

# Technologie LarsenBloc

## Le nouvel anti-larsen de référence

Depuis des décennies, les utilisateurs d'aides auditives se plaignent surtout des phénomènes de larsen ou de siffllements [Kochkin, MarkTrak I-IV]. Le mécanisme physique provoquant le larsen est assez simple: le son amplifié venant de l'écouteur fuit par un événent, puis est prélevé par l'aide auditive qui l'amplifie à nouveau. Ceci cause une instabilité acoustique qui se traduit finalement par les problèmes bien connus et très gênants de siffllements ou de grincements dans les aides auditives. Par le passé, les principales approches pour maîtriser le larsen étaient soit de limiter le gain appliqué, soit de réduire les fuites acoustiques avec de petits événents. L'introduction de la technologie numérique a nettement amélioré la stabilité acoustique des aides auditives modernes. Les systèmes anti-larsen actuels permettent aux audioprothésistes d'exploiter au mieux

la gamme dynamique résiduelle de chaque malentendant tout en utilisant des systèmes de couplage acoustique dotés de plus grands événents. Grâce aux systèmes de contrôle anti-larsen modernes, il a été en particulier possible d'introduire des appareils à embouts ouverts qui offrent un bien plus grand confort d'utilisation. Malgré les progrès significatifs réalisés en termes de stabilité acoustique des aides auditives, les performances des systèmes anti-larsen actuels sont toujours avant tout un compromis entre les performances anti-larsen, la qualité sonore et le gain effectivement appliqué. Un autre problème des systèmes anti-larsen haut de gamme est qu'ils peuvent être à l'origine de distorsions des signaux naturels tels que la parole ou la musique, la sonnerie du téléphone ou de la porte d'entrée.

### Mécanisme physique – les défis des systèmes anti-larsen

Comme indiqué ci-dessus, le mécanisme à l'origine du larsen est assez simple. La situation se complique cependant dès que l'on aborde les paramètres qui influencent l'apparition du larsen. La fonction de transfert du larsen, qui est déterminée par le réseau de réaction acoustique entre l'écouteur et le microphone, est instable et change notablement au cours de la journée. Ceci parce que l'utilisateur peut placer un objet près de ses aides auditives (par. ex. le téléphone), marcher ou s'asseoir près d'un mur ou de tout autre objet, porter un chapeau, parler et bailler. [J. Hellgren (1999, 2000)] a fait des analyses systématiques des différents paramètres qui influencent l'apparition du larsen. Les principales conclusions de ses études ont été:

- Il y a de grandes différences en terme de caractéristiques spectrales, temporelles et d'amplitudes entre les différents mécanismes de génération de larsen.
- D'assez grandes différences ont été observées entre différents sujets en raison des différences anatomiques du conduit auditif et du pavillon.

- Le larsen n'est pas un phénomène qui se produit à une seule fréquence. Ses caractéristiques spectrales sont complexes et évolutives, mais il est typiquement plus fréquent dans la bande spectrale de 1,5 à 3 kHz.

Globalement, le larsen est un phénomène complexe, extrêmement dynamique, qui nécessite une estimation adaptative de la voie de réaction et la mise en œuvre de techniques anti-larsen sophistiquées. Outre les changements dynamiques dans le circuit de transfert acoustique, il faut aussi prendre en considération les autres algorithmes fonctionnant dans les aides auditives, tels que les circuits de compression dynamique ou les systèmes anti-bruit adaptatifs. Ils changent également la fonction de transfert du système et doivent donc aussi être pris en compte par le système anti-larsen. Le contrôle du larsen exige de ce fait une approche holistique: pour atteindre les meilleures performances, l'anti-larsen doit être très soigneusement ajusté et intégré à l'ensemble des contrôles adaptatifs et des systèmes de traitement du signal des aides auditives modernes.

### Conséquences du larsen sur la qualité sonore

L'impact du larsen acoustique sur la qualité sonore du signal est un point important à prendre en considération. On admet généralement que le larsen est un «siflement» comparable à un son pur. Ceci n'est cependant pas le cas que lorsque le signal de larsen est bien au-delà du seuil critique de larsen. Quand le système est encore sous le seuil de

larsen mais qu'il s'en approche, la caractéristique fréquentielle de l'aide auditive commence à évoluer avec un impact marqué sur la qualité sonore: les appareils peuvent avoir une sonorité dure, modulée ou criarde; c'est le signe que des artefacts et des distorsions commencent à se produire.

### Gestion anti-larsen

Différentes approches de gestion anti-larsen ont été introduites dans les technologies des aides auditives [Dillon 2001]. L'approche la plus

efficace à ce jour est le système anti-larsen adaptatif par opposition de phase.

## Anti-larsen par opposition de phase

Aujourd'hui, les microprocesseurs d'avant-garde permettent de mettre en œuvre des techniques puissantes de traitement du signal afin d'éliminer efficacement le larsen acoustique. L'anti-larsen le plus moderne s'appuie sur une approche d'opposition de phase. Dans cette approche, les ondes sonores sont supprimées par leur propre image en opposition de phase. C'est la seule technologie capable de supprimer le larsen sans réduire le gain. L'algorithme comprend deux étapes:

- Estimation et modélisation du circuit de larsen.
- Elimination du larsen.

Une analyse de corrélation à haute résolution entre l'entrée et la sortie de l'aide auditive est mise en œuvre pour évaluer le circuit de larsen. Le résultat de cette analyse indique l'importance de la fuite acoustique entre l'écouteur et le microphone. Pour éliminer le larsen, le système génère un signal en opposition de phase ayant le même contenu fréquentiel que le signal de larsen. La combinaison de ces deux signaux permet d'éliminer efficacement le larsen sans réduire le gain de l'appareil. L'anti-larsen par opposition de phase est devenu une méthode reconnue, éprouvée de suppression du larsen. Les systèmes anti-larsen ne devraient cependant être actifs que quand et où c'est nécessaire. Dans les programmes où la probabilité d'apparition du larsen est moindre, le réglage de l'anti-larsen par opposition de phase peut être moins agressif que dans les programmes où le risque de larsen est plus grand. Bien qu'ils suppriment efficacement le larsen, de nombreux algorithmes peuvent provoquer des artefacts si le système d'estimation de la réaction acoustique identifie par erreur d'autres sons comme du

larsen. Ceci dépend du degré d'efficacité de l'anti-larsen par opposition de phase. Comme le risque de larsen est plus ou moins grand selon les situations d'écoute, les systèmes anti-larsen traditionnels doivent disposer d'un moyen efficace de garantir le bon équilibre entre l'élimination du larsen, la qualité sonore et le gain effectif de l'aide auditive. Le principal critère de design des systèmes anti-larsen traditionnels est de déterminer l'équilibre optimal entre ces trois dimensions de performances. Différents réglages optimisés doivent être appliqués à différentes situations auditives, afin d'obtenir les performances optimales de l'ensemble du système auditif. On peut, par exemple, accorder une plus grande priorité à la suppression du larsen qu'à la qualité sonore quand il s'agit d'utiliser le téléphone, car la probabilité d'apparition du larsen est plus grande dans cette situation. Si par contre le programme musique est activé, comme le risque d'apparition du larsen est moindre, un réglage plus doux de l'anti-larsen par opposition de phase adaptatif assurera une qualité sonore optimale. Les systèmes de gestion anti-larsen modernes suppriment certes le larsen, mais presque tous identifient de façon incorrecte des sons tonals comme du larsen et produisent par conséquent des artefacts désagréables. Cela n'a pas seulement un impact sur la qualité sonore des aides auditives mais limite également le niveau de gain utilisable des appareils. Les systèmes anti-larsen actuels pourraient être réglés pour être plus efficaces et plus rapides si l'utilisateur pouvait tolérer plus d'artefacts et donc une bien moins bonne qualité sonore. Afin de s'affranchir des limitations des performances du système, il faut pouvoir identifier et distinguer avec précision le larsen des autres composantes tonales du signal.

## Technologie LarsenBloc – identification et élimination révolutionnaires du larsen

La Technologie LarsenBloc est une avancée significative dans les systèmes anti-larsen par opposition de phase, car elle permet d'éliminer le larsen avec beaucoup plus d'efficacité et de précision. Elle bénéficie d'un module d'identification du larsen et de marquage à la pointe du progrès. Ce module est capable de différencier instantanément le véritable larsen des sons tonals, tels que les sons musicaux, produits naturellement. La figure 1 représente le compromis entre les performances des systèmes anti-larsen en termes de gain stable supplémentaire vs. qualité sonore. Avec les systèmes anti-larsen existants, une élimination plus efficace du larsen se traduit par une moindre qualité sonore. L'anti-larsen mis en œuvre dans la Technologie LarsenBloc s'affranchit de ce compromis. Un gain stable plus élevé est obtenu avec la même qualité sonore. Une identification précise des sons réinjectés dans le système comme étant du véritable larsen permet d'adopter une stratégie précise d'élimination du larsen, sans impact sur la clarté de la parole ou la qualité sonore (figure 2). En distinguant les signaux de larsen des autres composantes tonales contenues dans le signal, il devient possible d'appliquer des techniques anti-larsen plus agressives sans créer d'artefacts indésirables.

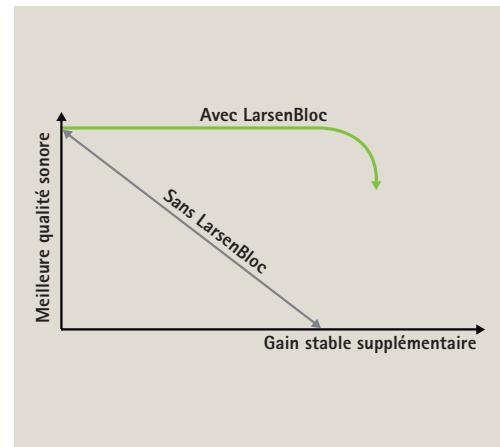


Figure 1:

Représentation qualitative de la qualité sonore vs. le gain stable supplémentaire dans les systèmes anti-larsen actuels. Grâce à la Technologie LarsenBloc, on peut ajouter nettement plus de gain sans compromis sur la qualité sonore.

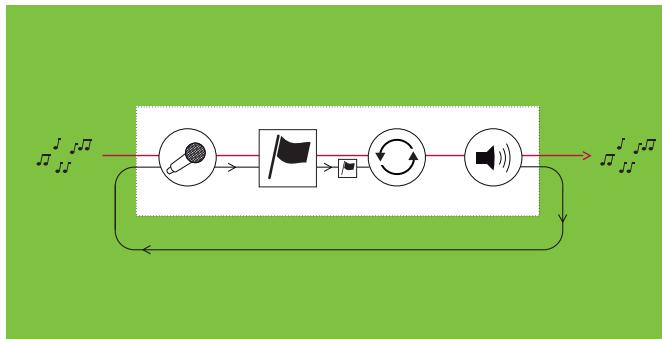


Figure 2:

La Technologie LarsenBloc bénéficie d'un module d'identification du larsen et de marquage à la pointe du progrès. Cette technologie est capable de différencier instantanément entre le véritable larsen et les sons purs naturels, tels que les sons musicaux. Une identification précise des sons réinjectés dans le système comme du véritable larsen permet d'appliquer une stratégie anti-larsen plus précise qui élimine tout corrélation entre les signaux d'entrée et de sortie, bloquant le larsen sans affecter la clarté de la parole ou la qualité sonore.

## Evaluation des performances de la technologie LarsenBloc

Pour évaluer les performances des systèmes anti-larsen, différents aspects et paramètres qualitatifs doivent être pris en compte. Freed et Soli (2006) et Merks et al. (2006) suggèrent: (i) le gain stable supplémentaire / le gain effectif, (ii) le gain effectif appliqué (iii) la fiabilité et la vitesse du dispositif de détection du larsen, (iv) la qualité sonore.

Les performances d'un système anti-larsen peuvent être évaluées en répondant aux questions suivantes:

- Quelle est l'efficacité de l'algorithme en termes de prévention du larsen?
- Quelle est l'efficacité de l'algorithme pour réduire les crêtes pré-oscillatoires dans la courbe de réponse?
- L'algorithme sacrifice-t-il du gain dans l'une des bandes de fréquence?
- Comment réagit l'algorithme face à des signaux d'entrée tonals?

Il faut disposer d'une installation de mesures reproductibles et réalistes pour répondre à ces questions et évaluer les performances des systèmes anti-larsen. Elle peut être réalisée en plaçant une tête artificielle dans un caisson de mesure et en utilisant un moteur

linéaire pour déplacer un objet à une distance reproductible proche de l'oreille appareillée (figure 3). Il est ainsi possible d'obtenir une simulation réaliste et reproductible de différentes situations de larsen. Cette installation d'essai a permis de comparer les performances de la nouvelle Technologie LarsenBloc à celles des autres produits disponibles dans le commerce en termes de:

- Gain stable supplémentaire disponible. Ceci mesure le gain supplémentaire que l'on peut obtenir en activant l'anti-larsen.
- Qualité sonore: prise en considération du nombre d'artefacts produits.
- Efficacité de la distinction entre le véritable larsen et les composantes tonales du signal.

### Gain stable supplémentaire

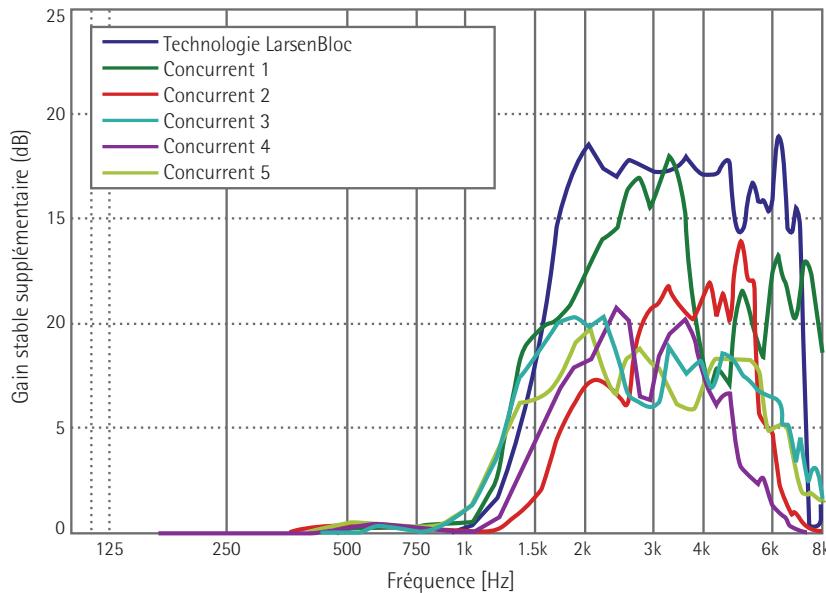
La figure 4 représente le gain stable supplémentaire mesuré sur six appareils différents avec l'installation d'essai décrite précédemment. Le gain des appareils sans anti-larsen est pris comme référence. On voit clairement que le nouveau système de gestion anti-larsen procure un gain stable nettement plus élevé. C'est en particulier dans les fréquences où le larsen est le plus probable, entre 1,5 et 3 kHz, que cette nouvelle technologie procure le plus de gain stable supplémentaire.



Figure 3:

Installation d'essai pour évaluer les performances des systèmes anti-larsen dans des conditions réalistes.





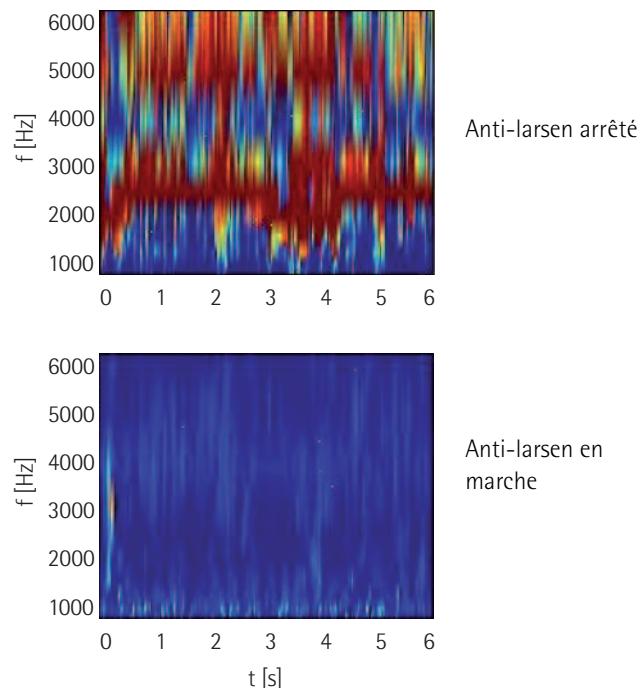
**Figure 4:**  
Gain stable supplémentaire pour différentes aides auditives. La Technologie LarsenBloc, disponible dans les produits Exélia et Náida, montre de loin le plus grand gain supplémentaire, en particulier dans la bande la plus critique, entre 1,5 kHz et 3 kHz.

## Qualité sonore

La figure 5 compare la quantité d'artefacts, c'est-à-dire la qualité sonore, d'une aide auditive dotée de la technologie LarsenBloc et d'un appareil concurrent utilisant un autre circuit moderne de suppression du larsen. Les graphiques de gauche montrent les résultats obtenus avec la technologie LarsenBloc. Deux jeux de sonagrammes du signal de sortie amplifié ont été mesurés. Le premier sans aucun objet à proximité de l'oreille et le second avec

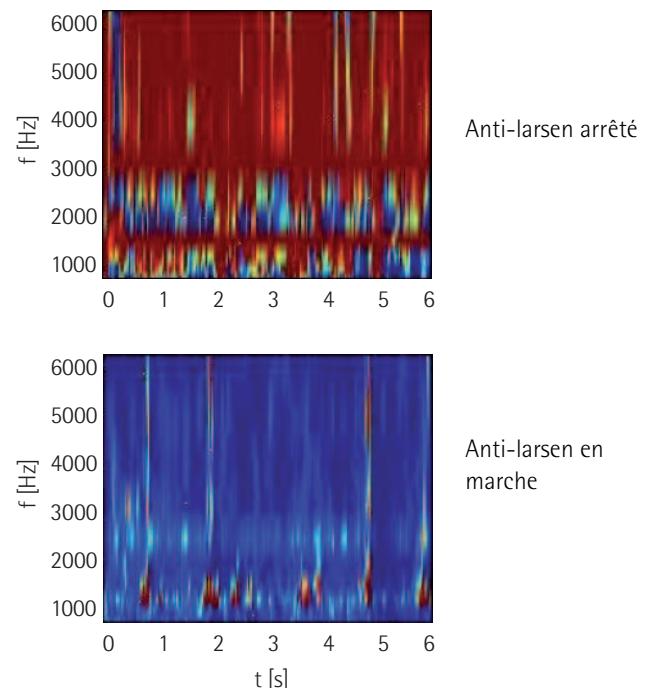
une masse solide tenue à environ 2 cm du pavillon. La rangée du haut montre les résultats mesurés quand le système anti-larsen est arrêté et la rangée du bas quand il est en marche. Les zones rouges des graphiques indiquent l'apparition de composantes de larsen ou d'artefacts. Avec la technologie LarsenBloc, presque aucun artefact ne se produit alors qu'avec le système concurrent des artefacts significatifs sont encore présents.

### Technologie Larsen Bloc



Rouge = larsen  
Bleu = pas de larsen

### Appareil concurrent

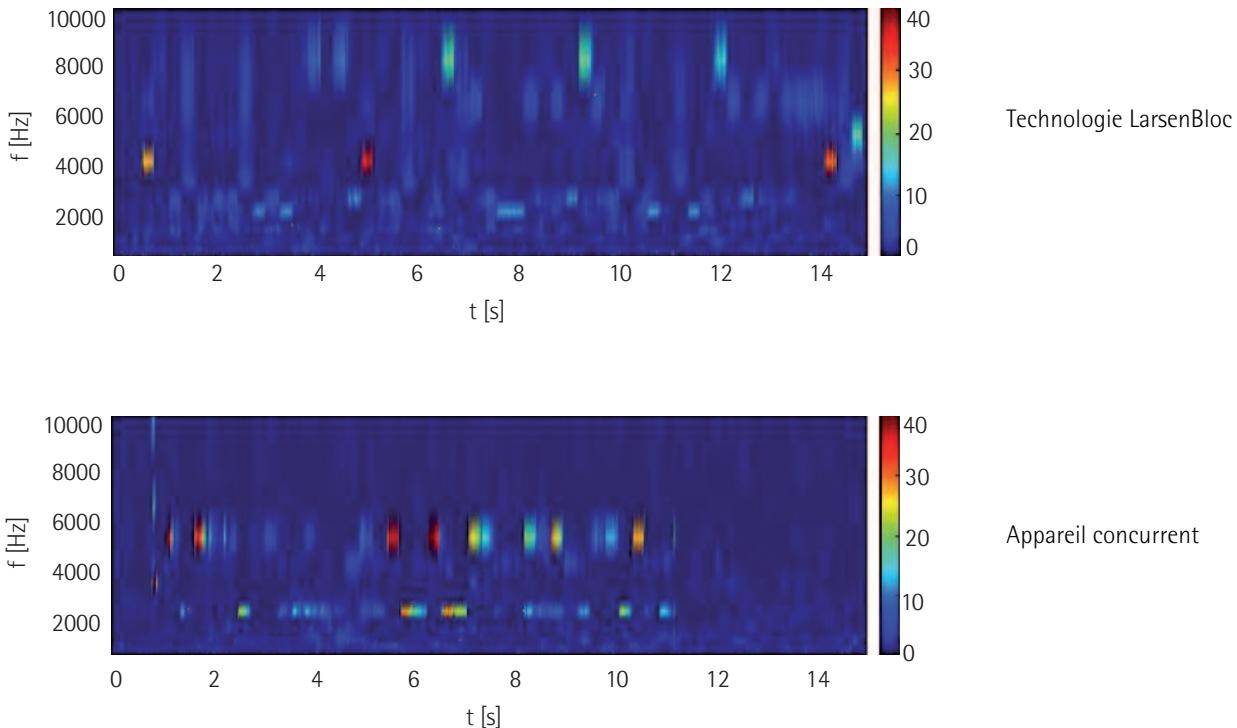


**Figure 5:**  
Comparaison de la quantité d'artefacts, c'est-à-dire de la qualité sonore, dans deux systèmes anti-larsen différents: les graphiques de gauche concernent le LarsenBloc, ceux de droite le système concurrent.  
Rangée du haut: système anti-larsen arrêté.  
Rangée du bas: système anti-larsen activé.

## Modulation

Le dernier paramètre à discuter est la modulation. Ce phénomène crée des artefacts désagréables quand le système anti-larsen identifie par erreur des sons hautement corrélés comme étant du larsen et génère un signal en opposition de phase. La figure 6 compare les artefacts résultant de la modulation d'un appareil avec et sans la Technologie LarsenBloc. Une sonnerie a été diffusée dans des aides auditives dont les systèmes anti-larsen respectifs étaient

activés. L'anti-larsen concurrent (en bas) produit des artefacts de modulation dont résultent des bandes latérales autour des crêtes spectrales. En utilisant la technologie LarsenBloc (en haut) aucun artefact de modulation ne se produit. La technologie LarsenBloc peut identifier correctement des signaux d'entrée tonals et n'applique aucune action inadéquate gênante.



**Figure 6:**  
Sonagrammes montrant la quantité d'artefacts dans des appareils avec et sans la Technologie LarsenBloc. L'enregistrement représente le signal de sortie des aides auditives stimulées par une sonnerie. Les résultats obtenus avec la Technologie LarsenBloc sont représentés en haut. Les zones jaunes et rouges indiquent la présence d'artefacts qui affectent la qualité sonore. On voit clairement que la technologie LarsenBloc produit nettement moins d'artefacts de modulation.

## Résumé

La Technologie LarsenBloc, désormais disponible dans les produits Exélia et Náida, assurera des performances optimales dans de nombreuses familles et types différents d'aides auditives. La Technologie LarsenBloc est nettement meilleure en termes de gain supplémentaire, de qualité sonore et d'artefacts de modulation, que d'autres circuits anti-larsen de la concurrence.

La Technologie LarsenBloc permet de maîtriser comme jamais auparavant l'un des problèmes majeurs des utilisateurs d'aides auditives, en éliminant efficacement le larsen sans introduire d'artefacts gênants.

---

## Références

Kochkin, MarkTrak I-IV.

Dillon, H. (2001) "Hearing Aids", Boomerang Press.

Freed, D.; Soli, S. (2006) "An Objective Procedure for the Evaluation of Adaptive Anti-Feedback Algorithms in Hearing Aids", Ear and Hearing.

Hellgren, J.; Lunner, T.; Arlinger, S. (1999) "Variations in the Feedback of Hearing Aids", J. Acoust. Soc. Am. 106, 2821-2834.

Merks, I.; Bannerjee, S.; Trine, T. (2006) "Assessing the Effectiveness of Feedback Cancellers in Hearing Aids", Hearing Review 4/2006.