

12

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

21 Numéro de dépôt: **87401130.7**

51 Int. Cl.4: **H 04 R 25/00**

22 Date de dépôt: **20.05.87**

30 Priorité: **23.05.86 FR 8607408**

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

84 Etats contractants désignés:
AT CH DE GB IT LI NL

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

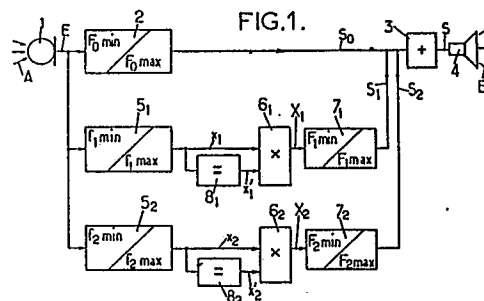
72 Inventeur: **Lafon, Jean-Claude**
25 rue Charles Nodier
F-25000 Besançon (FR)

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)

54 Perfectionnements aux dispositifs de prothèse auditive.

57 Il s'agit d'un dispositif de prothèse auditive pour lequel des tranches (x_1 , x_2), du signal électrique (E) correspondant à chaque signal acoustique (A), comprises respectivement entre 1500 et 3500 Hz et entre 5000 et 7000 Hz, sont transposées en des signaux de compensation (S_1 , S_2) compris dans deux gammes de fréquences basses distinctes accolées au-dessus de la gamme de 60 à 800 Hz, seule conservée sans compensation. Pour conserver les timbres des sons transposés, les signaux de compensation sont obtenus en multipliant chaque tranche (x_1 , x_2) par elle-même ou par un signal (x'_1 , x'_2) déduit de cette tranche par égalisation d'amplitude.



Description

Perfectionnements aux dispositifs de prothèse auditive.

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 $F_{0 \text{ min}}$ de l'ordre de 60 Hz et une seconde fréquence $F_{0 \text{ max}}$ 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 $F_{i \text{ min}}$ et $F_{i \text{ max}}$.

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

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

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'addi-

tionneur 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 ($f_1 \text{ min}$) à 3500 Hz ($f_1 \text{ max}$) et dans la gamme 5000 Hz ($f_2 \text{ min}$) à 7000 Hz ($f_2 \text{ max}$).

Quant aux sons de compensation S_1 et S_2 , ils sont par exemple compris respectivement dans la gamme 800 Hz ($F_1 \text{ min}$) à 1000 Hz ($F_1 \text{ max}$) et dans la gamme 1050 Hz ($F_2 \text{ min}$) à 1200 Hz ($F_2 \text{ max}$), 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 supérieurement 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 ce de 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 en 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 (5_i) 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 (6_i) 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 (7_i), 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.

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 S₁ et S₂ 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 S₁ et S₂ sont respectivement de 800 à 1200 Hz et de 1250 à 1900 Hz.

FIG.1.

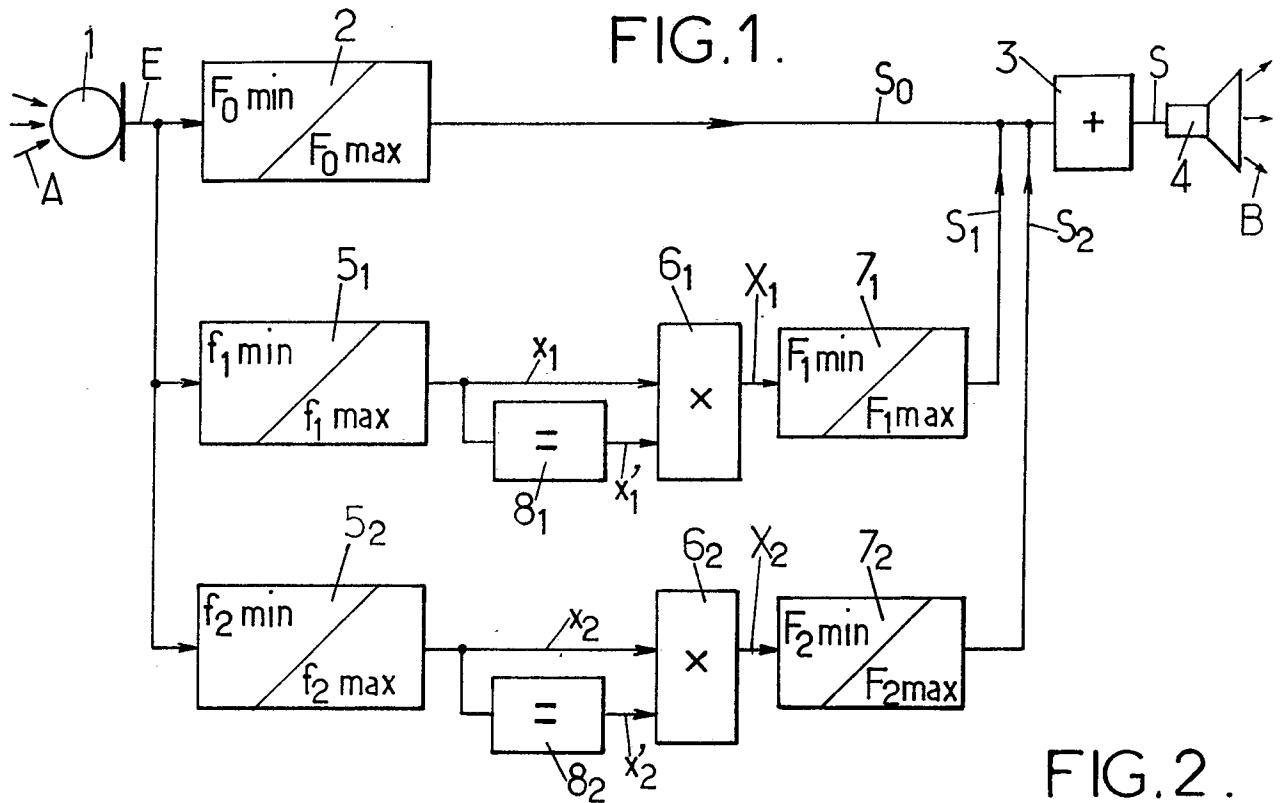
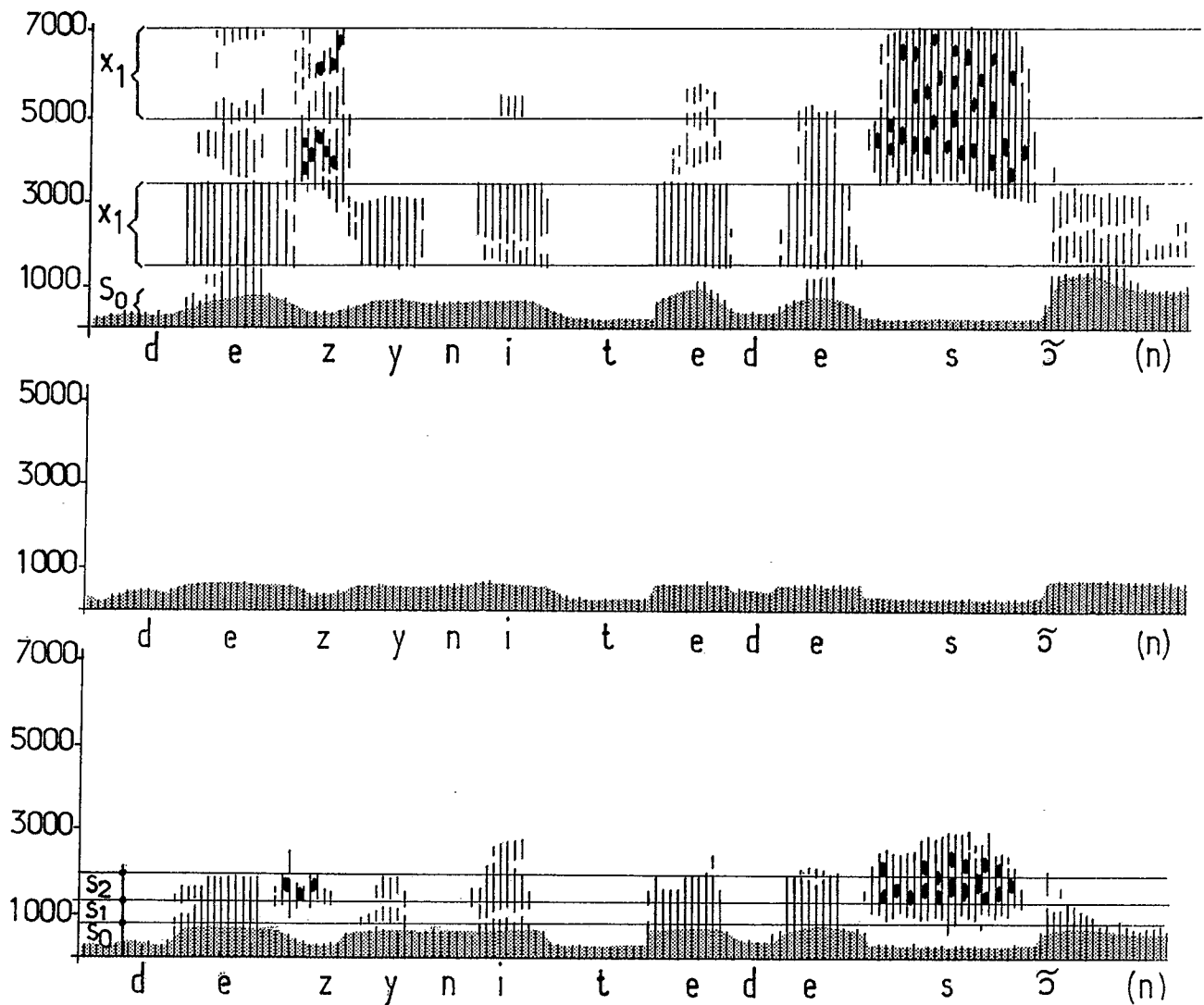


FIG.2.





Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 87 40 1130

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int. Cl. 4)
A	DE-B-1 261 169 (CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE PARIS) * En entier * & FR-A-1 382 916 (Cat. D)	1-4	H 04 R 25/00
A	EP-A-0 054 450 (J. LAFON) * En entier * & FR-A-2 494 988 (Cat. D)	1-4	
A	US-A-3 819 875 (NATIONAL RESEARCH DEVELOPMENT CORP.) * En entier *	1	
A	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" * En entier *	1	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl. 4)
			H 04 R G 09 B
Le présent rapport de recherche a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 19-08-1987	Examineur MINNOYE G.W.
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			