

# Supero™ – Traitement multi- mode du signal

et réglage de la courbe  
MPO

## Résumé

L'appareillage des pertes auditives profondes exige des systèmes auditifs très performants. La faible dynamique résiduelle doit être exploitée au mieux. De plus, les modes optimaux de traitement du signal requis pour corriger ces pertes auditives peuvent être extrêmement différents d'une personne à l'autre. Les systèmes auditifs doivent prendre ces différences en compte. Ils doivent aussi disposer d'une protection efficace contre les niveaux intenses, réglable de façon très souple pour suivre exactement le courbe d'inconfort.

Supero répond à toutes ces exigences grâce au traitement numérique multimode du signal et au réglage du niveau maximal de sortie en fonction de la fréquence.



+



+



+



=



# Supero™ – Traitement multimode numérique du signal

Contrairement aux pertes auditives de transmission, les pertes de perception se traduisent par une réduction de la dynamique auditive résiduelle. Alors que le seuil auditif s'élève, le niveau d'inconfort n'augmente pratiquement pas. La gamme dynamique résiduelle, utilisable par les malentendants, est ainsi d'autant plus restreinte que la déficience auditive est importante, et les appareils utilisés dans ces cas doivent donc être d'autant plus performants. Ils doivent transposer la pression acoustique d'entrée dans l'étroite dynamique résiduelle pour assurer une intelligibilité suffisante au malentendant. Outre l'amplification nécessaire du signal pour atteindre la gamme audible, il faut aussi une limitation efficace des niveaux de sortie pour que les sons intenses ne deviennent pas inconfortables, voire douloureux. Les systèmes capables de comprimer une grande étendue de niveaux d'entrée (Wide Dynamic Range Compression – WDRC) ont été conçus pour atteindre cet objectif et transposer la vaste dynamique de notre environnement acoustique dans la «fenêtre dynamique auditive» restreinte de ces malentendants. Les niveaux d'entrée très faibles sont nettement amplifiés et redeviennent audibles, tandis que les sons intenses sont à peine amplifiés, pour ne pas devenir trop forts. A l'inverse, les amplifica-

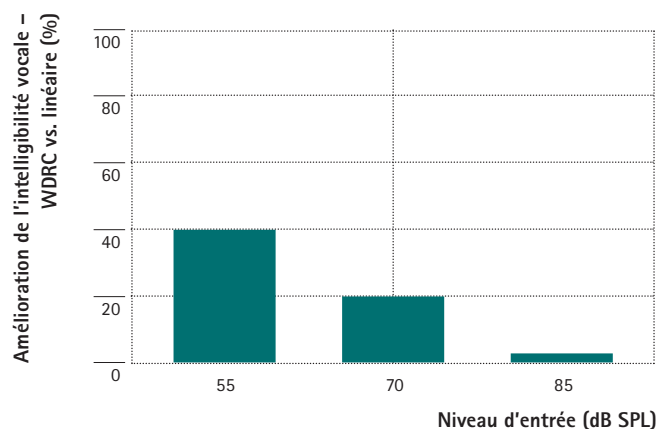
teurs linéaires amplifient les signaux d'entrée d'une valeur constante, quel que soit leur niveau. La coupure des crêtes du signal («Peak-clipping») évite que les pressions acoustiques sur le tympan soient trop importantes, mais provoquent des distorsions du signal de sortie. Un compromis entre les systèmes linéaires et les WDRC existe. Ce sont des amplificateurs linéaires sur une large dynamique d'entrée et qui commencent à comprimer à partir d'un niveau d'entrée élevé («Super Compression» – SC).

Il n'est pas possible d'édicter une règle générale pour définir lequel de ces modes de traitement du signal est optimal dans les cas de surdités profondes.

Il est certain qu'une compression contribue à l'intelligibilité vocale, en particulier pour des niveaux d'entrée faibles. Souza et Bishop (1999) ont analysé l'intelligibilité vocale pour des niveaux d'entrée de 55, 70 et 85 dB avec des amplificateurs linéaires et à compression. Chez leurs sujets, le bénéfice de la compression était très net, en particulier à 55 dB d'entrée, du fait que les composantes vocales faibles, fortement amplifiées, étaient bien transposées dans le domaine audible. A 70 dB également, la compression révélait de nets avantages.

Figure 1

Les surdités profondes profitent avantageusement d'une amplification à compression, surtout pour les niveaux faibles (selon Souza et Bishop, 1999).



D'autres équipes de chercheurs ont trouvé des résultats tout à fait semblables (p.ex. Ringdhal et al., 1999, Marriage et Moore, 2000).

Les études faites avec des malentendants atteints de pertes auditives profondes ont aussi montré que, dans de nombreuses situations, l'amplification à compression était subjectivement préférée à un traitement linéaire du signal. On observe bien sûr une préférence croissante pour l'amplification linéaire quand l'importance de la perte auditive augmente (Baker et al., 2001). Cela peut souvent s'expliquer par la longue habitude qu'ont ces sujets des appareils linéaires, avec lesquels les surdités profondes sont traditionnellement corrigées. Il peut ainsi être nettement plus difficile de revenir à une amplification à compression, malgré ses avantages potentiels. De plus, l'effet positif d'un nouveau mode de traitement n'apparaîtra souvent pas immédiatement, mais seulement après une phase d'accoutumance de plusieurs mois (Arlinger et al., 1996). En même temps, les différences entre les sujets testés augmentent avec l'importance de la perte auditive (p.ex. Faulkner et al., 1991).

Plus la perte auditive est importante, plus l'appareillage doit être souple et personnalisé. En conséquence, le système auditif doit offrir à l'audioprothésiste une vaste palette de possibilités, afin de permettre de réaliser un appareillage optimal.

### Adaptation individuelle du mode de traitement du signal

Supero remplit tout à fait les conditions d'une «amplification sur mesure». Avec ses cinq canaux réglables séparément, Supero offre en effet une grande souplesse d'adaptation. Le concept du traitement multimode numérique du signal (dMSP) offre le choix entre trois modes de contrôle de l'amplification (figures 2 et 3):

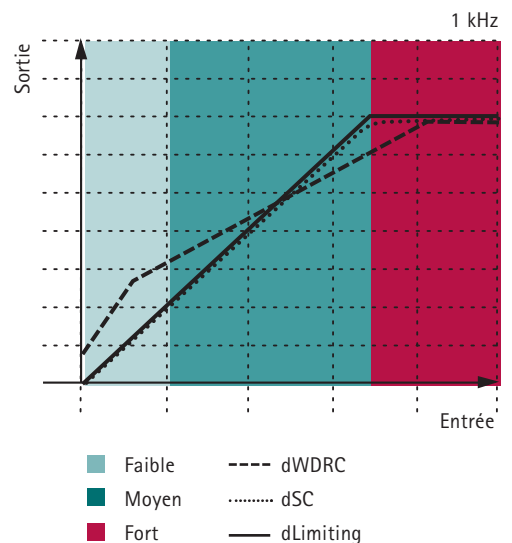
Figure 2

Sélection manuelle du dMSP par logiciel.



Figure 3

Courbes entrée/sortie des trois modes dMSP.



### 1. dWDRC

Une compression dynamique indépendante est mise en place dans chacun des cinq canaux. Le taux de compression, de 1:1 à 10:1, est calculé en fonction de la perte auditive. Le seuil de compression va de 40 à 50 dB (selon le canal). Celui-ci est décalé vers le haut au cas où l'amplification doit être limitée en raison de l'effet Larsen (figure 4).

### 2. dSC

Le signal d'entrée est ici amplifié de façon linéaire dans les 5 canaux jusqu'à un seuil de compression élevé, à partir duquel les signaux d'entrée intenses sont comprimés avec un facteur de 20:1.

### 3. dLimiting

Amplification linéaire dans les 5 bandes de fréquences.

Les trois modes de traitement du signal sont équipés d'une limitation par compression, dont les constantes de temps sont définies en fonction du type de traitement.

Un mode dMSP est présélectionné en fonction de la perte auditive; il peut être modifié dans le programme de base et le programme personnel. Le mode dMSP est sélectionné selon les critères suivants (figure 5):

- dLimiting: quand la perte auditive moyenne à 0,5, 1, 2 et 3 kHz est  $\geq 80$  dB ou quand la perte à au moins 2 des 4 fréquences 0,25, 0,5, 1 et 2 kHz est  $> 90$  dB
- dSC: quand la perte auditive moyenne à 0,5, 1, 2 et 3 kHz est  $\geq 70$  dB
- dWDRC: quand les critères pour le dLimiting et le dSC ne sont pas atteints
- En cas d'appareillage binaural de pertes auditives asymétriques, le mode retenu est celui de la perte auditive la plus faible.

D'une façon générale également: plus la perte auditive est importante, plus l'amplification devient linéaire. On prend ainsi en compte l'expérience qui veut que des pertes auditives profondes ou des auditions résiduelles soient corrigées plutôt avec des aides auditives linéaires. Une longue accoutumance à une amplification linéaire rend cependant difficile le passage à la compression. C'est pourquoi on note de grandes différences individuelles dans cette population de malentendants. La flexibilité du dMSP assure à l'audioprothésiste la plus grande liberté d'adaptation possible afin d'arriver à un appareillage individuel optimal.

Figure 4

Adaptation de la caractéristique de compression au seuil individuel de Larsen dans chaque canal.

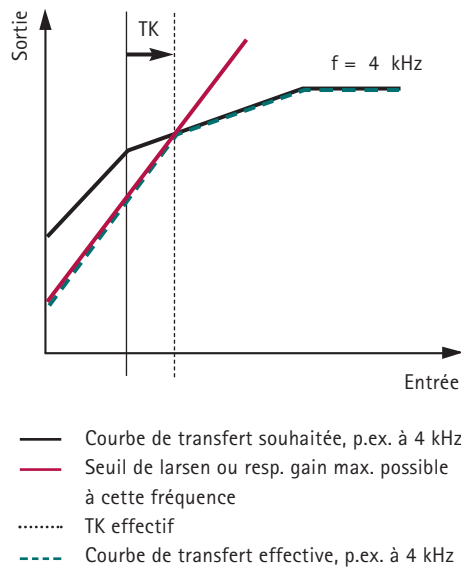
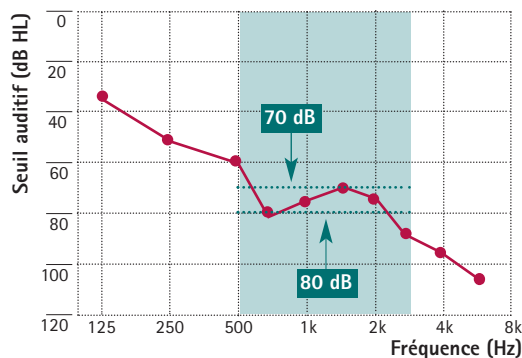


Figure 5

Dans cet audiogramme, le seuil auditif moyen entre 0,5 et 3 kHz se situe entre 70 et 80 dB. En conséquence, le dSC est présélectionné comme mode de traitement du signal.



## Réglage de la courbe du MPO

C'est précisément dans les cas de pertes auditives profondes que l'exploitation efficace de l'audition résiduelle prend tout son sens. Une présélection et un réglage large bande indépendants de la fréquence du MPO risquent de «sacrifier» un précieux potentiel auditif. Si seul un réglage large bande du MPO est possible, celui-ci doit en effet être suffisamment réduit pour que le seuil d'inconfort ne soit dépassé à aucune des fréquences du spectre (figure 6, gauche). Cela conduit presque inmanquablement à ce qu'un précieux potentiel auditif reste inutilisé dans d'autres zones de fréquences. Le niveau de sortie est ainsi plus limité que nécessaire. Pour exploiter au mieux la dynamique résiduelle, il est donc essentiel de pouvoir régler le niveau maximal de sortie (MPO) individuellement en fonction de la fréquence (figure 6, droite). Si aucune autre donnée n'est saisie, le logiciel d'appareillage estime les niveaux d'inconfort d'après le seuil auditif. Il en résulte les valeurs de MPO en fonction de la fréquence dans les cinq canaux de Supero. L'audioprothésiste peut aussi régler individuellement le MPO dans chacun des cinq canaux pendant l'adaptation fine et l'ajuster ainsi au mieux aux besoins individuels de son patient.

## Limitation du niveau de sortie

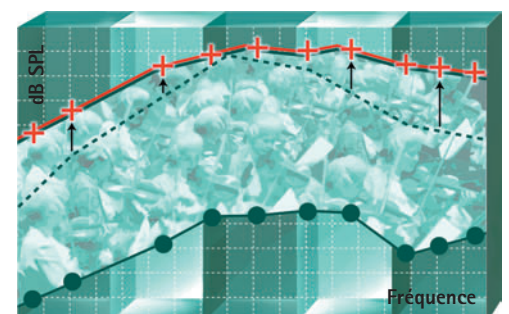
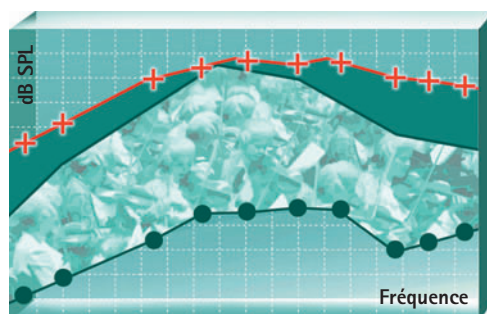
En raison du gain élevé délivré aux malentendants atteints de pertes auditives profondes et à leur dynamique auditive réduite, il est essentiel de leur assurer une protection efficace contre les niveaux de sortie désagréables, voire douloureux. Cette protection est réalisée dans Supero par un contrôle du niveau en trois étapes, sans affecter l'audibilité ni le confort auditif. Dans la première étape (niveaux d'entrée faibles à forts), l'amplification est linéaire (dLimiting et, dans une moindre mesure, dSC) ou comprimée (dWDRC). Dès que le MPO réglé individuellement est atteint dans un canal, le système passe à la deuxième étape. Il s'agit ici, dans chaque canal, d'une limitation par compression très rapide des niveaux forts et très forts, destinée à garantir le confort en présence de bruits intenses. De plus, le système évalue le MPO large bande et s'assure que le niveau d'inconfort ne sera pas dépassé.

La troisième étape consiste à activer une limitation de sortie large bande instantanée comme protection contre des crêtes brutales du signal. Ce système correspond à un peak-clipping (élimination des crêtes dont l'amplitude dépasse un niveau prédéterminé). L'écrêteur large bande est activé à partir d'un niveau de 10 dB supérieur au MPO large bande, aussi longtemps que la limitation par compression n'a pas repris le contrôle du système. Grâce au mode de limitation du niveau de sortie de Supero, l'audibilité et le confort sont préservés tout en assurant une protection individuelle efficace contre les sons trop intenses.

Figure 6

Si le MPO n'est pas réglable en fonction de la fréquence, une partie du potentiel auditif résiduel est «sacrifiée» (gauche). Avec un réglage du MPO dépendant de la fréquence, la totalité de la dynamique auditive résiduelle peut être exploitée (droite).

- Seuil auditif
- ++++ Seuil d'inconfort
- Niveau max. de sortie (MPO)



# Supero™ – Traitement multimode numérique du signal

## Bibliographie

Arlinger, S., et al. (1996). Report of the Eriksholm Workshop on Auditory Deprivation and Acclimatization. *Ear and Hearing* 17(3), 87S–98S.

Barker, C., Dillion, H. et Newall, P. (2001). Fitting low ratio compression to people with severe and profound hearing loss. *Ear and Hearing* 22, 130–141.

Faulkner, A., Ball, V., Rosen, S., Moore, B.C. et Fourcin, A. (1992). Speech pattern hearing aids for the profoundly hearing impaired: Speech perception and auditory abilities. *Journal of the Acoustical Society of America* 91, 2136–2155.

Marriage, J.E., et Moore, B.C.J. (2001). New speech tests reveal benefit of wide dynamic range fast-acting compression for consonant discrimination in children with moderate to profound hearing loss. "A Sound Foundation Through Early Amplification International Conference", Chicago.

Ringdahl, A., Edberg, P., Thelin, L., et Magnussen, L. (2000). Clinical evaluation of a digital power instrument. *The Hearing Review*, March Issue, 59–64.

Souza, P.E., et Bishop, R.D. (1999). Improving speech audibility with wide dynamic range compression in listeners with severe sensorineural loss. *Ear and Hearing* 20(6), 461–470.

