

19



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

11

Numéro de publication:

**0 246 970
B1**

12

FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

45

Date de publication du fascicule du brevet:
19.12.90

51

Int. Cl.⁶: **H04R 25/00**

21

Numéro de dépôt: **87401130.7**

22

Date de dépôt: **20.05.87**

54

Perfectionnements aux dispositifs de prothèse auditive.

30

Priorité: **23.05.86 FR 8607408**

43

Date de publication de la demande:
25.11.87 Bulletin 87/48

45

Mention de la délivrance du brevet:
19.12.90 Bulletin 90/51

84

Etats contractants désignés:
AT CH DE GB IT LI NL

56

Documents cités:
**EP-A- 0 054 450
DE-B- 1 261 169
US-A- 3 819 875**

**IEEE TRANSACTIONS ON AUDIO AND
ELECTROACOUSTICS, vol.
AU-17, no. 3, septembre 1969, pages 202-208, New York,
US; R.E. BOGNER et al.: "Frequency multiplication of
speech signals"**

73

Titulaire: **Université de Franche-Comté, Faculté de
Médecine et de Pharmacie, F-25030 Besançon(FR)**

72

Inventeur: **Lafon, Jean-Claude, 25 rue Charles Nodier,
F-25000 Besançon(FR)**
Inventeur: **Gharbi, Tijani, 79 Grande Rue,
F-25000 Besançon(FR)**

74

Mandataire: **Behaghel, Pierre et al, CABINET
PLASSERAUD 84 rue d'Amsterdam, F-75009 Paris(FR)**

EP 0 246 970 B1

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la date de publication de la mention de la délivrance du brevet européen toute personne peut faire opposition au brevet européen délivré, auprès de l'Office européen des brevets. L'opposition doit être formée par écrit et motivée. Elle n'est réputée formée qu'après paiement de la taxe d'opposition (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

Description

L'invention est relative aux dispositifs de prothèse auditive destinés aux sourds et dans lesquels les sons émis dans une portion au moins du spectre aigu, sons normalement inaudibles auxdits sourds, sont transposés en d'autres sons de "compensation" situés dans la zone grave audible du spectre acoustique.

Certains dispositifs de ce genre ont été proposés par les brevets France n° 1 382 916 et n° 2 494 988.

L'invention a pour but, surtout, de rendre les dispositifs du genre en question tels que les sons transposés par eux dans la zone grave du spectre comprennent des informations relatives non seulement à la hauteur et à l'intensité des signaux sonores à percevoir, mais aussi aux timbres ou composantes laryngées de ces signaux.

A cet effet, les dispositifs de prothèse auditive du genre ci-dessus comprennent encore, d'une façon en soi connue, des moyens transducteurs pour transformer les signaux acoustiques à traiter en des signaux électriques, des moyens pour prélever au moins une tranche particulière x_i d'ordre i , de chacun de ces signaux électriques, comprise dans une gamme prédéterminée de fréquences élevées, c'est-à-dire correspondant à des sons aigus, fréquences comprises entre $f_{i \min}$ et $f_{i \max}$, i étant un entier compris entre 1 et 3 et croissant dans le même sens que les fréquences des tranches considérées, des moyens pour élaborer à partir de chacune de ces tranches x_i un signal de compensation S_i compris dans une gamme de fréquences basses, c'est-à-dire correspondant à des sons graves, fréquences comprises entre $F_{i \min}$ et $F_{i \max}$, les gammes basses correspondant aux différents sons de compensation S_i étant distinctes les unes des autres, des moyens pour additionner les différents signaux de compensation S_i ainsi élaborés et des moyens de transduction pour transformer le signal-somme ainsi obtenu en un signal applicable au sourd à traiter de façon à être perceptible par lui.

Selon l'invention, les dispositifs de prothèse auditive ainsi définis sont caractérisés en ce que les moyens pour élaborer chaque signal de compensation S_i comprennent des moyens pour multiplier la tranche de signal x_i correspondante par un signal x'_i qui est ou bien identique à cette tranche de signal x_i ou bien déduit de cette dernière par égalisation d'amplitude, de façon à former un signal-produit X_i , et des moyens pour prélever, dans ce signal-produit X_i , à l'aide d'un filtre passe-bande, la portion dudit signal-produit dont la fréquence basse est comprise dans la gamme de fréquences $F_{i \min}$ à $F_{i \max}$, portion qui constitue le signal de compensation S_i désiré.

Les demandeurs ont en effet découvert que les signaux-produits X_i considérés comportent de telles portions à fréquence basse en raison des propriétés afférentes aux produits des lignes trigonométriques.

Il se trouve en effet que chacun des signaux x_i peut être décomposé en une série de Fourier, c'est-à-dire en une multitude de composants sinusoïdaux du type

$$^a \cos 2\pi f t + ^b \sin 2\pi f t \quad (1),$$

formule dans laquelle a et b désignent des constantes et f , la fréquence d'oscillation du composant considéré, fréquence comprise entre les deux limites $f_{i \min}$ et $f_{i \max}$.

Si l'on considère, en plus du composant qui vient d'être défini, un second composant compris par le même signal x_i et défini par la formule

$$a' \cos 2\pi f' t + b' \sin 2\pi f' t \quad (2),$$

dans laquelle a' et b' désignent encore deux constantes et f' , la fréquence de ce second composant, comprise comme f entre les deux limites $f_{i \min}$ et $f_{i \max}$, et si l'on multiplie ces deux composants l'un par l'autre, le produit fait apparaître non seulement des termes en $\cos 2\pi (f+f')t$ et $\sin 2\pi (f+f')t$ mais également des termes en $\cos 2\pi (f-f')t$ et $\sin 2\pi (f-f')t$.

Plus généralement, si l'on multiplie le signal x_i par lui-même, le signal-produit X_i fait apparaître des composants sinusoïdaux oscillant à quasiment toutes les fréquences du type $f-f'$ correspondant à des différences de deux fréquences quelconques comprises dans la gamme de $f_{i \min}$ à $f_{i \max}$.

Parmi les innombrables différences de fréquences ainsi définies, un certain nombre se trouvent nécessairement dans les gammes de basses fréquences désirées pour les sons graves de compensation, et c'est ce qui permet d'obtenir de tels sons graves, sons respectant intégralement les formes temporelles des sons aigus à représenter.

Ce respect des formes temporelles permet de transposer vers les graves non seulement les hauteurs et intensités des tranches aiguës prélevées, mais aussi leurs timbres, ce qui accroît considérablement l'intelligibilité des sons traités.

Dans des modes de réalisation avantageux, on a recours en outre à l'une et/ou à l'autre des dispositions suivantes :

- le nombre n des tranches de signal x_i à fréquence élevée qui sont prélevées dans les signaux électriques à traiter est égal à deux, la première tranche étant comprise entre 1500 et 3500 Hz et la seconde, entre 5000 et 7000 Hz,

- dans un dispositif selon l'alinéa précédent, les gammes de fréquences graves choisies pour les sons de compensation S_1 et S_2 sont respectivement de 800 à 1000 Hz et de 1050 à 1200 Hz,

- dans un dispositif selon l'alinéa qui précède le précédent, les gammes de fréquences graves choisies pour les sons de compensation S_1 et S_2 sont respectivement de 800 à 1200 Hz et de 1250 à 1900 Hz.

L'invention comprend, mises à part ces dispositions principales, certaines autres dispositions qui s'utilisent de préférence en même temps et dont il sera plus explicitement question ci-après.

Dans ce qui suit, l'on va décrire des modes de réalisation préférés de l'invention en se référant au dessin ci-annexé d'une manière bien entendu non limitative.

La figure 1, de ce dessin, est un schéma d'un dispositif de prothèse auditive établi selon l'invention.

La figure 2 est un triple sonagramme permettant de comprendre l'intérêt de l'invention.

Le dispositif considéré comprend, d'une façon connue en soi :

- un microphone 1 propre à transformer chacun des signaux acoustiques A qu'il reçoit en un signal électrique E dont les amplitudes et fréquences sont proportionnelles à celles dudit signal A,
- un filtre passe-bande 2 laissant passer toute la portion S_0 dudit signal E dont la fréquence est comprise entre une première fréquence très basse $F_{0 \min}$ de l'ordre de 60 Hz et une seconde fréquence $F_{0 \max}$ qui dépend du degré de surdité à traiter et qui est généralement comprise entre 500 et 1200 Hz, étant par exemple de 800 Hz,
- n voies électriques V_i montées en parallèle sur le filtre 2 et propres à élaborer chacune un signal électrique de compensation S_i , le nombre n étant un entier compris entre 1 et 3 et l'indice i , un entier compris entre 1 et n , limites incluses,
- un additionneur 3 propre à faire la somme S des signaux S_0 et S_i ,
- et un haut-parleur 4 propre à transformer le signal électrique S en un signal acoustique B qui est exploité de toute façon désirable et en particulier appliqué à l'oreille d'un sourd.

D'une façon encore connue en soi, les voies V_i comprennent chacune :

- un filtre passe-bande 5_i propre à prélever, dans le signal électrique E, une tranche x_i du spectre aigu inaudible aux sourds, l'ensemble de ces tranches x_i comprenant les portions, de la parole, les plus utiles à l'intelligibilité de cette parole,
- et des moyens pour élaborer des signaux de compensation S_i à partir de ces tranches x_i , signaux compris respectivement dans des gammes distinctes de fréquences basses correspondant à des sons audibles par le sourd.

C'est plus particulièrement à ces derniers moyens d'élaboration que se rapporte l'invention.

Lesdits moyens comprennent essentiellement, pour chaque voie V_i :

- un multiplicateur 6_i propre à multiplier la tranche x_i par elle-même ou par un signal épuré x'_i obtenu à partir de x_i par égalisation d'amplitude, ce qui donne un signal-produit X_i ,
- et un filtre passe-bande 7_i traversé par la seule portion, du signal-produit X_i , qui est comprise entre deux fréquences basses $F_{i \min}$ et $F_{i \max}$.

Chacune de ces fréquences basses est à la fois supérieure à $F_{0 \max}$ et comprise dans la gamme des fréquences audibles par le sourd à traiter.

De plus, de préférence, on choisit chaque fois $F_{i \max} < F_{(i+1) \min}$.

Ce sont les sorties des filtres 7_i qui constituent les signaux de compensation S_i désirés.

L'égalisation d'amplitude signalée ci-dessus consiste à rendre égaux à 1 les coefficients a, b, a' et b' des formules (1) et (2) ci-dessus.

Elle est obtenue en faisant traverser par les tranches de signal x_i à épurer des amplificateurs à gain contrôlé (ACG) 8_i .

Avant d'être additionnés au signal S_0 dans l'additionneur 3, les signaux de compensation S_i peuvent être amplifiés de façon à tenir compte du fait que la gamme de fréquences basses qui définit la bande du filtrage de chacun d'eux s'étend sur seulement une petite portion de l'ensemble du spectre acoustique : c'est ainsi que l'étendue de ladite gamme est par exemple de l'ordre de 200 à 500 Hz alors que le spectre acoustique considéré est de l'ordre de 8000 Hz.

Les signaux de compensation S_i élaborés par la multiplication et le filtrage ci-dessus mentionnés ne peuvent être que des harmoniques des signaux x_i qui leur ont donné naissance.

Ils sont donc synchronisés temporellement avec ces derniers et varient rigoureusement comme eux, et en même temps que ceux-ci.

On observe donc ici une transposition immédiate, en temps réel, des sons à rendre intelligibles, ce qui présente un avantage important sur les appareils de prothèse auditive pour lesquels le traitement des sons acoustiques reçus conduit à l'émission différée d'autres sons élaborés à partir d'au moins une composante desdits sons reçus.

Sur la figure 1 on a supposé que le nombre n des voies V_i était égal à deux.

Les fréquences élevées de prélèvement des deux tranches x_1 et x_2 sont alors avantageusement comprises, respectivement, dans la gamme 1500 Hz ($f_{1 \min}$) à 3500 Hz ($f_{1 \max}$) et dans la gamme 5000 Hz ($f_{2 \min}$) à 7000 Hz ($f_{2 \max}$).

Quant aux sons de compensation S_1 et S_2 , ils sont par exemple compris respectivement dans la gamme 800 Hz ($F_{1 \min}$) à 1000 Hz ($F_{1 \max}$) et dans la gamme 1050 Hz ($F_{2 \min}$) à 1200 Hz ($F_{2 \max}$), ce qui correspond à une surdité profonde pour laquelle le sourd n'est apte à percevoir que les sons dont la fréquence est inférieure à 1200 Hz.

Selon une variante, applicable à une surdité sévère, mais moins profonde que la précédente, les sons de compensation S_1 et S_2 sont respectivement compris dans la gamme 800-1200 Hz et dans la gamme 1250-1900 Hz.

C'est à cette dernière variante que correspondent les trois sonagrammes comparés de la figure 2.

Pour chacun de ces graphiques, la fréquence est portée en ordonnées et on a porté en abscisses le temps correspondant à l'émission de la phrase "des unités des sons".

Le sonagramme ^a du haut de la figure 2 correspond à une audition normale.

Le sonagramme ^b du milieu correspond à ce qui est entendu par un sourd profond non équipé de prothèse, c'est-à-dire à la portion, du message acoustique considéré, qui est filtrée supérieure-ment à 800 Hz.

Enfin le sonagramme ^c du bas correspond à ce qu'entend un patient affecté d'une surdité sévère équipé d'une prothèse conforme à l'invention.

Les rayures verticales représentent les transitoires des composantes laryngées des sons, ou

"timbres" de ces sons.

On voit que l'invention permet d'incorporer aux sons graves reconstitués artificiellement et perceptibles par le sourd, non seulement les "sifflements" ou composantes aiguës de la parole (correspondant en particulier aux sons en "z" ou en "s"), mais aussi les timbres des voyelles.

En suite de quoi, et quel que soit le mode de réalisation envisagé, on obtient un dispositif de prothèse auditive dont la constitution, le fonctionnement et les avantages (en particulier celui de conférer automatiquement et instantanément aux sons artificiels graves reconstitués les caractéristiques temporelles ou "timbres" des sons naturels à percevoir) résultent suffisamment de ce qui précède.

Comme il va de soi, et comme il résulte d'ailleurs déjà de ce qui précède, l'invention ne se limite nullement à ceux de ses modes d'application et de réalisation qui ont été plus spécialement envisagés ; elle embrasse, au contraire, toutes les variantes, notamment celles où les dispositifs de prothèse auditive considérés seraient agencés de façon à faire correspondre à chaque son traité un signal encore perceptible par le sourd à assister, mais pas obligatoirement acoustique, en particulier un signal impulsif applicable audit sourd de toute manière désirable perceptible par lui, cette application étant par exemple effectuée électriquement sur son nerf auditif, ou encore mécaniquement sur sa peau à l'aide d'un vibreur approprié.

Revendications

1. Dispositif de prothèse auditive comprenant des moyens transducteurs (1) pour transformer les signaux acoustiques à traiter (A) en des signaux électriques (E), des moyens (5i) pour prélever au moins une tranche particulière x_i d'ordre i , de chacun de ces signaux électriques, comprise dans une gamme prédéterminée de fréquences élevées, c'est-à-dire correspondant à des sons aigus, fréquences comprises entre $f_{i \min}$ et $f_{i \max}$, i étant un entier compris entre 1 et 3 et croissant dans le même sens que les fréquences à partir de chacune de ces tranches x_i un signal de compensation S_i compris dans une gamme de fréquences basses, c'est-à-dire correspondant à des sons graves, fréquences comprises entre $F_{i \min}$ et $F_{i \max}$, les gammes basses correspondant aux différents sons de compensation S_i étant distinctes les unes des autres, des moyens (3) pour additionner les différents signaux de compensation S_i ainsi élaborés et des moyens de transduction (4) pour transformer le signal-somme ainsi obtenu en un signal (B) applicable au sourd à traiter de façon à être perceptible par lui, caractérisé en ce que les moyens pour élaborer chaque signal de compensation S_i comprennent des moyens (6i) pour multiplier la tranche de signal x_i correspondante par un signal x'_i qui est ou bien identique à cette tranche de signal x_i ou bien déduit de cette dernière par égalisation d'amplitude, de façon à former un signal-produit X_i , et des moyens pour prélever, dans ce signal-produit X_i , à l'aide d'un filtre passe-bande (7i), la por-

tion dudit signal-produit dont la fréquence basse est comprise dans la gamme de fréquences $F_{i \min}$ à $F_{i \max}$, portion qui constitue le signal de compensation S_i désiré.

2. Dispositif de prothèse auditive selon la revendication 1, caractérisé en ce que le nombre des tranches de signal x_i à fréquence élevée qui sont prélevées dans les signaux électriques à traiter est égal à deux, la première tranche étant comprise entre 1500 et 3500 Hz et la seconde, entre 5000 et 7000 Hz.

3. Dispositif de prothèse auditive selon la revendication 2, caractérisé en ce que les gammes de fréquences graves choisies pour les sons de compensation S_1 et S_2 sont respectivement de 800 à 1000 Hz et de 1050 à 1200 Hz.

4. Dispositif de prothèse auditive selon la revendication 2, caractérisé en ce que les gammes de fréquences graves choisies pour les sons de compensation S_1 et S_2 sont respectivement de 800 à 1200 Hz et de 1250 à 1900 Hz.

Patentansprüche

1. Hörgerätenordnung, die Wandler (1) zum Umwandeln der zu behandelnden akustischen Signale A in elektrische Signale E, Mittel (5i) zum Ableiten wenigstens eines besonderen Abschnittes x_i mit der Ordnung i von jedem der elektrischen Signale, der in einem vorbestimmten Bereich mit erhöhten, d.h. hohen Tonlagen entsprechenden Frequenzen zwischen $f_{i \min}$ und $f_{i \max}$ liegt, wobei i eine ganze Zahl zwischen 1 und 3 ist und sich in dem gleichen Maß erhöht wie die Frequenzen der betrachteten Abschnitte, Einrichtungen zum Ausarbeiten eines Kompensationssignals S_i aus jedem der Abschnitte x_i , das in einem Bereich mit niedrigen, d.h. tiefen Tonlagen entsprechenden Frequenzen zwischen $F_{i \min}$ und $F_{i \max}$ liegt, wobei die unterschiedlichen Kompensationstönen S_i entsprechenden niedrigen Bereiche voneinander verschieden sind, Einrichtungen (3) zum Addieren der verschiedenen so ausgearbeiteten Kompensationssignale S_i , und Wandler (4) zum Umwandeln der so erhaltenen Summe der Signale in ein Signal B enthält, das an einen zu behandelnden Schwerhörigen anlegbar und von diesem wahrnehmbar ist, dadurch gekennzeichnet, daß die Einrichtungen zum Ausarbeiten jedes Kompensationssignals S_i Mittel (6i) zum Vervielfachen des entsprechenden Signalabschnittes x_i mit einem Signal x'_i , das entweder mit dem Signalabschnitt x_i identisch oder von diesem durch Abgleichen der Amplitude abgeleitet ist, um ein Signalprodukt X_i zu bilden, und Mittel enthalten, um in diesem Signalprodukt X_i mittels eines Bandpassfilters (7i) den Abschnitt des Signalproduktes abzunehmen, dessen niedrige Frequenz in den Frequenzbereich $F_{i \min}$ bis $F_{i \max}$ liegt, bei dem es sich um den Bereich handelt, der das gewünschte Kompensationssignal S_i bildet.

2. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Anzahl der Signalabschnitte x_i mit erhöhter Frequenz, die von den zu behandelnden

elektrischen Signalen abgeleitet werden, 2 (zwei) beträgt, wobei der erste Abschnitt eine zwischen 1500 und 3500 Hz und der zweite Abschnitt eine zwischen 5000 und 7000 Hz liegende Frequenz hat.

3. Anordnung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Frequenzen der Bereiche mit niedrigen Frequenzen, die für die Kompensationstöne S_1 und S_2 ausgewählt werden, bei 800 bis 1000 Hz bzw. 1050 bis 1200 Hz liegen.

4. Anordnung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Frequenzen der Bereiche mit niedrigen Frequenzen für die Kompensationstöne S_1 und S_2 bei 800 bis 1200 Hz bzw. 1250 bis 1900 Hz liegen.

Claims

1. Hearing aid device comprising transducer means (1) for transforming the acoustic signals (A) to be processed into electrical signals (E), means (5i) for sampling at least one particular slice x_i of the order i , of each of these electrical signals, comprised within a pre-determined range of high frequencies, that is to say corresponding to high-pitched sounds, frequencies comprised between $f_{i \min}$ and $f_{i \max}$, i being an integer comprised between 1 and 3 and increasing in the same direction as the frequencies of the slices concerned, means for elaborating from each of these slices x_i a compensation signal S_i comprised within a range of low frequencies, that is to say corresponding to bass sounds, frequencies comprised between $F_{i \min}$ and $F_{i \max}$, the bass ranges corresponding to the various compensation sounds S_i being distinct from one another, means (3) for adding the different compensations signals S_i so elaborated and transducer means (4) for transforming the sum-signal so obtained into a signal (B) applicable to the deaf person to be assisted so as to be perceptible by him, characterized in that the means for elaborating each compensation signal S_i comprise means (6i) for multiplying the corresponding slice of signal x_i by a signal x'_i which is either identical with this slice of signal x_i or deduced from the latter by amplitude equalization, so as to form a product-signal X_i , and means for sampling, in this product-signal X_i , by means of a band-pass filter (7i), the portion of said product-signal whose low frequency is comprised within the frequency range $F_{i \min}$ to $F_{i \max}$, which portion constitutes the desired compensation signal S_i .

2. Hearing aid device according to claim 1, characterized in that the number of slices of signal x_i at high frequency which are sampled from the electrical signals to be processed is equal to two, the first slice being comprised between 1500 and 3500 Hz and the second, between 5000 and 7000 Hz.

3. Hearing aid device according to claim 2, characterized in that the ranges of low frequencies selected for the compensation sounds S_1 and S_2 are respectively from 800 to 1000 Hz and from 1050 to 1200 Hz.

4. Hearing aid device according to claim 2, characterized in that the low frequency ranges selected

for the compensation sounds S_1 and S_2 are respectively 800 to 1200 Hz and 1250 to 1900 Hz.

