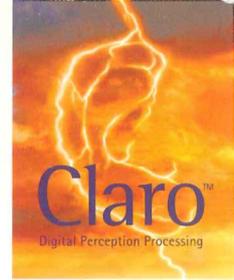


Réducteur de bruit à haute résolution Claro



Contrôle du bruit
en vingt bandes

Introduction

Le plus grand problème des malentendants est de pouvoir écouter en milieux bruyants (Plomp, 1978; Festen & Plomp, 1990; Needleman et Crandell, 1995; Killion, 1997). Dans ces situations, la parole est le plus souvent masquée par les bruits perturbateurs, l'intelligibilité vocale se dégrade, et il faut fournir de plus grands efforts pour écouter. Il est donc nécessaire d'avoir des aides auditives capables de réduire le bruit gênant, d'améliorer l'intelligibilité dans le bruit et de faciliter l'audition.

Les approches antérieures de réduction du bruit dans les aides auditives comprenaient souvent des traitements automatiques du signal (ASP = Automatic Signal Processing) ou des courbes de réponse adaptatives (AFR = Adaptive Frequency Response). Ces solutions dépendaient essentiellement du niveau et réduisaient le gain des graves pour des niveaux d'entrée élevés. Ces systèmes ont prouvé leur utilité en présence de bruits entretenus graves tels que des bruits de voitures (Dillon, 1996), ou de bruits graves combinés à des composantes vocales aiguës (van Tasell et al., 1988; Fabry et Walden, 1990; Fabry et al., 1993; Gravel et al., 1999).

PHONAK

hearing systems

Réducteur de bruit à haute résolution Claro

Cependant, l'inconvénient majeur de ces systèmes était leur manque de sélectivité (la plupart n'avait qu'un canal) dont résultait une trop forte réduction du gain et donc de l'audibilité. Avec l'avènement des technologies programmables, il est devenu possible de créer des algorithmes de suppression du bruit fonctionnant d'une façon beaucoup plus sélective et plus sophistiquée.

Ces systèmes plus récents estiment la présence de bruit et réduisent le gain en conséquence. Les réducteurs de bruit numériques courants fonctionnent bien en présence de bruits ambiants entretenus à bande étroite, comme par exemple les bruits de la circulation ou d'une tondeuse à gazon. Ils réduisent la gêne qui en résulte et améliorent la qualité sonore, mais réduisent cependant souvent le gain sur une bande de fréquence relativement large. Il peut en résulter que d'importantes composantes vocales sont perdues (Festen et al., 1993; Ludvigsen et al., 1993) et que la sonie globale est réduite. Il y a trois raisons qui expliquent cette réduction de l'audibilité et de l'intelligibilité. Premièrement, les réducteurs de bruits courants ont un nombre de bandes limité, ce qui interdit des réductions précises de gain dans des zones de fréquences étroites affectées par des bruits. Deuxièmement, la réduction du gain

est appliquée de la même façon dans chaque bande, sans tenir compte de la fonction d'importance fréquentielle de la parole. Enfin, la perte de sonie globale résultant de la réduction de gain n'est pas compensée.

Dans Claro, un algorithme plus sophistiqué de réduction du bruit a été mis en place; il exploite le traitement du signal de Claro en 20 bandes.

Les solutions Claro pour entendre dans le bruit

Le réducteur de bruit à haute résolution fait partie d'une approche systématique offrant une solution complète pour entendre dans le bruit (figure 1) et comprend:

- le réducteur de bruit à haute résolution.
- l'AudioZoom numérique adaptatif (non disponible sur certains modèles).
- l'algorithme DPP NoiseAdapt - un algorithme de traitement numérique de la perception spécialisé pour la communication dans le bruit.
- l'activation automatique du programme NoiseAdapt avec l'AutoSelect, quand cela s'avère nécessaire (parole noyée dans un bruit ambiant large bande).



Figure 1
Position du réducteur de bruit à haute résolution (FNC) dans le système Claro.

Principe général de l'estimation du bruit

Le principe général des réducteurs de bruit consiste à estimer la présence de bruit et à réduire le gain dans les régions fréquentielles qui en contiennent. L'estimation s'appuie sur le fait que le bruit fluctue moins que la parole. Les fluctuations lentes sont associées au bruit et les fluctuations rapides (ou modulations) sont associées à la parole. L'estimation a lieu pendant les pauses vocales, dans chaque bande séparément. Plus le nombre de bandes est élevé et plus l'estimation du bruit et la réduction du gain qui doit en résulter sont précis. Le réducteur de bruit à haute résolution (Fine-scale Noise Canceler – FNC) analyse le signal incident dans 20 bandes et évalue le rapport du signal de parole au bruit (Sp/B) dans chacune d'elles. On utilise à la fois un moyennage lent à long terme (1 seconde environ) et un moyennage rapide à court terme (environ 10 à 25 ms). La moyenne à court terme donne une estimation du bruit, tandis que la moyenne à long terme évalue la parole et le bruit (figure 2). Le moyennage est

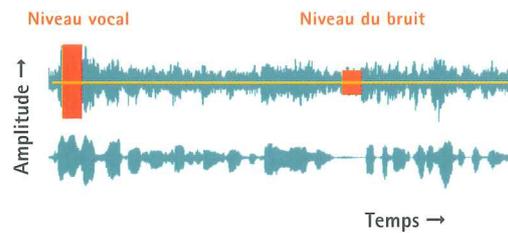


Figure 2

Evolution temporelle d'un échantillon vocal en présence de bruit (onde sonore du haut) et dans le calme (onde sonore du bas). Les colonnes rouges dans le tracé du haut indiquent le niveau de la parole (niveau le plus élevé) et le niveau du bruit (plus faible que le niveau vocal).

continu quand le FNC est actif. Les analyses permettent de déterminer le Sp/B dans chacune des 20 bandes; il est utilisé comme critère pour la réduction du gain. La réduction du bruit avec un système comportant peu de bandes atténue inutilement le gain de zones fréquentielles non affectées par le bruit (figure 3B). Le signal vocal sera aussi altéré. Plus le nombre de bandes est important et meilleure sera la résolution spectrale pour la suppression du bruit. Le réducteur de bruit à haute résolution (FNC) de Claro travaille dans 20 bandes, ce qui permet de ne réduire le gain que dans les zones où cela est vraiment nécessaire (figure 3C). Le signal vocal est donc moins affecté et le rapport du signal vocal au bruit est optimisé.

FNC: les principes:

- Le degré de réduction du gain dans chaque bande dépend du Sp/B par bande.
- Le degré de réduction du gain dépend aussi de la fonction d'importance de la parole.

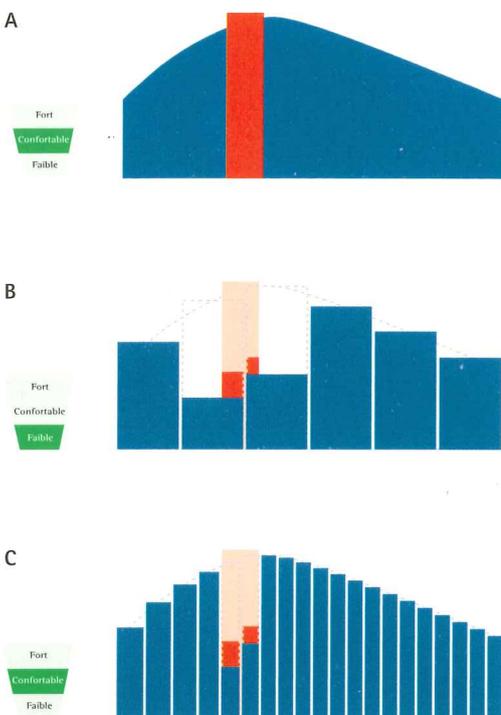


Figure 3

A La zone colorée en bleu représente le spectre moyen de la parole. La colonne rouge représente un bruit à bande étroite.

B Dans un système comportant peu de bandes (6 dans cet exemple), la réduction du gain s'accompagne à la fois d'une perte d'informations vocales et d'une perte de sonie significative.

C Comme le FNC travaille dans 20 bandes, l'atténuation du même bruit à bande étroite n'entraîne pas de perte significative d'informations vocales. De plus, la sensation d'intensité sonore est préservée.

Réduction du gain basée sur le Sp/B par bande

La réduction de gain est activée quand le Sp/B dans une bande donnée est inférieur ou égal à 0 dB. Le degré de réduction du gain dépend directement du Sp/B dans chaque bande. La réduction du gain est maximale pour les très mauvais Sp/B de -15 dB et plus, elle est minimale pour les Sp/B de 0 dB. Il n'y a pas de réduction du gain quand le Sp/B par bande est meilleur que 0 dB, ce qui évite toute interférence inutile avec des signaux relativement purs et préserve la qualité sonore. La réduction de gain atteint un niveau maximal constant pour les Sp/B inférieurs à -15 dB. Ceci évite de trop réduire le gain dans des situations très bruyantes.

Bande 1 (0-160 Hz):

Sp/B < 0 dB, réduction de gain requise



Bande 4 (625-780 Hz):

Sp/B > 0, gain maintenu constant



Figure 4

Illustration du critère de décision par bande du FNC. La bande 1 (0-160 Hz) ayant un Sp/B négatif, une réduction du gain lui sera appliquée. La bande 4 (625-780 Hz) ayant un Sp/B positif ne requiert aucune réduction du gain.

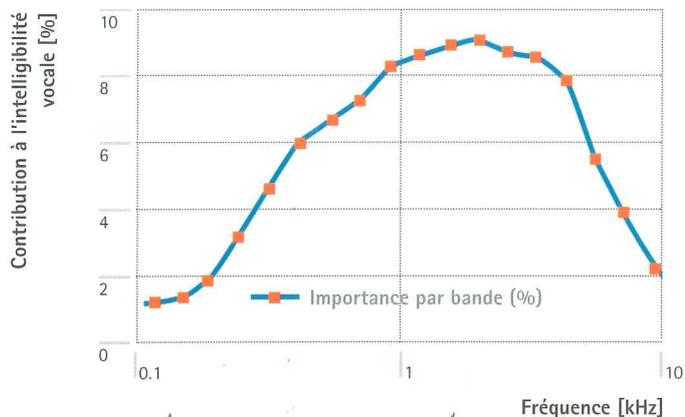


Figure 5

Indice d'articulation (adapté de Pavlovic, 1984) indiquant les facteurs spécifiques de pondération par bande. Les fréquences moyennes à aiguës (1000-4000 Hz) ont une pondération par bande plus importante que les fréquences très basses (200 Hz) ou très élevées (8000 Hz). L'addition des valeurs de toutes les bandes donne 100% d'intelligibilité.

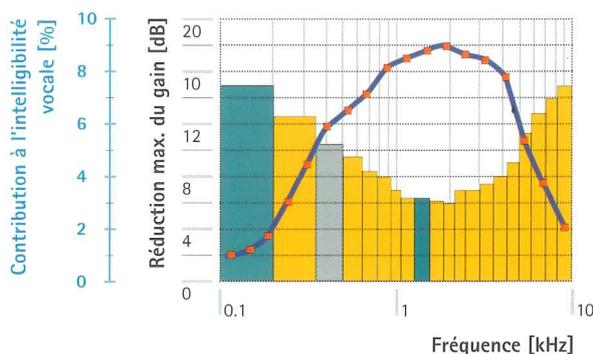
Réduction du gain basée sur la fonction d'importance fréquentielle de la parole

La réduction du gain ne dépend pas seulement du Sp/B, mais utilise aussi un second critère. Il s'agit en l'occurrence de l'importance d'une bande donnée pour l'intelligibilité vocale. On sait que toutes les fréquences n'y contribuent pas de la même façon. L'indice d'articulation (IA) (Pavlovic, 1984; 1989) attribue à différentes zones de fréquences une pondération dépendant de leur contribution à l'intelligibilité (figure 5). Les zones de fréquences qui ne contribuent pas significativement à l'intelligibilité ont une pondération faible, alors que celles qui sont plus importantes pour l'intelligibilité ont une pondération élevée (comme les médiums et les aigus, par exemple).

En s'appuyant sur la fonction d'importance fréquentielle, il apparaît clairement qu'une réduction du gain dans une zone de faible pondération affectera moins l'intelligibilité qu'une réduction de gain dans une zone dont la pondération est plus élevée. Le FNC prend ce principe en compte dans Claro et réduit le gain en conséquence (figure 6).

Figure 6

Réductions du gain basées sur l'importance relative des fréquences vocales – les colonnes représentent le niveau de réduction du gain par bande. Le FNC réduit plus le gain dans les fréquences graves et très aiguës, plus pauvres en informations vocales. Une moindre réduction de gain est appliquée dans les médiums à aigus.

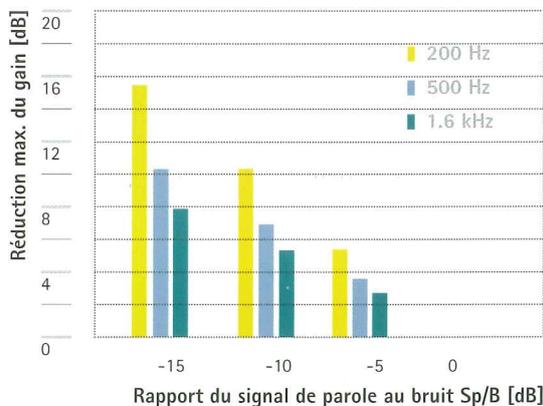


Combinaison des règles

Les deux règles sont appliquées pour calculer la réduction du gain requise: le Sp/B par bande et la fonction d'importance fréquentielle dans chaque bande. Considérons par exemple un très mauvais Sp/B de -15 dB entre 200 et 1600 Hz. Compte tenu de l'algorithme FNC de réduction du gain, l'importance du 200 Hz étant relativement faible, le gain sera donc réduit au maximum. Une moindre réduction de gain sera appliquée aux fréquences plus élevées en raison de leur plus grande importance pour l'intelligibilité vocale (figure 7). Cette approche de la réduction du bruit permet d'éliminer les bruits ambiants gênants en affectant au minimum la clarté vocale.

Figure 7

Les réductions du gain appliquées à différentes fréquences sont différentes, même si les Sp/B sont dégradés de la même quantité. La réduction du gain est plus importante dans les graves et devient progressivement moindre en allant vers les médiums.

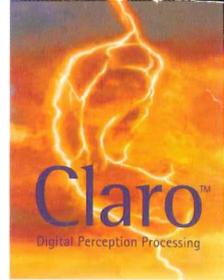


Sonie

Un « effet secondaire » souvent associé à la réduction du bruit est une perte de sonie. Dans Claro, le système de réduction du gain en 20 bandes travaille en symbiose avec l'algorithme de traitement numérique de la perception NoiseAdapt. Ceci garantit que, lorsque le gain est réduit par suite de l'effet d'une bande étroite de bruit, la sonie sera moins affectée que dans les autres systèmes. La sonie globale restera donc très certainement à un niveau approprié.

Vue d'ensemble du réducteur de bruit à haute résolution FNC:

- Le FNC travaille dans 20 bandes pour un contrôle précis de la réduction du bruit.
- Le gain est réduit sélectivement et intelligemment seulement dans celles des 20 bandes où un mauvais Sp/B est détecté.
- L'importance de la réduction du gain dépend du Sp/B. Plus le Sp/B est mauvais et plus grande est la réduction du gain.
- La réduction du gain dépend aussi de la fonction d'importance fréquentielle de la parole. Elle est moindre dans les bandes fréquentielles plus importantes pour l'intelligibilité vocale.
- L'algorithme DPP NoiseAdapt est configuré pour les situations bruyantes.
- L'audibilité est préservée grâce à la réduction du gain par bandes étroites et à l'algorithme DPP NoiseAdapt.



Résumé

Le réducteur de bruit à haute résolution de Claro optimise le rapport du signal de parole au bruit (Sp/B) en travaillant dans 20 bandes. Les signaux bruyants gênants sont réduits avec des conséquences minimales sur les régions vocales non affectées par du bruit. L'algorithme FNC prend la fonction d'importance fréquentielle de la parole en considération et préserve ainsi les informations

vocales les plus importantes. Le FNC travaille en symbiose avec l'algorithme de traitement numérique de la perception (DPP) NoiseAdapt pour une bien meilleure clarté vocale, un bon confort auditif et une plus grande facilité d'audition dans les milieux bruyants. Il représente un élément important des solutions Claro pour entendre dans le bruit.

Bibliographie

Dillon H. Compression? Yes, but for low or high frequencies, for low or high intensities, and with what response times? *Ear Hear.* 1996; 17:4; 287-307.

Fabry D. A. Leek M. R. Walden B. E. and Cord M. Do adaptive frequency response (AFR) hearing aids reduce 'upward spread' of masking? *J Rehabil Res Dev* 1993; 30:3; 318-25.

Fabry D. A. and Walden B. E. Noise-reduction hearing aids. What is the fate of the ART (adaptive response technology)? *ASHA* 1990; 32:6-7; 48-51.

Festen J. M. and Plomp R. Effects of fluctuating noise and interfering speech on the speech-reception threshold for impaired and normal hearing. *J Acoust Soc Am* 1990; 88:4; 1725-36.

Festen J. M., van Dijkhuizen J. N. and Plomp R. The efficacy of a multichannel hearing aid in which the gain is controlled by the minima in the temporal signal envelope. *Scand Audiol Suppl* 1993; 38:101-10.

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 Hear.* 1999; 20:1; 1-11.

Killion M. The SIN report: Circuits haven't solved the hearing-in-noise problem. *Hearing Jour* 1997; 50:10; 28-32.

Ludvigsen C., Elberling C. and Keidser G. Evaluation of a noise reduction method - comparison between observed scores and scores predicted from STI. *Scand Audiol Suppl* 1993; 38:50-5.

Needleman A. R. and Crandell C. C. Speech recognition in noise by hearing-impaired and noise-masked normal-hearing listeners. *J Am Acad Audiol* 1995; 6:6; 414-24.

Plomp R. Auditory handicap of hearing impairment and the limited benefit of hearing aids. *J Acoust Soc Am* 1978; 63:2; 533-49.

van Tasell D. J., Larsen S. Y. and Fabry D. A. Effects of an adaptive filter hearing aid on speech recognition in noise by hearing-impaired subjects. *Ear Hear.* 1988; 9:1; 15-21.