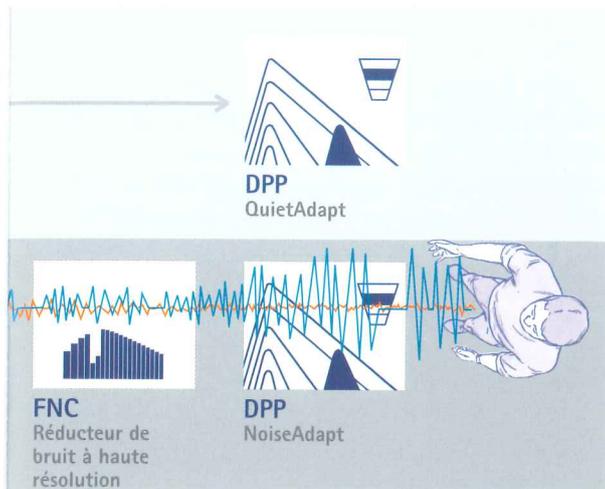
Le dAZ se situe à l'entrée du système complet de contrôle du bruit de Claro. Les programmes dédiés aux environnements calmes et bruyants sont automatiquement sélectionnés par AutoSelect. dAZ travaille avec le réducteur de bruit à haute résolution et l'algorithme DPP NoiseAdapt pour contrôler efficacement le bruit.

La solution Claro

AudioZoom numérique adaptatif (dAZ – Adaptive digital AudioZoom)

La technologie numérique de Claro utilise la puissance du traitement de signal le plus sophistiqué pour ouvrir une ère nouvelle à la technique des multi-microphones. dAZ est placé à la tête d'un système complet de contrôle du bruit, conçu pour rétablir la discrimination vocale dans les situations bruyantes (figure 2).

Claro utilise des algorithmes sophistiqués de traitement du signal pour repérer et détruire le bruit gênant pour l'utilisateur malentendant. Avec Claro, nous appliquons aux aides auditives la technique des multi-microphones numériques adaptatifs et profitons de ce fait pleinement de la puissance du traitement numérique du signal. Ce système unique comporte tous les bénéfices reconnus de l'AudioZoom mais avec de très importants avantages supplémentaires. Pour surmonter les problèmes de la commutation manuelle et des courbes polaires fixes, dAZ va s'adapter automatiquement à l'environnement et atténuer le bruit issu de l'arrière dans la direction où cela s'impose, quelle qu'elle soit. Le système suit la source de bruit quand elle se déplace et la performance directionnelle est optimisée en permanence. Dans Claro, le contrôle du bruit est un processus adaptatif qui réagit aux modifications sonores ambiantes.



Cela présente des avantages évidents pour l'utilisateur d'aides auditives. Dans les situations quotidiennes, quand il bouge la tête ou que la source de bruit se déplace, la caractéristique de l'AudioZoom numérique adaptatif apporte automatiquement la compensation nécessaire pour garantir à tout moment la réduction maximale du bruit.

Amélioration de la technologie microphonique
Afin de maintenir les performances directionnelles optimales, il est important que les microphones d'un réseau multi-microphonique soient soigneusement appairés. Les microphones des aides auditives sont des composants vulnérables, non seulement sensibles au bruit du vent, mais aussi susceptibles d'être endommagés par l'humidité ou les impuretés. Pour résoudre ces problèmes de bruit du vent et de

défectuosité, un écran de protection des microphones, résistant à l'humidité et aux impuretés mais totalement transparent aux sons, a été développé et breveté pour les contours d'oreille Claro (figure 3). Grâce à son intégration soignée dans le boîtier de l'appareil, l'écran de protection des microphones sert également à réduire le bruit du vent de façon substantielle.

Comment fonctionne le dAZ?

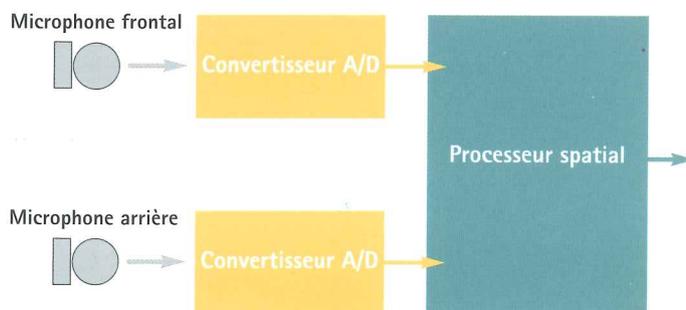
Le diagramme de la figure 4 représente le principe de fonctionnement du système dAZ. Le principe de base des doubles microphonés est de combiner le signal de sortie en temps réel d'un microphone avec le signal de sortie retardé de l'autre microphone pour créer une caractéristique directionnelle.

Dans le système dAZ de Claro, les sorties analogiques des microphones sont appliquées à des convertisseurs analogiques/numériques séparés, afin de pouvoir réaliser numériquement les retards nécessaires. Le processeur spatial ajuste la courbe polaire pour garantir une puissance de sortie globale minimale. Ceci est réalisé sous réserve que le signal utile soit frontal et conduit à une atténuation optimale des sons latéraux ou arrière, selon les situations. Cette minimisation permanente de la sortie caractérise la nature adaptative du réseau. En fait, Claro recherche le point où le bruit doit être le plus atténué et place l'aire de moindre sensibilité des microphones dans cette direction, pour obtenir la réduction optimale du bruit.



Figure 3
Ecran de protection spécial des microphones, développé pour la gamme de contours d'oreille Claro. Il protège les microphones contre l'humidité et les impuretés, et limite le bruit gênant du vent. Les deux microphones des intra-auriculaires Claro sont placés de façon idéale et protégés discrètement.

Figure 4
Principe de base de l'AudioZoom numérique adaptatif. Les sorties des deux microphones sont appliquées à des convertisseurs analogiques / numériques séparés. L'algorithme adaptatif est appliqué dans le processeur spatial.



Le diagramme de la *figure 5* montre quatre courbes polaires possibles du dAZ mais, en raison de la nature adaptative du réseau, toutes les configurations intermédiaires, entre le mode bi-directionnel et le mode cardioïde, peuvent être obtenues pour atténuer au mieux le bruit. Cela signifie que la source de bruit est visée automatiquement, quelle que soit sa direction et sans les restrictions imposées par les courbes polaires fixes.

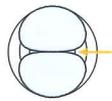
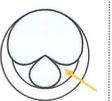
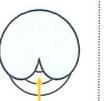
	Bi-directionnel	Hyper-cardioïde	Super-cardioïde	Cardioïde
				
Rapport avant/arrière	0 dB	6.0 dB	11.4 dB	infini
Indice de directivité	4.8 dB	6.0 dB	5.7 dB	4.8 dB
Angle de suppression maximale, θ_{max}	90°	110°	125°	180°

Figure 5

Quatre exemples parmi les multiples configurations polaires possibles du dAZ. L'indice de directivité est défini par le rapport de la puissance de sortie du signal frontal utile à la moyenne des puissances de sortie des bruits issus de toutes les directions.

Table 1

Le développement de la technologie directionnelle.

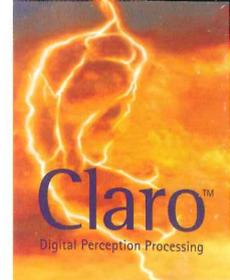
	Microphone directionnel classique	Technique du double microphone (analogique ou numérique)	AudioZoom numérique adaptatif de Claro
Courbe de réponse	Atténuation des graves.	Possibilité de compenser l'atténuation des graves. Utile pour les malentendants atteints de pertes auditives sévères à profondes.	Le Digital Perception Processing (DPP) optimise de façon adaptative la perception sonore.
Courbe polaire	Zone d'atténuation fixe.	Courbe polaire fixe ou choix manuel entre plusieurs courbes. Intervention nécessaire de l'utilisateur.	Atténuation adaptative en direction de la source de bruit dominante. Pas besoin d'intervention de l'utilisateur.
Microphone	Problème de bruit du vent et sensibilité possible à l'humidité et aux impuretés.	Problèmes de bruit du vent et sensibilité possible à l'humidité et aux impuretés.	Ecran protecteur de microphone breveté pour protéger contre l'humidité et les impuretés. Réduction de la gêne due au bruit du vent.

Résumé

La *table 1* donne une vue d'ensemble de l'évolution technologique des microphones et des défis qu'il fallait relever pour améliorer encore l'AudioZoom en développant le dAZ. Le système dAZ utilise des algorithmes adaptatifs pour optimiser la courbe de directivité et réduire le niveau du bruit, quel que soit son angle d'incidence à l'arrière du sujet. Le réseau microphonique contrôlé numériquement s'adapte en permanence aux modifications du milieu acoustique pour préserver l'effet directionnel et optimiser le S/B. Une autre caractéristique unique de l'AudioZoom numérique adaptatif est son activation automatique: l'AutoSelect de Claro analyse en permanence les environnements acoustiques et sélectionne les programmes en conséquence. Le programme NoiseAdapt est choisi dans des environnements particuliers et active les solutions spécifiques Claro d'audition dans le bruit, y compris le dAZ.

L'AudioZoom numérique adaptatif dAZ est la nouvelle génération de contrôle efficace du bruit avec un nouveau système de multi-microphones:

- activé automatiquement
- adapté automatiquement pour toujours assurer la suppression optimale des bruits dans des environnements dynamiques



Bibliographie

- Agnew J. How multi-microphone arrays can improve directionality. *The Hearing Journal* 1997; 50:8; 34-35, 38, 40, 42, 44, 46.
- Agnew J. and Block M. HINT Thresholds for a Dual-Microphone BTE. *The Hearing Review* 1997; 9; 26, 29-30.
- Bille M., Jensen A.-M., Kjoerbol E., Vesterager V., Sibelle P. and Nielsen H. Clinical study of a digital vs an analogue hearing aid. *Scandinavian Audiology* 1999; 28:2; 127-135.
- Gravel J. S., Fausel N., Liskow C. and Chobot J. Children's speech recognition in noise using omnidirectional and dual-microphone hearing aid technology. *Ear & Hearing* 1999; 20:1; 1-11.
- Hawkins D. B. and Yacullo W. S. Signal-to-noise ratio advantage of binaural hearing aids and directional microphones under different levels of reverberation. *J. Speech Hearing Disorders* 1984; 49:3; 278-86.
- Killion M. The SIN report: Circuits haven't solved the hearing-in-noise problem. *The Hearing Journal* 1997; 50:10, 28-32.
- Killion M., Schulein R., Christensen L., Fabry D., Revit L., Niquette P. and Chung K. Real-world performance on an ITE directional microphone. *The Hearing Journal* 1998; 51:4.
- Kochkin S. Customer satisfaction and subjective benefit with high performance hearing aids. *The Hearing Review* 1996; 3:12; 16-26.
- Kühnel V., Margolf-Hackl S. and Kiessling J. Multi-microphone technology for severe-to-profound hearing loss. *Scandinavian Audiology Supplement* 1999; in press.
- Madison T. K. and Hawkins D. B. The signal-to-noise ratio advantage of directional microphones. *Hearing Instruments* 1983; 34:2; 18, 49.
- May A., Larsen C. B. and Warland A. Is digital enough for improved hearing in noise? *Phonak Focus* 1998a; 24.
- May A., Larsen C. and Warland A. Multi-Microphone Instruments, DSP and Hearing-in-Noise. *The Hearing Review* 1998b; 5:7; 42-45.
- Mueller G. H., Grimes A. M. and Erdman S. A. Subjective ratings of directional amplification. *Hearing Instruments* 1983; 34:2; 14-16, 47.
- Nielsen H. B. and Ludvigsen C. Effect of hearing aids with directional microphones in different acoustic environments. *Scandinavian Audiology* 1978; 7:4; 217-224.
- Pumford J. M., Seewald R. C., Scollie S. and Jenstad L. Speech recognition in a diffuse noise using in-the-ear and behind-the-ear dual-microphone hearing instruments. *J American Academy of Audiology* 2000; in press.
- Ricketts T. and Dhar S. Comparison of Performance across Three Directional Hearing Aids. *J American Academy Audiology* 1999; 10:4; 180-189.
- Schuchman G., Valente M., Beck L. and Potts L. User Satisfaction with an ITE Directional Hearing Instrument. *The Hearing Review* 1999; 6:7; 12, 16, 21-22.
- Valente M. The bright promise of microphone technology. *The Hearing Journal* 1998; 51:7; 10-19.
- Valente M., Fabry D. A. and Potts L. G. Recognition of speech in noise with hearing aids using dual microphones. *J American Academy of Audiology* 1995; 6:4; 440-449.
- Valente M., Sweetow R. and May A. Using Microphone Technology to Improve Speech Recognition. *High Performance Hearing Solutions* 1999; 3:1; 10-13.
- Voss T. Clinical evaluation of multi-microphone hearing instruments. *The Hearing Review* 1997; 4:9; 36, 45, 74.
- Wolf R. P., Hohn W., Martin R. and Powers T. A. Directional Microphone Hearing Instruments: How and why they work. *High Performance Hearing Solutions* 1999; 3:1; 14-25.